



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년08월24일
(11) 등록번호 10-0977905
(24) 등록일자 2010년08월18일

(51) Int. Cl.
H01L 31/042 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-7017391
(22) 출원일자(국제출원일자) 2004년03월19일
심사청구일자 2006년04월21일
(85) 번역문제출일자 2005년09월16일
(65) 공개번호 10-2005-0116147
(43) 공개일자 2005년12월09일
(86) 국제출원번호 PCT/DE2004/000574
(87) 국제공개번호 WO 2004/083958
국제공개일자 2004년09월30일
(30) 우선권주장
103 13 232.5 2003년03월19일 독일(DE)
(56) 선행기술조사문헌
JP14531958 T*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
헬리아텍 게엠베하
독일 01187 드레스덴 리빅슈트라쎄 26
(72) 발명자
드렉셀, 옌스
독일 01309 드레스덴 홀바인슈트라쎄 108
파이퍼, 마르틴
독일 01139 드레스덴 알트트라하우 4
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
남상선

전체 청구항 수 : 총 32 항

심사관 : 장완호

(54) 유기층을 포함하는 광활성 부품

(57) 요약

본 발명은 유기층으로 구성되고 하나 이상의 적층된 pi, ni, 및/또는 pin 다이오드에 의해 형성된, 광활성 부품, 특히 태양 전지에 관한 것이다. 상기 다이오드는 광활성층 보다 큰 광학적 밴드갭을 갖는 하나 이상의 p-도핑된 이송층 또는 n-도핑된 이송층을 포함함을 특징으로 한다. 개개의 다이오드는 높은 내부 양자 수율로 특징되나, 광학적으로 얇을 수 있다 (피크 흡수 < 80%). 본 발명에 따르면, 높은 외부 양자 수율은 광 트랩을 사용하여 다이오드에서 입사광의 광통로를 확대시키거나, 다수의 상기 다이오드를 적층시킴으로써 획득되며, 두 다이오드 간의 전이는 개선된 재결합 및 발생을 목적으로 하는 전이층(transition layer)에 의해 촉진된다. 구체예의 둘 모두의 형태는 큰 밴드갭을 갖는 도핑된 이송층을 사용하여 다수의 특정 장점을 갖는다.

(72) 발명자

매니히, 베르트

독일 01099 드레스덴 쾨르슈테라이슈트라쎄 4

레오, 칼

독일 01219 드레스덴 헤르만슈트라쎄 5

특허청구의 범위

청구항 1

태양 전지를 포함하는, 유기층을 갖춘 광활성 부품으로서,

도핑된 이송층 및 광활성층과 함께 일련의 유기 박막층들 및 콘택층들로 구성되고, 각각 p, i 또는 n층을 포함하는 pi, ni 또는 pin 다이오드 구조물로 배열되며;

상기 이송층은 상기 광활성층 보다 큰 광학적 밴드 갭(band gap)을 나타내며, 상기 구조물의 상기 콘택층들은 350nm 내지 2000nm의 태양 스펙트럼 범위 중 일부 스펙트럼 범위에서 투명하며, 상기 광활성층은 증착 프로세스 이전, 증착 프로세스 동안, 그리고 증착 프로세스 이후에 상기 이송층을 통해 상기 콘택층과 분리되는, 유기층을 갖는 광활성 부품.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

입사광의 광통로가 광 트랩(light trap)에 의해 상기 광활성층으로 연장되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 광 트랩은 상기 도핑된 이송층이 i-층에 대해 매끄러운 경계층을 나타내고, 콘택 영역에 대해 경계면을 나타내도록 형성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 5

제 3 항 또는 제 4 항에 있어서,

상기 부품은 주기적으로 마이크로-구조화된 기관 상에 위치되고 상기 도핑된 이송층은 전체 영역 상에 부품의 균일한 기능이 확보되도록 상기 광활성층과 상기 콘택층 사이에 위치되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 6

제 1 항, 제 3 항 또는 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 i 층은 서로 다른 흡수 스펙트럼을 갖는 층들로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

제 2의 pi, ni 또는 pin 다이오드 구조물이 제공되고, 상기 제 2의 pi, ni 또는 pin 다이오드 구조물의 이송층이 상기 제 2의 pi, ni 또는 pin 다이오드 구조물의 광활성층 보다 큰 광학적 밴드 갭을 나타내고, 상기 제 2의 pi, ni 또는 pin 다이오드 구조물은 350nm 내지 2000nm의 태양 스펙트럼 범위 중 일부 스펙트럼 범위에서 부분적으로 투명한 것을 특징으로 광활성 부품.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

개개의 구조물들의 i-층은 각각 동일한 광학적 흡수도를 나타내고 각각이 광학적으로 얇아, 흡수 최대치에서 50% 이상 80% 이하의 광을 투과시키거나, 또는 개개의 구조물들의 i-층들은 서로 상보적인 서로 다른 광학적 흡수 스펙트럼을 나타내는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

동일한 흡수 스펙트럼을 갖는 광학적으로 얇은 i-층들 및 서로 다른 상보적인 흡수 스펙트럼을 갖는 i-층들을 포함하는 3개의 구조물들이 제공되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 10

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

하나 이상의 구조물들의 i-층이 서로 다른 흡수 스펙트럼을 갖는 층들로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 11

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

두 개의 구조물들 사이의 전이부와 근접한 n-층 또는 p-층이 도핑을 나타내는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 12

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

금속, 염 또는 무기 물질의 층이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 통합되는 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

금속, 염 또는 무기 물질의 층들중 적어도 하나의 층이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 통합되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

유기 또는 무기 반도체 물질을 포함하는 하나 이상의 도핑된 층이 통합되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

금속, 염 또는 TCO(투명한 전도성 산화물)를 포함하는 다른 무기 물질을 포함하는 투명층 또는 반투명층이 부가되거나, 또는 투명층 및 반투명층 중 하나 이상의 층이 부가되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

금속, 염 또는 다른 무기 또는 유기 물질의 나노 클러스터(nano-cluster)를 포함하는 층 또는 이들 층들이 통합되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 17

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

각각의 구조물을 각각 접촉시키기 위한 투명 또는 반투명 콘택이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 부가되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 18

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

하나 이상의 광 트랩이 사용되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 19

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 콘택은 반투명층으로서 ZnO, 전도성 중합체들 또는 금속을 포함하는 투명한 전도성 물질, 및 고도로 투명한 ITO(인듐 주석 산화물)로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 20

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

i-층의 두께를 포함하는 상기 층들의 두께는, 모든 구조물들이 상기 광활성 부품에서 광학적 장(optical field) 분포를 고려하여 동일한 광전류를 제공하도록 선택되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 21

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

p-층이 p-도핑된 층으로 구성되고, i-층이 전기적 조건(term)에서 비도핑된 층 또는 도핑된 층과 비교하여 약간 도핑된 층으로 구성되며, 적어도 하나의 층은 광자를 흡수하고 전류를 발생시키는 층으로서, 광활성층으로 형성되며, n-층은 하나 이상의 n-도핑된 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 22

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

전체 구조물에 투명 및 반사 콘택이 제공되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 23

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

콘택은 금속, ITO, ZnO:Al 또는 다른 TCO를 포함하는 전도성 산화물, 또는 PEDOT:PSS를 포함하는 전도성 중합체로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 24

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

선택되는 n-도핑된 층 또는 p-도핑된 층의 두께에 따라, 광학적 장의 장력(field strength) 분포와 관련되는 i-층의 위치가 최적화되는(optimize) 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 25

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 광활성층들(3a 또는 3b, 7b) 또는 이송층들(2a, 4a 또는 2b, 4b, 6b, 8b 등)에서 도핑 두께는 구배(gradient)를 나타내며, 상기 이송층들에서 도핑 두께는 상기 광활성층 방향으로 감소되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 26

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

혼합된 층들을 포함하는 상기 광활성층들의 성분은 유기 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 27

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

하나 이상의 도펀트는 알칼리 금속을 포함하는 무기 물질인 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 28

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광활성층들(3a 또는 3b, 7b 등)의 적어도 일부는 전체적으로 또는 부분적으로 무기 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 29

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

전하 이송층들(2a, 4a 등, 2b, 4b, 6b, 8b 등)의 적어도 일부는 전체적으로 또는 부분적으로 무기 물질로 구성되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 30

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

유기 엑셉터 분자가 홀 전이층의 p-도핑을 위해 사용되며, 퀴논, 테트라시아노퀴노디메탄, (F4-TCNQ와 같은 TCNQ 유도체), 디시아노퀴노다이민 (DCNQI 유도체) 및 보다 고급의 퀴논에 상응하는 유도체(나프토퀴논 및 안트라퀴논 유도체) 클래스의 분자가 사용될 수 있는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 31

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

- a) 이온화 에너지가 메톡시 또는 메틸기와 같은 전자-분리 치환기를 통해 낮아지는 TPD 유도체를 포함하는 테트라페닐디아민(TPD)의 유도체, 및 이들의 스피로 유도체,
- b) 트리스(디페닐아미노)-트리페닐아민 (TDATA)의 유도체, 트리아미노페닐 유도체, 트리페닐벤젠 유도체를 포함하는 트리메틸아민 유도체
- c) 티오펜 고리의 사용을 통하여 도너 특징을 수용하는, 올리고티오펜을 포함하는 올리고머,
- d) 올리고-파라-페닐렌 비닐렌 (OPPV)의 유도체,
- e) 포르피린 또는 프탈로시아닌,
- f) 페릴렌 또는 테릴렌 유도체

의 물질 클래스 중 하나로부터의 물질이 p-이송층들을 위한 호스트 물질로서 사용되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 32

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

- a) 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 디이미드(PTCDI, NTCDI), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 이무수물(PTCDI, NTCDA), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실릭 비스이미다졸 (PTCDI, NTCBI)의 유도체,
- b) C60 또는 C70 및 이들의 유도체와 같은 풀러렌(fullerene)
- c) 전자 친화력이 불소 또는 염소와 같은 전자-끌기 치환기를 통하여 증가되는, 프탈로시아닌 또는 포르피린,
- d) 퀴논,
- e) 불화된 올리고페닐을 포함하는 불소, 염소, CF₃, CN 등과 같은 치환기를 통하여 증가된 전자 친화력을 갖는 올리고머,
- f) 옥사디아졸 유도체

의 물질 클래스 중 하나로부터의 물질이 p-이송층들을 위한 호스트 물질로서 사용되는 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

청구항 33

제 1항, 제 3 항, 제 4항, 제 7항 또는 제 8항 중 어느 한 항에 있어서,

광활성층들(3a 또는 3b, 7b)은 도너형 물질 및 억셉터형 물질을 포함하며, 상기 도너형 물질은 제 31항에 따른 물질 클래스로부터 선택된 물질이며 상기 억셉터형 물질은 제 32항에 따른 물질 클래스로부터 선택된 물질인 것을 특징으로 하는 광활성 부품.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 도핑된 이송층과 광활성층과 함께 일련의 유기 박막층 및 콘택층으로 구성되고, 각각 p, i 또는 n층으로부터의 pi, ni, 또는 pin 다이오드 구조물로 배열된, 유기층을 갖는 광활성 부품, 특히 태양 전지에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 1986년에 탕 등 (Tang et al.)의 문헌 [C.W. Tang et al. Appl. Phys. Lett. 48, 183 (1986)]에 의해 퍼센트 범위의 효율성을 갖는 최초의 유기 태양 전지가 명시된 이후, 유기 물질은 다양한 전자 및 광전자 부품용으로 집중적으로 검토되었다. 유기 태양 전지는 바람직하게는 진공 중에서 기상 증착되거나 스핀 코팅된 유기 물질을 포함하는 일련의 박막층(통상적으로 1 nm 내지 1 μ m)으로 구성된다. 일반적으로 전기적 접촉은 금속층 및/또는 투명한 전도성 산화물(TCO)을 통해 이루어진다.

[0003] 태양 전지는 광 에너지를 전기 에너지로 전환시킨다. 무기 태양 전지와는 대조적으로, 유기 태양 전지에서 자유 전하 캐리어는 광에 의해 직접적으로 생성되는 것이 아니며, 초기에 여기자(exciton)가 형성되며, 즉 전기적으로 중성인 여기상태(결합된 전자-홀 쌍)가 형성된다. 두 번째 단계에서, 이들 여기자가 자유 전하 캐리어로 분리된 후, 전류 흐름에 기여하게 된다.

[0004] 통상적인 무기계열 부품(실리콘, 갈륨 아세나이드와 같은 반도체)과 비교하여 이러한 유기계열 부품의 일부의 장점은, 매우 높은 광흡수 계수($2 \times 10^5 \text{ cm}^{-1}$ 에 이름)를 갖는 것으로, 이는 소량의 물질 및 에너지를 사용하여 매우 얇은 태양 전지를 생성시킬 수 있는 기회를 제공한다. 다른 기술적 특징으로는 저비용, 플라스틱 필름 상에 플렉시블한 대면적 부품을 생성시킬 수 있는 가능성, 및 유기 화학에서 사용가능한 거의 제한되지 않는 변형이 있다.

[0005] 문헌 [Martin Pfeiffer, "Controlled doping of organic vacuum deposited dye layers: basics and applications", PhD thesis TU Dresden. 1999]에서 이미 제안된 유기 태양 전지를 실현시키기 위한 선택은 하기 층 구조물을 갖는 pin 다이오드(pin diode)로 구성된다:

[0006] 0. 캐리어, 기판,

[0007] 1. 베이스 콘택, 대개 투명함,

[0008] 2. n-층(들) (또는 p),

[0009] 3. i-층(들),

[0010] 4. p-층(들) (또는 n),

[0011] 5. 상부층(top layer).

[0012] 여기서, n 또는 p는 열적 평형상태에서 자유 전자 또는 홀의 밀도의 증가를 초래하는 n 도핑 또는 p 도핑을 의미한다. 본 문맥에서, 이러한 층은 주로 이송층을 나타낸다. 따라서, 하나 이상의 i-층(들)은 물질과 소위 상호침투 네트워크 둘 모두로 구성될 수 있다. 투명한 베이스(base) 콘택을 통해 입사하는 광은 i-층 또는 p-층에서 여기자를 발생시킨다. 이들 여기자는 매우 높은 전기장에 의해 또는 적절한 경계면에서만 분리될 수 있다. 유기 태양 전지에서, 충분하게 높은 전기장이 이용될 수 없어, 그 결과 성공을 기대할 수 있는 유기 전지를 위한 모든 개념은 광활성 경계면에서 여기자 분리를 기초로 한다.

[0013] 여기자는 확산을 통해 이러한 활성 경계면에 도달하게 되는데, 여기서 여기자와 홀이 서로 분리된다. 이들은 p(n)층과 i-층 사이, 또는 두개의 i-층 사이에 존재할 수 있다. 태양 전지의 통합된 전기장에서, 여기자는 항상 n 영역으로 운반되고 홀은 p 영역으로 운반된다.

- [0014] 여기자가 광에 의해 자유 전하 캐리어 보다 항상 먼저 생성되기 때문에, 활성 경계면에서 여기자의 낮은 재결합 확률은 유기 태양 전지에서 중요한 역할을 한다. 그러므로, 광전류에 기여하도록 하기 위해, 효과적인 유기 태양 전지에서의 확산 길이는 광의 상당 부분이 사용될 수 있도록 광의 통상적인 침투 깊이를 상당히 초과해야만 한다. 완전한 유기 결정 또는 박막층들은 구조적으로 및 화학적 순도에 관련하여 이러한 기준을 완전하게 만족시킨다. 그러나, 대면적 분야에 대해, 단결정성 유기 물질의 사용은 불가능하며, 충분한 구조적 완성을 갖는 다중층의 생산은 지금까지 입증하기 매우 어렵다.
- [0015] 여기 확산 길이를 확대하는 대신에, 또한 다음 경계면에 대한 평균 갭을 감소시키는 것이 가능하다. WO 00/33396호에서는 소위 상호침투 네트워크의 형성을 기술하고 있다: 층은 네트워크가 형성되어 이를 통하여 전하 캐리어를 통과시키는 방식(관류 메카니즘)으로 분산되는 콜로이드로 용해된 기재를 함유한다. 성분 중 하나 또는 둘 모두의 성분은 이러한 태양 전지에서 광흡수를 수행하는 것으로 예상된다. 이러한 혼합층의 장점은 발생된 여기자가 이들이 분리되는 도메인 경계에 도달할 때까지 매우 짧은 거리를 이동한다는 것이다. 전자 또는 홀의 제거는 용해된 기재 또는 잔류층에서 개별적으로 발생한다. 물질이 혼합층의 모든 위치에서 서로 접촉하기 때문에, 이러한 개념에서 분리된 전하가 관련된 물질 상에서 긴 수명을 갖으며, 단락된 관류 통로가 각각의 위치로부터 개별적인 접촉으로의 전하 캐리어 둘 모두에 대해 사용가능하다는 것은 중요하다. 이러한 접근방식은 2.5%의 효율을 달성가능하게 하였다 [C.J. Brabec, N.S. Sariciftci, J.C. Hummelen, Advanced Functional Materials 11, 15 (2001)].
- [0016] 유기 태양 전지의 성질을 실현시키거나 개선시키기 위한 또다른 잘 알려진 접근방식은 하기에 기술하였다:
- [0017] 1) 하나의 콘택 금속은 큰 일함수를 갖으며, 다른 하나는 작은 일함수를 갖으며, 그 결과, 쇼트키(Schottky) 장벽이 유기층과 함께 형성된다 [US 4127738호],
- [0018] 2) 활성층은 겔 또는 결합제 중에 유기 반도체로 구성된다 [US 03844843호, US 03900945호, US 04175981호 및 US 04175982호],
- [0019] 3) 전하 캐리어를 이동시키는 것으로 예상되는 작은 입자를 함유한 이송층의 생성 [US 5965063호],
- [0020] 4) 층은 서로 다른 스펙트럼 특징을 갖는 두가지 이상의 유형의 유기 안료를 함유한다 [JP 04024970호],
- [0021] 5) 층은 전하 캐리어를 생산하는 안료, 및 전하 캐리어를 이동시키는 추가 물질을 함유한다 [JP 07142751호],
- [0022] 6) 전자 억셉터로서 탄소 입자를 함유하는 중합체-계열 태양 전지 [US 05986206호],
- [0023] 7) 다중층 태양 전지에서 이송 성질의 개선을 위한 상기 혼합된 시스템의 도핑 [특허출원-파일번호:DE 102 09 789.5-33],
- [0024] 8) 서로의 꼭대기에 개개의 태양 전지의 배열 (직렬 전지) [US 04461922호, US 016198091호 및 US 01698092호].
- [0025] US 5,093,698호에서는 유기 물질의 도핑을 기술하고 있다: 억셉터형 또는 도너형 도핑 기재의 배합은 층에서 전하 캐리어의 농도를 증가시키고 전도성을 향상시킨다. US 5,093,698호에 따르면, 도핑된 층은 전자발광 부품에서 콘택 물질에 대한 경계면에 주입층(injection layer)으로서 사용된다. 유사한 도핑 방법은 태양 전지에 대해 유사하게 적합하다.
- [0026] 상호침투 네트워크와 함께 기술된 장점에도 불구하고, 중요한 문제점은 전자 및 홀에 대한 이들 개개의 콘택으로의 폐쇄된 이송 통로가 혼합층에 존재해야만 한다는 사실에 있다. 더욱이, 개개의 물질이 혼합층의 일부를 채우기 때문에, 전하 캐리어에 대한 이송 성질은 순수한 층과 비교하여 현저하게 저하된다.
- [0027] 상호침투층에서 작은 여기자 확산길이 또는 이송 및 재결합의 문제 때문에, 유기 태양 전지의 활성층 두께는 대개 광의 침투 깊이 보다 낮다. 더욱이, 유기 염료는 개개의 흡수 밴드를 나타내며, 그 결과, 물질은 완전한 광학적 스펙트럼을 포함할 수 없다. 그러므로, 소위 광 트랩(광 트랩핑)을 사용하거나 서로 간에 수개의 전지를 적층할 수 있도록 하는 것이 요망된다. 이러한 적층된 전지는 야키모브 등 (Yakimov et al.)의 문헌 [A. Yakimov, S.R. Forrest, Appl. Phys. Lett. 80 (9), 1667 (2002)]에 의해 먼저 실현되었다. 이는 개개의 전지 당 두개의 층 및 개개의 전지 사이의 경계면에 필수적인 재결합 중심으로 구성된다. 본 출원인이 야키모브와 같이 광활성 물질 상에 직접적으로 이들 재결합 중심을 적용한 경우, 이들은 n-차 전지로부터의 전하 캐리어와 n+1차 전지로부터의 반대 전하 캐리어의 요망되는 재결합을 확보할 수 없었으며, 하나 및 동일한 전지로부터의 여기자 또는 전하 캐리어 쌍에 대한 요망되지 않는 재결합 중심을 형성하였다. 재결합의 소실 또는 비활성 영

역은 이로부터 초래된다. 이들의 효과를 방지하기 위하여, 흡수가 이들이 사용될 수 없는 영역에서 발생하도록, 층이 관련된 광활성 영역의 상응하는 폭 보다 두껍게 제조되어야 한다. 이러한 문제점은 개개의 다이오드 구조물에서 유사하게 발생한다. 그러나, 이러한 방법에서, 재결합 소실은 활성층과 콘택 전극 사이의 전이 영역에서 즉시 발생한다.

- [0028] 그러므로, 본 발명은 유기층을 갖는 태양 전지에서 재결합 소실 또는 비활성 영역을 광범위하게 감소시킴을 기본으로 한다.
- [0029] 본 발명에 따라, 문제 형성은 제 1항의 특징에 의해 해결된다. 특히 본 발명의 바람직한 구체예는 종속항 제 2항 내지 제 33항에 기술된다.
- [0030] 본 발명은 개개의 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물(제 1항, 도 1에 상응함) 및 수개의 적층된 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물(제 7항, 도 2에 상응함) 둘 모두로 구성될 수 있는 태양 전지의 실현을 목표로 한다.
- [0031] 하기에서, p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물은 세개의 구조물 중 하나가 개개의 경우에서 상세하게 언급되지 않는 한, 간단히 구조물로서 언급된다.
- [0032] 본 문맥에서, p 는 하나 이상의 p -도핑된 층(p -층)을 의미하며, i 는 (전기 용어에서) 하나 이상의 비도핑된 층 또는 비교하여 약간 도핑된 층(i -층)을 의미하는데, 이는 하나 이상의 광자가 흡수되고 전류의 발생에 기여하며, n 은 하나 이상의 n -도핑된 층(n -층)을 나타낸다.
- [0033] 개략된 과제 정의 및 상술된 종래 기술의 문제점에 대한 해법은 재결합 영역 또는 콘택 전극이 증가된 밴드갭을 가진 층(와이드-갭 층)을 통하여 활성 영역으로부터 분리되고, 재결합될 수 있는 여기자 및 소수의 전하 캐리어들 모두 존재하지 않게 하는 방식으로 본 발명에 가능한한 상응하게 만들어진다. 더욱이, 이는 또한 콘택층 또는 재결합 영역의 분리 동안 및 후에 유해한 영향에 대해서 활성층으로서의 i -층을 보호하도록 제공한다. 와이드-갭 이송층(도 1에서, 2a, 4a 및 도 2에서, 2b, 4b, 6b, 8b 등으로 나타냄)은 흡수도가 활성층의 것과 현저하게 차이가 나는 물질을 포함한다. 이들이 UV 범위 또는 가시광선 스펙트럼의 UV-인접 범위에서 흡수하는 경우, 특히 유리하다. 그러므로, 반드시 실질적인 흡수는 활성층에서 발생하게 된다. 또한 여기자는 전이 영역에서 와이드-갭 층으로 반사되고, 광활성 공정으로부터 제거되지 않는다. 대다수의 전하 캐리어에 대한 와이드-갭 p -층 또는 n -층에서의 이송 성질은 비도핑된 층과 비교하여 상응하는 p -도핑 또는 n -도핑을 통하여 결정적으로 개선되며, 그 결과, 농축시켜 최대 양의 광학적 장을 최적화시키기 위하여, 층 두께는 광범위한 범위에 걸쳐 변화될 수 있다. 개개의 다이오드 구조물에서 및 낮은-소실 재결합 후의 이들의 경계면에서 통합된 전압의 극대화화 관련한 요구사항은 또한 와이드-갭 층의 n -도핑 및 p -도핑을 통하여 달성된다.
- [0034] 입사광의 통로의 확대 및 그 결과, 높은 내부 및 외부 수율로의 전환은 제 3항에 대해 상응하는 바람직한 구체예를 통하여 달성된다.
- [0035] 요구에 따라, 각각의 위에 많은 구조물로서 적층시키기 위한 선택(제 7항)은 개개의 구조물이 낮은 재결합 소실 및 그 결과 높은 내부 및 외부 양자 수율을 나타내게 얹게 유지시키도록 하는 것이다. 그러므로, 전지 구조물은 낮은 직렬 저항, 최대 광전압 및 하나의 광전류에서 광전류의 최적의 전환이 조합된다.
- [0036] 제 11항 내지 제 16항에서 지시된 바와 같이, 층 또는 층의 결합은 개개의 구조물들 사이의 전이 영역에서 역방향의 낮은-소실의 재결합 또는 순방향의 발생에 유리하다. 더욱이, n -차와 $n+1$ 차 사이의 전이 영역, p_i , n_i 또는 p_{in} 구조물의 모폴로지(morphology)에도 유리하다.
- [0037] 제 12항 내지 제 16항에 상응하는 층은 기술 시리즈에서 하기 도펀트 또는 다른 물질, 또는 후속되는 층의 유도된 성장을 목적으로 하는 확산 블록으로서 제공될 수 있다.
- [0038] 본 발명에 대해 상응하는 광활성 소자의 i -층에서 광전류의 발생은 하기 활성 원리 중 하나 또는 이의 조합을 기초로 한다:
- [0039] a) 최종 여기자 형성과 함께 광자의 흡수 및 전기장에 의한 여기자의 자유 전하 캐리어로의 분리,
- [0040] b) 최종 여기자 형성과 함께 최초 물질에서 광자의 흡수, 경계면에서 여기자의 다른 물질로의 확산, 및 경계면에서 여기자의 자유 전하 캐리어로의 분리,
- [0041] c) 하나 이상의 성분 K1 및 K2로 구성된 다성분 물질의 하나 이상의 성분에 의한 광자의 흡수, K1 및 K2에 대해 최종 여기자가, K1에 대해 전자로 및 K2에 대해 홀로 분리, 및 두 개의 부품의 상호침투 네트워크에서 전하 캐리어의 제거,

[0042] d) 하나 이상의 p-도핑된 또는 n-도핑된 다성분 층을 포함하는 층, 또는 층 시스템에서 c)에 상응하는 발생.

발명의 상세한 설명

[0043] 본 발명은 태양 전지를 포함하는 유기층을 갖춘 광활성 부품을 제공하며, 상기 광활성 부품은, 도핑된 이송층 및 광활성층과 함께 일련의 유기 박막층들 및 콘택층들로 구성되고, 각각 p, i 또는 n층을 포함하는 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물로 배열되며; 상기 이송층은 상기 광활성층 보다 큰 광학적 밴드 갭(band gap)을 나타내며, 상기 구조물의 상기 콘택층들은 350nm 내지 2000nm의 태양 스펙트럼 범위 중 일부 스펙트럼 범위에서 투명하며, 상기 광활성층은 증착 프로세스 이전, 증착 프로세스 동안, 그리고 증착 프로세스 이후에 상기 이송층을 통해 상기 콘택층과 분리된다. 또한, 입사광의 광통로가 광 트랩(light trap)에 의해 상기 광활성층으로 연장된다. 상기 광 트랩은 상기 도핑된 이송층이 i-층에 대해 매끄러운 경계층을 나타내고, 콘택 영역에 대해 경계면을 나타내도록 형성된다. 상기 부품은 주기적으로 마이크로-구조화된 기판 상에 위치되고 상기 도핑된 이송층은 전체 영역 상에 부품의 균일한 기능이 확보되도록 상기 광활성층과 상기 콘택층 사이에 위치된다. 상기 i-층은 서로 다른 흡수 스펙트럼을 갖는 층들로 구성된다. 제 2의 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물이 제공되고, 상기 제 2의 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물의 이송층이 상기 제 2의 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물의 광활성층 보다 큰 광학적 밴드 갭을 나타내고, 상기 제 2의 p_i , n_i 또는 p_{in} 다이오드 구조물은 350nm 내지 2000nm의 태양 스펙트럼 범위 중 일부 스펙트럼 범위에서 부분적으로 투명하다. 개개의 구조물들의 i-층은 각각 동일한 광학적 흡수도를 나타내고 각각이 광학적으로 얇아, 흡수 최대치에서 50% 이상 80% 이하의 광을 투과시키거나, 또는 개개의 구조물들의 i-층들은 서로 상보적인 서로 다른 광학적 흡수 스펙트럼을 나타낸다. 동일한 흡수 스펙트럼을 갖는 광학적으로 얇은 i-층들 및 서로 다른 상보적인 흡수 스펙트럼을 갖는 i-층들을 포함하는 3개의 구조물들이 제공된다. 하나 이상의 구조물들의 i-층이 서로 다른 흡수 스펙트럼을 갖는 층들로 구성된다. 두 개의 구조물들 사이의 전이부와 근접한 n-층 또는 p-층이 도핑을 나타낸다. 금속, 염 또는 무기 물질의 층이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 통합된다. 금속, 염 또는 무기 물질의 층들 중 적어도 하나의 층이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 통합된다. 또한, 유기 또는 무기 반도체 물질을 포함하는 하나 이상의 도핑된 층이 통합된다. 금속, 염 또는 TCO(투명한 전도성 산화물)를 포함하는 다른 무기 물질을 포함하는 투명층 또는 반투명층이 부가되거나, 또는 투명층 및 반투명층 중 하나 이상의 층이 부가된다. 금속, 염 또는 다른 무기 또는 유기 물질의 나노 클러스터(nano-cluster)를 포함하는 층 또는 이들 층들이 통합된다. 각각의 구조물을 각각 접촉시키기 위한 투명 또는 반투명 콘택이 n차 구조물의 p-층과 n+1차 구조물의 n-층 사이에 부가되며, 하나 이상의 광 트랩이 사용된다. 상기 콘택은 반투명층으로서 ZnO, 전도성 중합체들 또는 금속을 포함하는 투명한 전도성 물질, 및 고도로 투명한 ITO(인듐 주석 산화물)로 구성된다. i-층의 두께를 포함하는 상기 층들의 두께는, 모든 구조물들이 상기 광활성 부품에서 광학적 장(optical field) 분포를 고려하여 동일한 광전류를 제공하도록 선택된다. p-층이 p-도핑된 층으로 구성되고, i-층이 전기적 조건(term)에서 비도핑된 층 또는 도핑된 층과 비교하여 약간 도핑된 층으로 구성되며, 적어도 하나의 층은 광자를 흡수하고 전류를 발생시키는 층으로서, 광활성층으로 형성되며, n-층은 하나 이상의 n-도핑된 층을 포함한다. 전체 구조물에는 투명 및 반사 콘택이 제공된다. 콘택은 금속, ITO, ZnO:Al 또는 다른 TCO를 포함하는 전도성 산화물, 또는 PEDOT:PSS를 포함하는 전도성 중합체로 구성된다. 선택되는 n-도핑된 층 또는 p-도핑된 층의 두께에 따라, 광학적 장의 장력(field strength) 분포와 관련되는 i-층의 위치가 최적화(optimize)된다. 하나 이상의 광활성층들(3a 또는 3b, 7b) 또는 이송층들(2a, 4a 또는 2b, 4b, 6b, 8b 등)에서 도핑 두께는 구배(gradient)를 나타내며, 상기 이송층들에서 도핑 두께는 상기 광활성층 방향으로 감소된다. 혼합된 층들을 포함하는 상기 광활성층들의 성분은 유기 물질로 구성된다. 하나 이상의 도펀트는 알칼리 금속을 포함하는 무기 물질일 수 있다. 상기 광활성층들(3a 또는 3b, 7b 등)의 적어도 일부는 전체적으로 또는 부분적으로 무기 물질로 구성될 수 있다. 또한, 전하 이송층들(2a, 4a 등, 2b, 4b, 6b, 8b 등)의 적어도 일부는 전체적으로 또는 부분적으로 무기 물질로 구성될 수 있다. 유기 역셉터 분자가 홀 전이층의 p-도핑을 위해 사용되며, 퀴논, 테트라시아노퀴노디메탄, (F4-TCNQ와 같은 TCNQ 유도체), 디시아노퀴노디아민(DCNQI 유도체) 및 보다 고급의 퀴논에 상응하는 유도체(나프토퀴논 및 안트라퀴논 유도체) 클래스의 분자가 사용될 수 있다. a) 이온화 에너지가 메톡시 또는 메틸기와 같은 전자-분리 치환기를 통해 낮아지는 TPD 유도체를 포함하는 테트라페닐디아민(TPD)의 유도체, 및 이들의 스피로 유도체, b) 트리스(디페닐아미노)-트리페닐아민(TDAT)의 유도체, 트리아미노페닐 유도체, 트리페닐벤젠 유도체를 포함하는 트리메틸아민 유도체 c) 티오펜 고리의 사용을 통하여 도너 특징을 수용하는, 올리고티오펜을 포함하는 올리고머, d) 올리고-파라-페닐렌 비닐렌(OPPV)의 유도체, e) 포르피린 또는 프탈로시아닌, f) 페릴렌 또는 테릴렌 유도체의 물질 클래스 중 하나로부터의 물질이 p-이송층들을 위한 호스트 물질로서 사용될 수 있다. a) 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 디

이미드(PTCDI, NTCDI), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 이무수물(PTCDI, NTCDA), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실릭 비스이미다졸 (PTCDI, NTCBI)의 유도체, b) C60 또는 C70 및 이들의 유도체와 같은 풀러렌 (fullerene) c) 전자 친화력이 불소 또는 염소와 같은 전자-끌기 치환기를 통하여 증가되는, 프탈로시아닌 또는 포르피린, d) 퀴논, e) 불화된 올리고페닐을 포함하는 불소, 염소, CF₃, CN 등과 같은 치환기를 통하여 증가된 전자 친화력을 갖는 올리고머, f) 옥사디아졸 유도체의 물질 클래스 중 하나로부터의 물질이 p-이송층들을 위한 호스트 물질로서 사용될 수도 있다. 광활성층들(3a 또는 3b, 7b)은 도너형 물질 및 억셉터형 물질을 포함하며, 상기 도너형 물질은 a) 이온화 에너지가 메톡시 또는 메틸기와 같은 전자-분리 치환기를 통해 낮아지는 TPD 유도체를 포함하는 테트라페닐디아민(TPD)의 유도체, 및 이들의 스피로 유도체, b) 트리스(디페닐아미노)-트리페닐아민 (TDATA)의 유도체, 트리아미노페닐 유도체, 트리페닐벤젠 유도체를 포함하는 트리메틸아민 유도체 c) 티오픈 고리의 사용을 통하여 도너 특징을 수용하는, 올리고티오펜을 포함하는 올리고머, d) 올리고-파라-페닐렌 비닐렌 (OPPV)의 유도체, e) 포르피린 또는 프탈로시아닌, f) 페릴렌 또는 테릴렌 유도체의 물질 클래스에 따른 물질 클래스로부터 선택된 물질이다. 상기 억셉터형 물질은 a) 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 디이미드(PTCDI, NTCDI), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실산 이무수물(PTCDI, NTCDA), 페릴렌 또는 나프탈렌 테트라카르복실릭 비스이미다졸 (PTCDI, NTCBI)의 유도체, b) C60 또는 C70 및 이들의 유도체와 같은 풀러렌 (fullerene) c) 전자 친화력이 불소 또는 염소와 같은 전자-끌기 치환기를 통하여 증가되는, 프탈로시아닌 또는 포르피린, d) 퀴논, e) 불화된 올리고페닐을 포함하는 불소, 염소, CF₃, CN 등과 같은 치환기를 통하여 증가된 전자 친화력을 갖는 올리고머, f) 옥사디아졸 유도체의 물질 클래스에 따른 물질 클래스로부터 선택된 물질이다.

본 발명은 하기에서 두개의 구체예를 실시예로서 인식하면서, 보다 상세하게 설명하였다. 관련된 도면에서,

- [0044] 도 1은 개개의 다이오드 구조물의 원리에 따른 본 발명에 상응하는 유기 전지를 나타낸 것이다 (제 1의 구체예).
- [0045] 도 2는 적층 원리에 따른 본 발명에 상응하는 유기 전지를 나타낸 것이다 (제 2의 구체예).
- [0046] 도 3a는 2 pin 전지로 구성된, 적층 원리에 따른 광활성 부품을 나타낸 것이다.
- [0047] 도 3b는 도 3a에서 나타낸 광활성 부품에 대한 에너지 설계를 나타낸 것이다.
- [0048] 도 4는 이중 구조물의 층 배열을 나타낸 것이다.
- [0049] 도 5는 명암 특성 곡선을 나타낸 것이다.
- [0050] 개개의 다이오드 구조물의 원리에 따른 본 발명에 상응하는 유기 태양 전지에 대한 구조물을 포함하는 도 1에 나타낸 바람직한 구체예는 하기 층을 함유한다:
- [0051] 0a.) 캐리어, 기관,
- [0052] 1a.) 광학적 유기 또는 무기 콘택-형성 층을 갖는 베이스 콘택, 대개 투명함,
- [0053] 2a.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), p-도핑 또는 n-도핑,
- [0054] 3a.) 활성층,
- [0055] 4a.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), n-도핑 또는 p-도핑,
- [0056] 5a.) 상부 콘택, 임의적으로 유기 또는 무기 콘택-형성 층을 포함.
- [0057] 이에 따르면, 부품은 바람직하게는 pin 또는 nip 층 구조물로 구성된다. 이의 일부에 대한 pin(또는 nip) 구조물은 각각은 두개 이상의 유기 전하 캐리어 이송층(2a 및 4a) 및 유기층(2a)과 유기층(4a) 사이에 위치한 층 시스템(3a)으로 구성되고, 여기서 광이 흡수된다. 더욱이, 완전한 구조물은 또한 각각이 투명한 콘택층으로서 실현될 수 있는 두 개의 콘택층(1a 및 5a)을 함유한다. 층(2a 또는 4a)은 p-도핑되거나 n-도핑되며, 층(3a)은 비도핑되거나 매우 낮게 p-도핑 또는 n-도핑된다. 층(3a)은 단일 성분(도핑은 별도)이거나 상호침투 네트워크의 원리에 상응하는 두 개의 성분을 포함하는 혼합층을 포함한다. 물질은 여기자가 두 개의 물질 사이에 혼합층의 내부상(internal phase) 한계에서 또는 두 개 층의 경계면에서 자유 전하 캐리어로 효과적으로 분리되도록 선택된다.
- [0058] 도 2에서 보는 바와 같이, 적층 원리를 기초로 한 본 발명에 상응하는 유기 태양 전지에 대한 구조물의 바람직

한 구체에는 하기 층들을 함유한다:

- [0059] 0a.) 캐리어, 기판,
- [0060] 1a.) 임의적으로 유기 또는 무기 콘택-형성 층을 갖는 베이스 콘택, 대개 투명함,
- [0061] 2b.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), p-도핑되거나 n-도핑됨,
- [0062] 3b.) 제 1의 활성층,
- [0063] 4b.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), n-도핑되거나 p-도핑됨,
- [0064] 5b.) 전이층, 재결합 영역,
- [0065] 6b.) 전이층 (와이드-갭), n-도핑되거나 p-도핑됨,
- [0066] 7b.) 제 2의 활성층,
- [0067] 8b.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), p-도핑되거나 n-도핑됨,
- [0068] 등등,
- [0069] (N-1)b.) 전하 캐리어 이송층 (와이드-갭), p-도핑되거나 n-도핑됨,
- [0070] Nb.) 상부 콘택, 임의적으로 유기 또는 무기 콘택-형성 층을 포함.
- [0071] 이에 따르면, 부품은 바람직하게는 두개 이상의 pin 또는 nip 층 구조물로 구성된다. 이들 일부에 대한 pin(또는 nip) 구조물은 각각 두개 이상의 유기 전하 캐리어 이송층(2a 및 4b, 6b 및 8b 등) 및 유기층(2b, 6b 등)과 유기층(4b, 8b 등) 사이에 위치된 층 시스템(3b, 7b 등)으로 구성되며, 여기서 광이 흡수된다. 더욱이, 완전한 구조물은 또한 두 개의 콘택층(1b 및 Nb), 및 각각이 또한 투명한 콘택층으로서 실현될 수 있는 각각의 n-차와 n+1차 pin(nip) 전지 사이의 전이층 시스템 각각을 포함한다. 층(2b, 6b 등, 또는 4b, 8b 등)은 p-도핑되거나 n-도핑되며, 층(3b, 7b 등)은 비도핑되거나 매우 낮게 p-도핑 또는 n-도핑된다. 층(3b, 7b 등)은 단일 성분(도핑은 별도)이거나 또는 상호침투 네트워크의 원리에 상응하는 두 개의 성분을 포함하는 혼합층을 포함한다. 물질은 여기자가 두 개의 물질 사이에 혼합층의 내부상 한계에서 또는 두 개 층의 경계면에서 자유 전하 캐리어로 효과적으로 분리되도록 선택된다.
- [0072] 전하 캐리어 이송층(2b, 4b, 6b 등)은 광활성이지 않거나 도핑되지 않아야 한다. 본 발명과 상응하여, 하나 이상의 이송층은 각각 다이오드 구조물에 도핑된다. 각각의 전하 캐리어 이송층은 전하 캐리어 유형(홀 또는 전자)을 효과적으로 제거할 수 있다. 더욱이, 활성층은 콘택 또는 재결합층(5b, 9b 등)으로부터 분리되며, 그 결과, 다이오드로부터의 여기자 또는 전하 캐리어 쌍이 요망되지 않는 재결합 중심과 마주치는 것을 방해한다.
- [0073] 대표적인 목적을 위하여, 작용은 2개의 pin 전지로 구성된 광활성 부품의 예를 이용하여 설명된다. 단일 및 다중 pin 전지는 유사하게 작용한다. 이러한 적층 전지는 도 3a에 나타내었으며, 이의 에너지 설계는 도 3b에 개략되었다. 보다 깊은 개관을 위하여, 이송층, 활성층 및 전이층이 개개의 층으로 구성되는 것으로 가정할 수 있다. 동시에, 제 1의 pin 전지의 활성층(3b)은 가능한 광범위한 스펙트럼을 이용하기 위하여 두 개의 pin 전지와 서로 다른 흡수층을 커버링할 수 있다. 이에 추가하여, 상호침투 네트워크 측면에서 활성층이 두 개 각각의 물질의 혼합물로 구성되는 것으로 가정될 수 있다. 여기자는 제 1의 혼합층(3b)의 비도핑된 물질에서 발생될 것이다. 여기자는 혼합층내의 도메인 경계에 도달할 때까지 이러한 물질에서 확산된다. 여기서, 여기자가 분리되어, 홀은 도너형 물질에 잔류하고, 전자는 억셉터형 물질에 잔류한다. 이후 전하 캐리어 둘 모두는 상응하는 도핑된 이송층으로 이동한다. 따라서, 이는 효과적인 전이를 확보하며, 각각의 전하 캐리어층은 콘택(1b)으로 전자의 효과적인 전이 또는 전이층(5b)으로의 홀의 효과적인 전이를 가능하게 한다. 공정은 제 2의 pin 전지((6b), (7b), (8b))에서 유사하게 발생한다. 전하 캐리어는 콘택 둘 모두((1b), (9b))에 존재한다. 그러나, 잔류 흐름을 확보하기 위하여, 전이층(5b)의 방향으로 제공되는 두 개의 전하 캐리어는 전기적 회로가 폐쇄되도록 서로 재결합되어야 한다. 가능한 낮은 에너지 손실은 이러한 재결합에서 발생한다. 이는 하기에 상세히 설명된 바와 같이, 하나 이상의 인접하는 이송층을 도핑하고, 필요한 경우, 전이층(5b)을 도입함으로써 달성된다. 고도의 도핑된 이송층을 사용하는 경우, 이러한 전이층은 필수적인 것이 아닐 수 있다.
- [0074] 개개의 전지에서 발생된 전류의 균형은 이러한 적층 전지에서, 즉 다수의 광자가 전하 캐리어로 흡수되거나 전환되는데 특히 중요하다. 본 발명에 따라, 이는 층 두께를 조정하고/하거나 상응하는 서로 다른 흡수 용량을 갖는 물질을 선택함으로써 가능하다.

- [0075] 부품의 작용은 에너지 설계를 기초로 하여 하기에서 더욱 상세하게 설명한다. 도 3b는 이중 pin 적층 구조물을 실시예로서 인식하는 HOMO(최상위 궤도함수) 및 LUMO(최하위 궤도함수) 수준의 개략도를 나타낸 것이다. 간략함을 위하여, 각각의 하나의 층은 전하 캐리어 발생(활성층 (3b 및 7b)), 홀 이송(4b 및 8b), 및 전자 이송(2b 및 6b)에 대해 나타낸 것이다. 여기자는 광에 의해 각각의 활성층에서 발생될 것이다. 이는 국부적으로 홀 및 전자(예를 들어, 상호침투 네트워크)로 분해될 수 있거나 또한 활성층내에서 분리되는 경계층에 도달할 때까지 확산되며, 그로 인해, 분해된다.
- [0076] 본 발명에 따라, 여기자의 확산 프로세스는 분리되지 않은 여기자가 와이드-갭 이송층을 조정함으로써 반사되며, 분해 및 전하 캐리어 발생을 위해 사용가능하도록 잔류한다. 최종 전하 캐리어는 통합된 장(integrated field)에 의해 활성층의 경계로 이송되어, n-도핑되거나 p-도핑된 층(2b, 6b 등, 4b, 8b)의 서로 다른 페르미(Fermi) 레벨의 균형에 의한 결과를 초래하며, 이송층에 의해 수용될 수 있다.
- [0077] 물질은 바람직하게는 활성층과 이송층 사이의 전하 전이가 하나의 전하 캐리어 유형(n-층에 대한 전자, p-층에 대한 홀)에 대한 에너지일 수 있도록 선택된다. 바람직한 구체예에서, 에너지 레벨은 도 3b에서 보는 바와 같이, 동에너지적으로(isoenergetically) 서로 일치한다.
- [0078] 층(2b 및 8b)에서 전하 캐리어는 콘택(1b 또는 9b)으로 직접 통과할 수 있다. 동시에, 이송층의 도핑은 긍정적인 효과를 갖는데, 이는 콘택으로의 전이가 강한 밴드 변형 및 그 결과, 공핍 영역(준-옴 콘택)의 감소를 통해(또한 이상적으로 조정되지 않는 일함수와 함께) 보다 용이하게 이루어지기 때문이다. 층(4b)에서의 전하 캐리어(홀) 및 층(6b)에서의 전하 캐리어(전자)는 전이층(5b)을 통과하며, 여기서 이들은 재결합될 수 있다. 이들 전이는 특히 상술된(준-옴 콘택) 도핑의 바람직한 영향에 의해 선호된다.
- [0079] 이송층에 대한 광학 상수 및 층의 두께의 최적의 선택을 통해 활성 영역에서 증가된 흡수를 목적으로 하는 광학적 장의 농도는 또한 본 발명의 목적이다.
- [0080] 본 발명의 측면에서, 전하 캐리어는 바람직하게는(전기적으로 효과적인 도핑의 측면에서) 도핑된다. 분자 유기 시스템의 측면에서, 도핑 물농도는 통상적으로 1:10 내지 1:10000의 범위이다. 도펀트가 매트릭스 분자 보다 상당히 작은 경우에, 매트릭스 분자 보다 도펀트가 층에 더욱 존재하게 될 수 있다(5:1 이하). 도펀트는 또한 유기성 또는 무기성일 수 있다.
- [0081] 본 발명의 필수적인 특징은 이송층의 도핑으로부터 초래된다. 한편으로, 이송층은 도핑을 통하여 결정적으로 개선되며, 그 결과 손실(저항의 전위 강하)은 최소화된다. 더욱이, 도핑은 두 개의 pin 전지 사이의 전이에서 재결합 또는 발생 특징에 바람직한 효과를 갖는다. 이러한 경우에, 고도의 도핑은 또한 이러한 전이의 양측면 상에 좁은 공핍 영역을 나타내며, 그 결과 높은 장벽이(예를 들어, 양자 기계적 터널 공정을 통하여) 용이하게 극복된다. 와이드-갭 물질의 사용은 이러한 pn-전이가 광활성이 아니며, 따라서 발광에서 반대 전압의 형성을 방해하며, 사용가능한 광전압을 감소시킴을 의미한다.
- [0082] 상기 적층 전지의 다른 바람직한 구체예는 두개의 pin 전지 사이의 전이에서 전이층(가능한 경우 수개의 층)을 도입함을 포함한다. 이는 얇게 고안될 수 있으며 재결합 중심의 추가적인 통합을 제공할 수 있다. 이는 금속 클러스터 또는 초-박막 금속층으로 구성되는 경우, 특히 유용하다.
- [0083] 도 5에서 보는 바와 같이, 명암 특성 곡선 둘 모두는 상기 pin 단일 구조물 및 pin 이중 구조물의 작용을 기술하는 것이다. 도 4는 이중 구조물의 층 배열을 나타낸다. 단일 구조물은(기체로부터 개시되어) 제 1의 부분 전지에 상응함으로써, 대략 40nm의 금층이 1nm 두께의 금층 대신에 접촉되도록 적용된다. 도시된 전지는 임의의 방법으로 아직 최적화된 것이 아니다. 대략 이중의 개방 회로 전압(U_{oc})은 작용하는 것으로 확인되었다.
- 바람직한 실시예에서, 광 트랩은 도핑된 이송층이 i-층에 대해 매끄러운 경계층을 그리고 콘택 영역에 대해 주기적으로 마이크로-구조화된 경계면을 나타내는 방식으로 형성된다.

[0084] 사용된 도면부호 및 약자의 기술

[0085] HOMO 최상위 분자궤도함수

[0086] LUMO 최하위 분자궤도함수

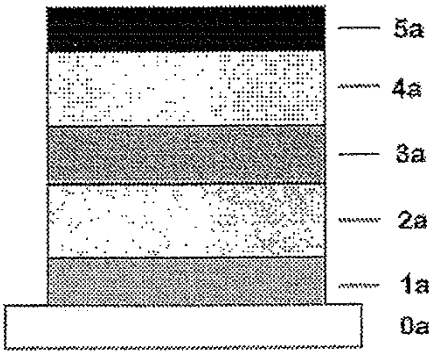
[0087] E_f 페르미 레벨

[0088] 0a, 0b 기판

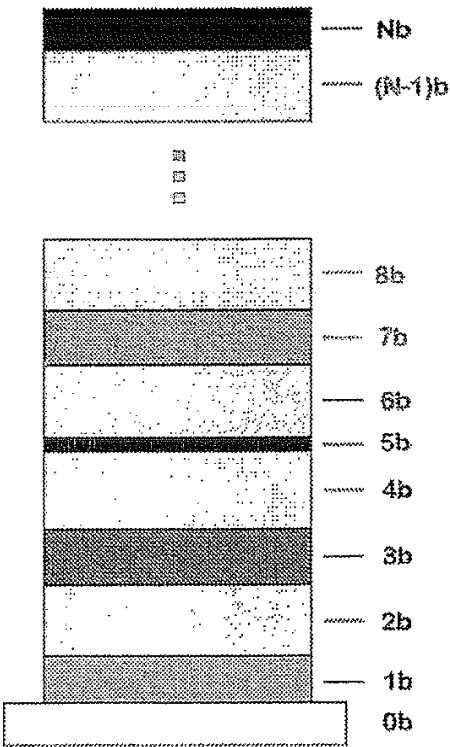
- [0089] 1a, 1b 콘택층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0090] 2a, 2b 이송층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0091] 3a, 3b 활성층
- [0092] 4a, 4b 이송층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0093] 5a 콘택층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0094] 5b 전이층
- [0095] 6b 이송층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0096] 7b 활성층
- [0097] 8b 이송층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0098]
- [0099] (N-1)b 이송층 (와이드-갭) (p-도핑되거나 n-도핑됨)
- [0100] Nb 콘택층

도면

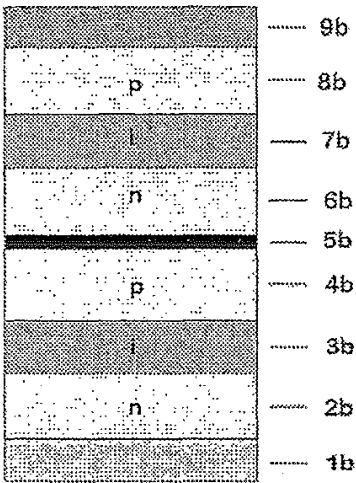
도면1



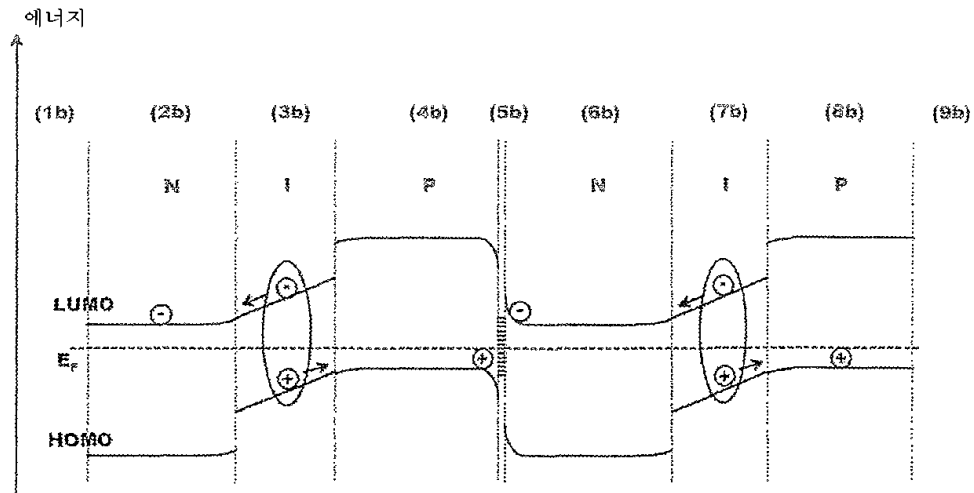
도면2



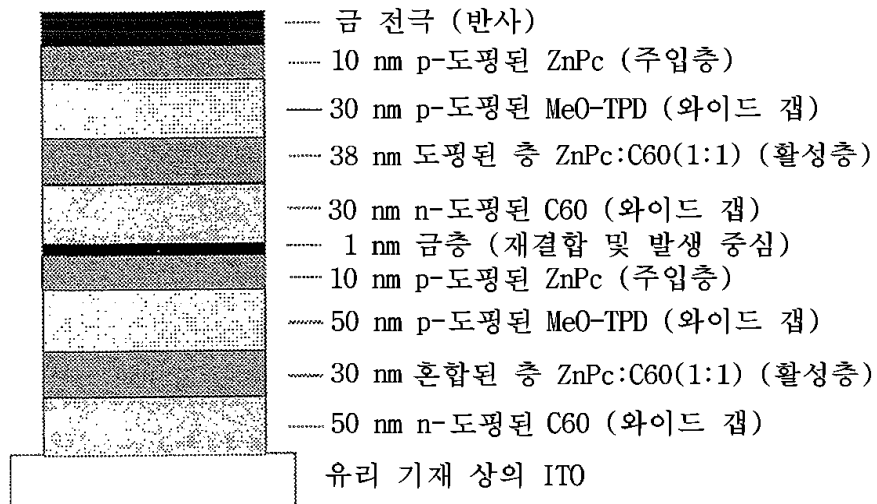
도면3a



도면3b



도면4



도면5

