



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년05월27일

(11) 등록번호 10-1625224

(24) 등록일자 2016년05월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 51/56 (2006.01) H01L 31/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2008-7021967

(22) 출원일자(국제) 2007년02월08일

심사청구일자 2012년02월07일

(85) 번역문제출일자 2008년09월08일

(65) 공개번호 10-2008-0094097

(43) 공개일자 2008년10월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2007/003411

(87) 국제공개번호 WO 2007/095061

국제공개일자 2007년08월23일

(30) 우선권주장

60/771,643 2006년02월09일 미국(US)

60/795,420 2006년04월27일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2005038634 A*

KR1020050117030 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

큐디 비젼, 임크.

미국 02421 매사추세츠주 렉싱تون 하트웰 애비뉴
29

(72) 발명자

비티, 폴, 에이치. 제이.

미국 95667 캘리포니아 플레이서빌 리본 레인
6741

코-설리반, 세스

미국 02478 매사추세츠 벨몬트 해리엇 애버뉴 60

(74) 대리인

양영준, 양영환

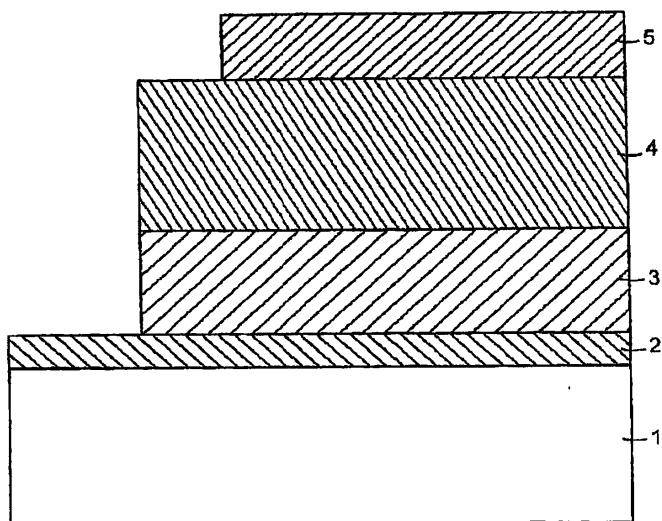
전체 청구항 수 : 총 24 항

심사관 : 조기덕

(54) 발명의 명칭 반도체 나노결정 및 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자 및 방법

(57) 요 약

반도체 나노결정 및 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적 연결을 하는 기판에 배열된 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자를 기재한다. 소자를 제조하고 소자의 효율을 향상시키는 방법이 또한 기재되었다.

대 표 도 - 도1

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전극, 정공 수송층, 발광형 양자 구속된 무기 반도체 나노결정, 전자 수송층, 및 제2 전극을 포함하고,

여기서 정공 수송층 및 전자 수송층 중 하나 이상은 도핑된 유기 물질을 포함하며, 반도체 나노결정은 정공 수송층 및 전자 수송층 사이에 하나 이상의 분리층으로써 배치되고, 정공 수송층 및 전자 수송층은 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적으로 연결되어 있으며, 반도체 나노결정은 코어/쉘 구조를 포함하고, 도핑된 유기 물질은 전자 수송층에 포함될 때 공여체-유형 유기 분자 물질을 포함하는 n-도핑제로 n-도핑된 진성 비중합체성 유기 전자 수송 물질을 포함하며, 도핑된 유기 물질은 정공 수송층에 포함될 때 수용체-유형 유기 분자 물질을 포함하는 p-도핑제로 p-도핑된 유기 발색단을 포함하는 진성 유기 정공 수송 물질을 포함하는 것인, 발광 소자.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 전자 수송층이 전자를 수송할 수 있는 n-도핑된 유기 물질을 포함하는 것인 소자.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 정공 수송층이 정공을 수송할 수 있는 p-도핑된 유기물질을 포함하는 것인 소자.

청구항 4

제1항에 있어서, 정공을 주입할 수 있는 물질을 포함하는 p-도핑된 유기 물질을 포함하는 정공 주입층을 추가로 포함하는 것인 소자.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 p-도핑제가 수용체-유형 유기 물질인 것인 소자.

청구항 7

제1항에 있어서, 전자를 주입할 수 있는 물질을 포함하는 n-도핑된 유기 물질을 포함하는 전자 주입층을 추가로 포함하는 것인 소자.

청구항 8

삭제

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 n-도핑제가 공여체-유형 유기 물질인 것인 소자.

청구항 10

제1항에 있어서, 정공을 차단할 수 있는 물질을 포함하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 정공 차단층을 추가로 포함하는 것인 소자.

청구항 11

제1항에 있어서, 전자를 차단하는 물질을 포함하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 전자 차단층을 추가로 포함하는 것인 소자.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 소자 내 하나 초과의 층이 도핑된 유기 물질을 포함하는 것인 소자.

청구항 13

삭제

청구항 14

제1항에 있어서, 상기 반도체 나노결정이, 표면에 부착된 하나 이상의 리간드를 포함하는 것인 소자.

청구항 15

삭제

청구항 16

발광형 양자 구속된 무기 반도체 나노결정을 포함하고,

제1 전극 및 반도체 나노결정 사이에 정공 수송층을, 제2 전극 및 반도체 나노결정 사이에 전자 수송층을 포함하는 발광 소자를 포함하며, 여기서 정공 수송층 및 전자 수송층은 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적으로 연결되어 있고, 정공 수송층 및 전자 수송층 중 하나 이상은 도핑된 유기 물질을 포함하며, 반도체 나노결정은 코어/쉘 구조를 포함하고, 반도체 나노결정은 정공 수송층 및 전자 수송층 사이에 하나 이상의 분리층으로서 배치되며, 도핑된 유기 물질은 전자 수송층에 포함될 때 공여체-유형 유기 분자 물질을 포함하는 n-도핑제로 n-도핑된 진성 비중합체성 유기 전자 수송 물질을 포함하며, 도핑된 유기 물질은 정공 수송층에 포함될 때 수용체-유형 유기 분자 물질을 포함하는 p-도핑제로 p-도핑된 유기 발색단을 포함하는 진성 유기 정공 수송 물질을 포함하는 것인,

발광 소자의 효율 개선 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 상기 전자 수송층이 전자를 수송할 수 있는 n-도핑된 유기 물질을 포함하는 것인 방법.

청구항 18

제16항에 있어서, 상기 정공 수송층이 정공을 수송할 수 있는 p-도핑된 유기물질을 포함하는 것인 방법.

청구항 19

제16항에 있어서, 상기 소자가 정공을 주입할 수 있는 p-도핑된 유기 물질을 포함하는 정공 주입층을 추가로 포함하는 것인 방법.

청구항 20

제16항에 있어서, 상기 소자가 전자를 주입할 수 있는 물질을 포함하는 n-도핑된 유기 물질을 포함하는 전자 주입층을 추가로 포함하는 것인 방법.

청구항 21

제16항에 있어서, 상기 소자가 정공을 차단할 수 있는 물질을 포함하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 정공 차단층을 추가로 포함하는 것인 방법.

청구항 22

제16항에 있어서, 상기 소자가 전자를 차단하는 물질을 포함하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 전자 차단층을 추가로 포함하는 것인 방법.

청구항 23

제16항에 있어서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 이상의 부가층이 소자 내 포함되는 제1 및 제2 전극 사이에 배치되는 것인 방법.

청구항 24

삭제

청구항 25

제16항에 있어서, 상기 반도체 나노결정이, 표면에 부착된 하나 이상의 리간드를 포함하는 것인 방법.

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

제16항에 있어서, 상기 p-도핑제가 수용체-유형 유기 물질인 것인 방법.

청구항 29

제16항에 있어서, 상기 n-도핑제가 공여체-유형 유기 물질인 것인 방법.

청구항 30

제16항에 있어서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 초과의 층이 소자 내에 포함되는 제1 및 제2 전극 사이에 배치되는 것인 방법.

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

복수개의 제1항에 따른 발광 소자를 포함하는 디스플레이.

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

청구항 74

삭제

청구항 75

삭제

청구항 76

삭제

청구항 77

삭제

청구항 78

삭제

청구항 79

삭제

청구항 80

삭제

청구항 81

삭제

청구항 82

삭제

청구항 83

삭제

청구항 84

삭제

청구항 85

삭제

청구항 86

삭제

청구항 87

삭제

청구항 88

삭제

청구항 89

삭제

청구항 90

삭제

청구항 91

삭제

청구항 92

삭제

청구항 93

삭제

청구항 94

삭제

청구항 95

삭제

청구항 96

삭제

청구항 97

삭제

청구항 98

삭제

청구항 99

삭제

청구항 100

삭제

청구항 101

삭제

청구항 102

삭제

청구항 103

삭제

청구항 104

삭제

청구항 105

삭제

청구항 106

삭제

청구항 107

삭제

청구항 108

삭제

청구항 109

삭제

청구항 110

삭제

청구항 111

삭제

청구항 112

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001]

본 발명은 반도체 나노결정을 포함하는 소자 및 더욱 구체적으로 반도체 나노결정 및 유기층을 포함하는 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

반도체 나노결정을 포함하는 개선된 소자 및 반도체 나노결정을 포함하는 소자를 제조하는 개선된 방법을 개발하는 것이 유익하다고 인식되어 왔다.

[0003]

본 발명의 한 양상에 따르면, 반도체 나노결정 및 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자를 제공한다. 특정 실시태양에 있어서, 층은 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적으로 연결된다. 하나의 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 주입할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 주입할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 차단할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 차단하는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 초과의 층이 소자 내에 포함된다.

[0004]

본 발명의 다른 양상에 따르면, 반도체 나노결정 및 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적 연결을 하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자를 제조하는 방법을 제공한다. 하나의 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 주입할 수 있는 물질을 포

함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 주입할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 차단할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 차단하는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 초과의 층이 소자 내에 포함된다.

[0005] 본 발명의 다른 양상에 따르면, 반도체 나노결정 및 하나 이상의 반도체 나노결정과 전기적 연결을 하는 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자의 효율을 개선하는 방법을 제공한다. 하나의 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 주입할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 차단할 수 있는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 차단하는 물질을 포함한다. 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 초과의 층이 소자 내에 포함된다.

[0006] 상기 및 본원에 기재된 다른 양상들은 모두 본 발명의 실시태양을 구성한다.

[0007] 상기의 개략적인 기술 및 하기의 상세한 기술 모두는 단지 예시 및 설명을 위한 것으로 청구된 본 발명을 제한하는 것이 아님을 알아야 한다. 다른 실시태양들은 본원에 기재된 본 발명의 명세서 및 실시를 고려할 때 당업자에게 명백할 것이다.

발명의 상세한 설명

[0012] 본 발명의 한 양상에 따르면, 반도체 나노결정 및 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 소자를 제공한다.

[0013] 도핑은 저항 손실을 감소시킬 수 있는 층의 전도도의 증가를 가져올 수 있고, 전극 및 유기 물질 사이의 전하의 전이의 개선을 가져올 수 있다.

[0014] 본원에서 사용된 바에 따르면, "도핑" 및 "도핑된"이라는 용어는 모재에 제2의 구성요소 첨가를 가르키는데, 여기서 제2 구성 요소의 농도는 0 초과 내지 거의 100 %를 범위로 할 수 있다.

[0015] 특정 실시태양에서, 소자는 소자의 두 전극을 분리하는 하나 이상의 층을 포함할 수 있다. 반도체 나노결정은 또한 두 전극 사이에 배치될 수 있다. 하나 이상의 층의 물질은 정공을 수송하는 물질의 능력, 즉 정공 수송층 (HTL)에 기초하여 선택할 수 있다. 그 대신에, 하나 이상의 층의 물질은 전자를 수송하는 물질의 능력, 즉 전자 수송층 (ETL)에 기초하여 선택될 수 있다. 특정 실시태양에서, 전자 수송층은 반도체 나노결정을 포함할 수 있다. 특정 실시태양에서, 정공 수송층은 반도체 나노결정을 포함할 수 있다. 특정 실시태양에서, 반도체 나노결정은 전하 수송층 및 전자 수송층 사이에 배치될 수 있다. 다른 물질들은 또한 ETL 및 HTL 사이에 포함될 수 있다. 특정 실시태양에서, 반도체 나노결정은 패턴화되거나 또는 패턴화되지 않을 수 있는 하나 이상의 분리층으로써 소자 내에 포함될 수 있다. 전압이 소자 전체에 걸쳐 적용될 때, 한 전극은 소자 구조 내에 정공 (양전하 캐리어)을 주입하는 반면, 다른 한 전극은 소자 구조 내에 전자를 주입한다. 주입된 정공 및 전자는 각각 반대 전하의 전극을 향해 이동한다. 전자 및 정공이 동일한 반도체 나노결정에 모일 때, 재결합하여 광을 발산할 수 있는 (예를 들면, 발광 소자 내에서와 같이), 또는 다른 전기적인 반응 (예를 들면, 광검출기, 광기 전력 소자, 영상 소자, 태양 전지 등에서와 같이)으로 전환될 수 있는 여기(exciton)가 형성된다.

[0016] 여태까지, 반도체 나노결정을 포함하는 소자의 정공 수송층 및/또는 전자 수송층을 형성하는데 있어 사용된 유기 물질은 진성 (도핑되지 않은) 물질로 이해된다. 유기 물질로부터 형성된 추가적인 전하 (전자 및/또는 정공) 주입 및/또는 전하 (전자 및/또는 정공) 차단층이 반도체 나노결정을 포함하는 소자 내에 추가로 포함된다면, 상기 유기 물질은 유사하게 진성 (도핑되지 않은) 물질이었다.

[0017] 정공 수송 및/또는 전자 수송층은 더욱 일반적으로 전하 수송층이라 불릴 수 있다.

[0018] 소자 내에 포함된 각 전하 수송층은 또한 선택적으로 둘 이상의 전하 수송층 (동일 또는 상이한 전하 수송 물질을 포함할 수 있음)을 포함할 수 있다.

[0019] 반도체 나노결정을 포함하는 소자의 효율을 소자 내에 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함시켜 항상시킬 수 있다고 기대된다.

[0020] 한 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 전자를 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 이 양상에서, 도핑된 유

기 물질을 포함하는 층은 전자 수송층으로 기능한다.

[0021] 전자 수송층 내에 도핑된 유기 물질을 포함하는 것은 전자 전도도를 향상시킬 수 있다. 상기 향상된 전자 전도도는 소자 효율을 증가시킬 것으로 기대된다. 이러한 향상된 효율은 또한 소자 수명을 향상시키는 것으로 기대된다.

[0022] 특정 실시태양에서, 전자 수송층은 n-도핑된 유기 물질을 포함한다.

[0023] 특정 실시태양에서, 전자 수송층은 n-도핑된 진성 유기 전자 수송 물질 (예를 들면, 중합체성 또는 비중합체성 일 수 있는 분자 매트릭스, 예를 들면, 작은 분자 매트릭스 물질이고, 이들은 8-히드록시퀴놀린의 금속 착체 ((여기서 금속은 알루미늄, 갈륨, 인듐, 아연 또는 마그네슘일 수 있음), 예를 들면, 알루미늄 트리스(8-히드록시퀴놀린) (Alq_3)와 같은 것); 금속 티옥시노이드 화합물; 옥사디아졸 금속 퀼레이트; 트리아졸; 섹시티오펜 유도체; 피라진; 스티릴안트라센 유도체 등을 포함하지만 이에 제한되지 않음)을 포함한다. n-도핑제의 예는 도핑되지 않은 층과 비교하여 도핑된 층에서 증가된 전자 전도도를 가져올 수 있는 알칼리 금속 (예를 들면, Li, Cs 등) 및 안정한, 공여체-유형 유기 분자 물질을 포함하지만, 이에 제한되지 않는다. 특정 실시태양에서, 유기 분자 물질을 포함하는 도핑제는, 예를 들면, 300 amu 이상과 같은 고분자량을 가질 수 있다.

[0024] 전자 수송층 내에 포함된 도핑된 유기 물질의 예는 Li로 도핑된 바토페난트롤린 (BPhen)을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0025] 알루미늄(III)비스(2-메틸-8-퀴놀리나토)4-페닐페놀레이트 ($BA1q$) 및 2,9-디메틸-4,7-디페닐-1,10-페난트롤린 (BCP)은 BPhen에 대한 적합한 대체물일 수 있다.

[0026] 유기 발광 소자 (OLED) 내의 전자 수송층으로써 유용한 도핑된 유기 물질을 무기 반도체 나노결정을 포함하는 발광 물질을 포함한 소자에 사용하여 전자 전도도를 증가시키고 소자 효율을 향상시킬 수 있는 것으로 믿어진다. 그러한 도핑된 유기 물질의 비제한적인 목록은 2006년 1월 3일에 특허 허여된, 원(Wong) 등의 미국 특허 제6,982,179호의 "Structure And Method Of Fabricating Organic Devices" (예를 들면, 1:1 등의 몰비로 Li로 도핑된 BPhen); 2006년에 4월 13일에 공개된, 베르너(Werner) 등의 미국 공개 특허출원 제2006/0079004호 "Method For Electrical Doping A Semiconductor Material With Cesium" (세슘 등으로 도핑된 BPhen)에 기재되었다. 상기의 특허 및 공개 특허출원의 기재는 전체가 참고문헌으로 본원에 도입되었다.

[0027] 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질은 정공을 수송할 수 있는 물질을 포함한다. 이 양상에서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 층은 정공 수송층으로 기능한다.

[0028] 정공 수송층 내에 도핑된 유기 물질을 포함하는 것은 정공 전도도를 향상시킬 수 있다. 상기의 향상된 정공 전도도는 진성 (도핑되지 않은) 정공 수송층으로 경험할 수 있는 직렬 저항 손실을 과함으로써 소자 효율성을 증가시키고, 따라서 소자 효율성을 증진시켜 소자 효율을 향상시키는 것이 기대된다. 상기 향상된 효율은 또한 소자 수명을 증가시킬 것으로 기대된다.

[0029] 특정 실시태양에서, 정공 수송층은 p-도핑된 유기 물질을 포함한다.

[0030] 정공 수송층에 포함된 도핑된 유기 물질의 예는, 예를 들면, 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄 (F_4-TCNQ)으로 도핑된 4,4',4"-트리스(디페닐아미노)트리페닐아민 (TDATA); F_4-TCNQ (예를 들면, 대략 1:30의 몰 도핑비)로 도핑된 p-도핑된 프탈로시아닌 (예를 들면, 아연-프탈로시아닌 ($ZnPc$)); F_4-TCNQ 로 도핑된 N,N'-디페닐-N,N'-비스(1-나프틸)-1,1'비페닐-4,4"디아민 (알파-NPD)을 포함하는 기화된 HTL을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 문헌 [J. Blochwitz, et al., "Interface Electronic Structure Of Organic Semiconductors With Controlled Doping Levels", Organic Electronics 2 (2001) 97-104; R.. Schmechel, 48, Internationales Wissenschaftliches Kolloquium, Technische Universitaat Ilmenau, 22-25 September 2003; C. Chan et al., "Contact Potential Difference Measurements Of Doped Organic Molecular Thin Films", J. Vac. Sci. Technol. A 22(4), Jul/Aug 2004]를 참조한다. 상기 논문의 기재 전체가 본원에 참고문헌으로 도입되었다.

[0031] 특정 실시태양에서, 정공 수송층은 p-도핑된 진성 유기 정공 수송 물질 (예를 들면, 유기 발색단, 예를 들면, N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민 (TPD), 4-4'-N,N'-디카르바졸릴-비페닐 (CBP), 4,4-비스[N-(1-나프틸)-N-페닐아미노]비페닐 (NPD) 등과 같은 페닐 아민, 폴리아닐린, 폴리피롤, 폴리(페닐렌 비닐렌), 구리 프탈로시아닌, 방향족 3차 아민 또는 다향 방향족 3차 아민, 4,4'-비스(9-카르바졸릴)-1,1'-비페닐 화합물, 또는 N,N,N',N'-테트라아릴벤지딘)을 포함한다. p-도핑제의 예는 도핑되지 않은 층과 비교하여 도

평된 층 내에 증가된 정공 전도도를 가져올 수 있는 안정한, 수용체-유형 유기 분자 물질을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 특정 실시태양에서, 유기 분자 물질을 포함하는 도핑제는 예를 들면, 300 amu 이상과 같은 고분자량을 가질 수 있다.

[0032] 본 발명의 소자는 정공-주입층 (분리층으로써 또는 정공 수송층의 일부로써) 및/또는 전자-주입층 (분리층으로써 또는 전자 수송층의 일부로써)을 포함할 수 있다.

[0033] 소자 내에 포함될 때, 주입층은 도핑된 유기 물질을 포함할 수 있다. 예를 들면, 정공 수송 물질로써 유용한 p-도핑된 유기 물질은 또한 소자의 정공 주입층 내에 포함될 수 있다. 전자 수송 물질로써 유용한 n-도핑된 유기 물질은 또한 소자의 전자 주입층 내에 포함될 수 있다.

[0034] 소자의 각 전하 주입층은 둘 이상의 층 (각각이 동일한 또는 상이한 물질을 포함할 수 있음)을 임의로 포함할 수 있다.

[0035] 반도체 나노결정을 포함하는 소자의 전하 수송층 및/또는 전하 주입층에 포함될 수 있는 도핑된 유기 물질의 상기에 제공된 예에 추가로, 유기 발광 소자 (OLED)의 전하 수송 및/또는 전하 주입층에 유용한 도핑된 유기 물질은 무기 반도체 나노결정을 포함하는 발광 물질을 포함한 소자에 사용하여 전자 전도도를 증가시키고 소자 효율을 향상시킬 수 있는 것으로 믿어진다. 상기 도핑된 유기 물질의 예의 비제한적인 목록이 2006년 1월 3일에 특허 허여된, 포레스트 등(Forrest et al.)의 미국 특허출원 제10/173,682호, 왕 등의 미국 특허 제6,982,179호 ["Structure And Method Of Fabricating Organic Devices"] (예를 들면, F4-TCNQ로 도핑된 4,4',4"-트리스(3-메틸페닐아미노)-트리페닐아민 (m-MTDA), 예를 들면, 50:1 등의 몰비로), 2006년 2월 16일에 공개된 블로쉬비츠 등(Blochwitz et al.)의 미국 공개 특허출원 제2006/0033115호 ["Transparent, Thermally Stable Light-Emitting Component Comprising Organic Layer"] (예를 들면, 안정한, 수용체-유형 유기 분자 물질로 도핑된 정공 수송층, 도핑제의 분자량이 200g/몰을 초과하는 등), 2003년 5월 20일에 특허 허여된 하트워 등(Hatwar et al.)의 미국 특허 제6,565,996호 ["Organic Light-Emitting Device Having A Color-Neutral Dopant In A Hole-Transport Layer And/Or In An Electron-Transport Layer"] (예를 들면, 색 중립성 도핑제로 안트라센의 유도체를 포함하는 HTL 등), 2006년 3월 9일에 공개된 파이퍼 등(Pfeiffer et al.)의 미국 공개 출원 제2006/049397호 ["Use Of An Organic Matrix Material For Producing An Organic Semiconductor Material, Organic Semiconductor Material And Electronic Component"] (예를 들면, F4-TCNQ로 도핑된 스피로-TTB 및 F4-TCNQ로 도핑된 스피로-iPr-TAD), 2005년 11월 3일에 공개된 포레스트 등의 미국 공개 출원 제2005/0242346호 ["Very Low Voltage, High Efficiency pholed In A p-i-n Structure"], 2003년 12월 18일에 공개된 포레스트 등의 미국 공개 출원 제2003/0230980호 ["Very Low Voltage, High Efficiency Phosphorescent OLED In A p-i-n Structure"], 2005년 10월 27일 공개된 레오 등(Leo et al.)의 미국 공개 특허출원 제2005/0236973호 ["Electroluminescent Assembly"], 2005년 8월 18일에 공개된 레오 등의 미국 공개 특허출원 제2005/0179399호 ["Pixel For An Active Matrix Display"] (예를 들면, p-도핑된 수송층의 예 등)]; 2005년 5월 26일에 공개된, 블로쉬키츠-니모트 등(Blochwitz-Nimoth et al.)의 미국 공개 특허출원 제2005/0110009호 ["Light-Emitting Component And Process For Its Preparation"]; 2004년 4월 1일에 공개된, 파이퍼 등의 미국 공개 특허출원 제2004/0062949호 ["Light Emitting Component Comprising Organic Layers"]; 2004년 12월 16일에 공개된, 레오 등의 미국 공개 특허출원 제2004/0251816호 ["Light Emitting Component With Organic Layers"]; 2005년 3월 24일에 공개된, 베르너 등(Werner et al.)의 미국 공개 특허출원 제2005/0061232호 ["Doped Organic Semiconductor Materials And Process For Their Preparation"]; 2005년 6월 21일에 특허 허여된, 쿠엘(Kuehl et al.) 등의 미국 특허 제6,980,783호 ["Method Of Doping Organic Semiconductors With Quinonediimine Derivatives"] (예를 들면, 유기 반도체 매트릭스 물질 등을 도핑하기 위한 유기 도핑제로서 유기 메조머 화합물 등); 2004년 6월 20일에 공개된 쿠엘 등의 미국 공개 특허출원 제2005/0139810호 ["Method Of Doping Organic Semiconductors With Quinone Derivatives and 1,3,2-Dioxaborine Derivatives"]; 2005년 6월 9일에 공개된, 쿠엘 등의 미국 공개 특허출원 제2005/0121667호 ["Method Of Doping Organic Semiconductors With Quinonediimine Derivatives"]; 2005년 1월 11일에 특허 허여된, 리 등의(Li et al.) 미국 특허 제6,841,270호 ["Organic Light-Emitting Device Having Pyrylium Salt as Charge Transport Material"] (예를 들면, 전하 수송층 내의 전하 수송층 물질로서 피릴륨염 또는 그것의 유도체 및/또는 적어도 도핑제 또는 주요 구성성분 등); 2006년 4월 26일에 특허 허여된, 파란드 등(Farrand et al.)의 미국 특허 제7,034,174호 ["Mono-, Oligo-, And Polymers Comprising A 2,6-Azulene Group And Their Use As Charge Transport Materials"] (예를 들면, 짹이중 모노-, 올리고- 및 폴리아줄렌 (도핑된 또는 도핑되지 않은)은 반도체 또는 전하 수송물질 등으로 사용하기에 적합함); (예를 들면, 하나 이상의 3-(1,1-디플루오로-알킬)티오펜기 (산화적으로 또는 환원적으로

도핑된)을 포함하는 모노-, 올리고- 및 폴리머 등); 2004년 10월 19일에 특허 허여된 히니 등(Heeney et al.)의 미국 특허 제6,806,374호 ["Mono-, Oligo- And Poly-3-(1,1-Difluoroalkyl)Thiophenes And Their Use As Charge Transport Materials"] (예를 들면, 모노-, 올리고- 및 폴리-3-(1,1-디플루오로알킬)티오펜 등의 용도); 2004년 1월 13일에 특허 허여된 히니 등의 미국 특허 제6,676,857호 ["Mono-, Oligo- And Poly-4-Fluorothiophenes And Their Use As Charge Transport Materials"] (예를 들면, 모노-, 올리고- 및 폴리-4-플루오로티오펜, (산화적으로 또는 환원적으로 도핑 또는 도핑되지 않는 등); 2005년 3월 29일에 특허 허여된, 첸 등(Chen et al.)의 미국 특허 제6,872,475호 ["Binaphthalene Derivatives For Organic Electro-Luminescent Devices"] (예를 들면, 비나프탈렌 유도체를 발산층 및/또는 하나 이상의 전하 수송층으로, 또는 하나 이상의 상기 층에 대한 호스트 또는 도핑 물질로써 사용하는 등)에 기재되었다. 상기에 열거된 특허 및 공개 특허의 기재 각각은 그 전체가 본원에서 참고문헌으로 도입되었다.

[0036] 도핑된 유기 물질을 포함하는 전하 수송층이 소자 내에 포함될 때, 층은 작동 전압의 증가를 가져오지 않으면서, 도핑되지 않은 물질을 포함하는 층의 경우에 가능한 것보다 더 두꺼울 수 있다. 더 두꺼운 층은 소자 내의 단락의 가능성을 감소시킬 수 있고, 광학적 공동 최적화를 향상시킬 수 있다.

[0037] 정공 수송층 및 전자 수송층 모두가 도핑된 유기 물질을 포함할 때, 각 층은 작동 전압의 증가를 가져오지 않으면서, 도핑되지 않은 물질을 포함하는 층의 경우에 가능한 것보다 더 두꺼울 수 있다. 더 두꺼운 ETL 및 HTL을 포함시키는 것은 소자의 단락의 가능성을 추가로 감소시킬 수 있고, 광학적 공동 최적화를 추가로 향상시킬 수 있다.

[0038] 하나 이상의 차단층이 임의로 소자에 추가로 포함될 수 있다. 예를 들면, 전자 차단층 (EBL), 정공 차단층 (HBL), 또는 여기 차단층 (eBL)이 구조에 도입될 수 있다. 차단층은, 예를 들면, 3-(4-비페닐일)-4-페닐-5-tert 부틸페닐-1,2,4-트리아졸 (TAZ), 3,4,5-트리페닐-1,2,4-트리아졸, 3,5-비스(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-1,2,4-트리아졸, 바토쿠프로인 (BCP), 4,4',4"-트리스[N-(3-페닐아미노)-N페닐아미노] 트리페닐아민 (m-MTDA), 폴리에틸렌 디옥시티오펜 (PEDOT), 1,3-비스(5-(4-디페닐아미노)페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)벤젠, 2-(4-비페닐일)-5-(4-tert부틸페닐)-1,3,4-옥사디아졸, 1,3-비스[5-(4-(1,1-디메틸에틸)페닐)-1,3,4-옥사디아졸-5,2-일]벤젠, 1,4-비스(5-(4-디페닐아미노)페닐-1,3,4-옥사디아졸-2-일)벤젠, 또는 1,3,5-트리스[5-(4-(1,1-디메틸에틸)페닐)-1,3,4-옥사디아졸-2-일]벤젠을 포함할 수 있다.

[0039] 본 발명의 하나의 양상에 따라, 반도체 나노결정을 포함하는 소자는 정공 또는 전자를 차단할 수 있는 도핑된 유기 물질을 포함하는 층을 포함한다. 특정 실시태양에서, 정공 차단층 및 전자 차단층이 포함될 수 있다.

[0040] 특정 실시태양에서, 도핑된 유기 물질은 n-도핑된 진성 차단 물질을 포함한다. n-도핑제의 예는 알칼리 금속 (예를 들면, Li, Cs, 등) 및 도핑되지 않은 층과 비교하여 도핑된 층에서 증가된 전자 전도도를 가져올 수 있는 안정한, 수용체-유형 유기 분자 물질을 포함하지만 이에 제한되지 않는다. 특정 실시태양에서, 유기 분자 물질을 포함하는 도핑제는 예를 들면, 300 amu 이상과 같은 고분자량을 가질 수 있다.

[0041] n-도핑된 차단층의 예는 리튬 도핑된-비스(2-메틸-8-퀴놀리놀라토)-(4-히드록시-비페닐일)-알루미늄 (BA1q₃:Li)를 포함한다.

[0042] 소자의 각 전하 차단층은 둘 이상의 층 (각층은 동일 또는 상이한 물질을 포함할 수 있음)을 임의로 포함할 수 있다.

[0043] 하나 이상의 전하 수송 및/또는 주입층에 도핑된 유기 물질을 포함하는 본 발명의 특정 실시태양에서, 도핑되지 않은 유기 물질을 포함하는 차단층을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0044] 다른 구체적인 양상에서, 도핑된 유기 물질을 포함하는 둘 이상의 층이 반도체 나노결정을 포함하는 소자에 포함된다. 도핑된 유기 물질을 포함하는 하나 초과의 층의 포함은 소자의 효율성을 추가로 증가시킬 수 있다.

[0045] 특정 실시태양에서, 도핑된 유기 물질을 포함하지 않는 소자의 전하 수송, 전하 주입 및/또는 전하 차단층은 무기 물질 및/또는 진성 유기 물질을 포함할 수 있다. 무기 물질의 예는, 예를 들면, 무기 반도체를 포함한다. 무기 물질은 비결정질 또는 다결정질일 수 있다. 유기 전하 수송 물질은 중합체성 또는 비중합체성일 수 있다.

[0046] 상기 무기 물질의 예 및 무기 전하 수송층의 제조에 관련한 다른 정보가 하기에서 추가로 및 "Light Emitting Device Including Semiconductor Nanocrystals"를 명칭으로 하고, 2005년 2월 16일에 출원된 미국 특허출원 제 60/653,094호에서 더욱 자세히 논의되었고, 여기서의 기재는 전체가 본원에서 참고문헌으로 도입되었다.

- [0047] 무기 반도체를 포함하는 전하 수송층은, 예를 들면, 진공 증착 방법, 이온-도금 방법, 스퍼터링, 잉크젯 인쇄 등과 같은 공지된 방법에 의해 저온에서 증착될 수 있다.
- [0048] 진성 (도핑되지 않은) 유기 물질을 포함하는 전하 수송층 및 진성 유기 전하 수송층의 제조와 관련된 다른 정보가 "Method And System For Transferring A Patterned Material"을 명칭으로 하고, 2005년 10월 21일에 출원된 미국 특허출원 제11/253,612호 및 "Light Emitting Device Including Semiconductor Nanocrystals"를 명칭으로 하고, 2005년 10월 21일 출원된 미국 특허출원 제11/253,595호에서 더욱 자세하게 논의되었고, 각각은 참고문헌으로 전체가 본원에 도입되었다.
- [0049] 유기 물질 (도핑된 또는 도핑되지 않은)을 포함하는 전하 수송층은 공지된 방법, 예를 들어, 진공 증착 방법, 스퍼터링 방법, 딥-코팅 방법, 스플-코팅 방법, 캐스팅 방법, 바-코팅 방법, 롤-코팅 방법, 및 다른 박막 침착 방법에 의해 처리될 수 있다. 바람직하게는, 유기층은 초-고진공 (예를 들면, $\leq 10^{-8}$ 토르), 고진공 (예를 들면, 약 10^{-8} 토르 내지 약 10^{-5} 토르), 또는 저진공 조건 (예를 들면, 약 10^{-5} 토르 내지 약 10^{-3} 토르)하에서 침착된다. 가장 바람직하게는, 유기층은 약 1×10^{-7} 내지 약 5×10^{-6} 토르의 고진공 조건에서 침착되었다. 별법으로, 도핑된 유기층은 각 층에 대한 용매를 적합하게 선택하면서 다층 코팅에 의해 형성될 수 있다.
- [0050] 층은 스플 코팅, 딥 코팅, 증착, 또는 다른 박막 침착 방법에 의해 한 전극의 표면상에 침착될 수 있다. 예를 들면, 전체가 각각 참고문헌으로 도입된 문헌[M. C. Schlamp, et al., J. Appl. Phys., 82, 5837-5842, (1997)]; 문헌[V. Santhanam, et al., Langmuir, 19, 7881-7887, (2003)]; 및 문헌[X. Lin, et al., J. Phys. Chem. B, 105, 3353-3357, (2001)]를 참조한다.
- [0051] 소자의 두 전극 사이에 배치된 두 층을 포함하는 소자의 실시태양의 예는 도 1에서 보인다. 도 1에서 보인 소자 구조는 발광 소자의 한 실시태양의 예이다. 도시된 예는 기판상에 배치된 제1 전극 (2), 전극 (2)와 전기적 연결을 한 제1 층 (3), 제1 층 (3)과 전기적 연결을 한 제2 층 (4), 및 제2 층 (4)와 전기적 연결을 한 제2 전극 (5)를 포함한다. 제1 층 (3)은 정공 수송층일 수 있고, 제2 층 (4)는 전자 수송층일 수 있다. 하나 이상의 층이 비중합체성일 수 있다. 상기에서 논의한 바와 같이, 반도체 나노결정은 제1 층 또는 제2 층에 포함될 수 있다. 별법으로, 반도체 나노결정 (도 1에 보이지 않음)을 포함하는 분리 발광층이 정공 수송층 및 전자 수송층 사이에 포함될 수 있다. 발광 소자 내에서, 반도체 나노결정은 그들의 발광 특성 (예를 들면, 소자 전체에 걸쳐 전압이 적용될 때 나노결정에 의해 발산된 광자의 파장)에 기초하여 선택될 수 있다. 도 1에 도시된 실시태양에서, 구조의 제1 전극은 기판 (1)과 접촉한다. 각 전극은 구조 전체에 걸쳐 전압을 제공하기 위해 전력 공급원에 연결될 수 있다. 적합한 극성의 전압이 상기 구조의 전체에 걸쳐 적용될 때, 상기 구조의 반도체 나노결정에 의해 전계 발광이 생성될 수 있다.
- [0052] 도 1에서 보인 예에서, 구조의 하단으로부터 (ITO 코팅된 유리를 통해) 광이 방출된다. 적절한 광투과성 상단 전극이 사용되는 경우, 구조는 구조의 상단으로부터 광을 방출할 수 있다.
- [0053] 별법으로, 도 1의 구조는 상단으로부터 광이 방출될 수 있는 것으로 뒤집혀질 수 있다.
- [0054] 소자의 광 출력의 색은 방출 물질로써 소자 내에 포함된 다양한 반도체 나노결정의 조성, 구조, 및 크기의 선택에 의해 정밀하게 조절될 수 있다. 특정 실시태양에서, 둘 이상의 상이한 반도체 나노결정 (상이한 조성, 구조 및/또는 크기를 가짐)을 포함할 수 있다.
- [0055] 제1 전극은, 예를 들면, 높은 일함수 (예를 들면, 4.0 eV 초과)의 정공-주입 도전체, 예를 들어 인듐 주석 산화물 (ITO) 층을 포함하는 애노드일 수 있다. 다른 애노드 물질은, 예를 들면, 텅스텐, 니켈, 코발트, 백금, 팔라듐 및 그들의 합금, 갈륨 인듐 주석 산화물, 아연 인듐 주석 산화물, 질화 티탄, 폴리아닐린, 또는 다른 높은 일함수의 정공-주입 전도 중합체를 포함하지만 이에 제한되지 않는 다른 높은 일함수 정공-주입 도전체를 포함한다. 특정 실시태양에서, 제1 전극은 광투과성이거나 또는 투명하다. ITO에 추가로, 다른 광투과성 전극 물질의 예는 도전 중합체 및 다른 금속 산화물, 낮은 또는 높은 일함수 금속, 또는 적어도 부분적으로 광투과성인 도전 에폭시 수지를 포함한다. 전극 물질로써 사용될 수 있는 도전 중합체의 예는 PEDOT라는 상표로 바이엘 아게 (Bayer AG)에 의해 판매되는 폴리(에틸렌디옥시티오펜)이다. 다른 분자상 변환된 폴리(티오펜)도 또한 도전성으로 사용될 수 있고, 폴리아닐린의 에머랄딘 염 형태도 또한 사용될 수 있다.
- [0056] 제2 전극은, 예를 들면, 낮은 일함수 (예를 들면, 4.0 eV 미만), 전자-주입, 금속, 예를 들면, Al, Ba, Yb, Ca, 리튬-알루미늄 합금 (Li:Al), 또는 마그네슘-은 합금 (Mg:Ag)을 포함하는 캐소드일 수 있다. Mg:Ag와 같은 제2 전극은 불투명한 보호용 금속층, 예를 들면, 공기중 산화로부터 캐소드층을 보호하기 위한 Ag 층 또는 실질

적으로 투명한 ITO의 상대적으로 얇은 층으로 임의로 덮을 수 있다. 제2 전극은 고체층의 노출된 표면상에 샌드위치, 스퍼터링, 또는 기화될 수 있다. 하나 또는 양 전극은 패턴화될 수 있다. 소자의 전극은 전기적으로 도전성인 경로에 의해 전압원에 연결될 수 있다. 전압을 적용할 때, 광이 소자로부터 발생될 수 있다.

[0057] 도 1에서 보인 것과 같은 소자에서, 예를 들면, 제1 전극은 약 500 옹스트롬 내지 4000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다. 제1 층은 약 50 옹스트롬 내지 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다. 제2 층은 약 50 옹스트롬 내지 약 1000 옹스트롬의 두께를 가질 수 있다. 제2 전극은 약 50 옹스트롬 내지 약 1000 옹스트롬 초과의 두께를 가질 수 있다.

[0058] 비중합체성 전극 물질은, 예를 들면, 스퍼터링 또는 기화에 의해 침착될 수 있다. 중합체성 전극 물질은, 예를 들면, 스판-캐스팅에 의해 침착될 수 있다.

[0059] 상기에서 논의한 바와 같이, 전극은 패턴화될 수 있다. 광-투과할 수 있는 전극 물질을 포함하는 전극 물질은, 예를 들면, 포토리쏘그래피와 같은 화학적 에칭 방법 또는 레이저 등을 사용한 물리적 에칭 방법에 의해 패턴화될 수 있다. 또한, 전극은 마스킹 동안 진공 증착, 스퍼터링 등에 의해 패턴화될 수 있다.

[0060] 기판은 불투명, 광투과성, 또는 투명할 수 있다. 기판은 딱딱하거나 유연할 수 있다. 기판은 플라스틱, 금속 또는 유리일 수 있다.

[0061] 몇몇 적용에서, 기판은 백플레인(backplane)을 포함할 수 있다. 백플레인은 개개의 핵셀로 가는 전력을 조절 또는 스위칭하기 위한 능동형 또는 수동형 전자기기를 포함한다. 백플레인을 포함하는 것은 디스플레이, 센서, 또는 상형성기와 같은 적용에서 유용할 수 있다. 특히, 백플레인은 능동 매트릭스, 수동 매트릭스, 고정된 포맷, 직접 구동, 또는 하이브리드로 구성될 수 있다. 디스플레이에는 정지 이미지, 이동 이미지, 또는 조명을 위해 구성될 수 있다. 발광 소자의 어레이를 포함하는 디스플레이에는 백색광, 단색광, 또는 색-조절가능한 광을 제공할 수 있다.

[0062] 상기에서 논의한 바와 같이, 본 발명의 소자는 반도체 나노결정을 포함한다. 반도체 나노결정은 나노미터 크기의 무기 반도체 입자를 포함한다. 본 발명의 소자에 포함된 반도체 나노결정은 바람직하게는 약 150 옹스트롬 (Å) 미만, 및 가장 바람직하게는 12-150 Å의 범위 내의 평균 반도체 나노결정 직경을 갖는다.

[0063] 반도체 나노결정은, 예를 들면, 직경이 약 1 nm 및 약 1000 nm 사이, 바람직하게는 약 2 nm 및 약 50 nm, 더욱 바람직하게는 약 5 nm 내지 약 20 nm 사이 (예를 들면, 약 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19, 또는 20 nm)인 무기 결정체를 포함한다.

[0064] 반도체 나노결정을 형성하는 반도체는 II-VI족 화합물, II-V족 화합물, III-V족 화합물, III-V족 화합물, IV-VI족 화합물, I-III-VI족 화합물, II-IV-V족 화합물, 또는 II-IV-V족 화합물, 예를 들면, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, HgTe, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, GaSe, InN, InP, InAs, InSb, TlN, TlP, TlAs, TlSb, PbS, PbSe, PbTe, 이들의 합금 및/또는 3원 및 4원 혼합물을 포함하는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0065] 반도체 나노결정의 형태의 예는, 구, 막대, 디스크, 다른 형태 또는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0066] 바람직하게는, 반도체 나노결정은 제2 반도체 물질의 오버코팅 또는 "쉘"에 의해 둘러싸일 수 있는 하나 이상의 제1 반도체 물질의 "코어"를 포함한다. 반도체 쉘에 의해 둘러싸이는 반도체 나노결정 코어는 또한 "코어/쉘" 반도체 나노결정이라 불린다.

[0067] 예를 들면, 반도체 나노결정은 M이 카드뮴, 아연, 마그네슘, 수은, 알루미늄, 갈륨, 인듐, 탈륨, 또는 이들의 혼합물이고, X가 산소, 황, 셀레늄, 텔루륨, 질소, 인, 비소, 안티몬, 또는 이들의 혼합물인 화학식 MX를 갖는 코어를 포함할 수 있다. 반도체 나노결정 코어로써 사용하기에 적합한 물질의 예는 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, MgTe, GaAs, GaP, GaSb, GaN, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InP, InSb, InN, AlAs, AlP, AlSb, AlS, PbS, PbSe, Ge, Si, 이들의 합금 및/또는 3원 및 4원 혼합물을 포함하는 이들의 혼합물을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0068] 쉘은 코어의 조성과 동일 또는 상이한 조성을 갖는 반도체 물질일 수 있다. 코어 반도체 나노결정의 표면에 반도체 물질의 오버코팅을 포함하는 쉘은 II-VI족 화합물, II-V족 화합물, III-V족 화합물, III-V족 화합물, IV-VI족 화합물, I-III-VI족 화합물, II-IV-VI족 화합물, 및 II-IV-V족 화합물, 예를 들면, ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, MgS, MgSe, GaAs, GaN, GaP, GaSe, GaSb, HgO, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InN,

InP, InSb, AlAs, AlN, AlP, AlSb, TiN, TiP, TiAs, TiSb, PbO, PbS, PbSe, PbTe, 이들의 합금 및/또는 3원 및 4원 혼합물을 포함하는 이들의 혼합물을 포함할 수 있다. 예를 들면, ZnS, ZnSe 또는 CdS 오버코팅은 CdSe 또는 CdTe 반도체 나노결정 상에서 자랄 수 있다. 오버코팅 공정은, 예를 들면, 미국 특허 제6,322,901호에 기재되었다. 오버코팅 동안 반응 혼합물의 온도를 조절하고, 코어의 흡수 스펙트럼을 모니터링하여, 고발광 양자 효율 및 좁은 크기 분포를 갖는 오버코팅된 물질을 얻을 수 있다. 오버코팅은 하나 이상의 층을 포함할 수 있다. 오버코팅은 코어의 조성과 동일 또는 상이한 하나 이상의 반도체 물질을 포함한다. 바람직하게는, 오버코팅은 약 1 내지 약 10 모노층의 두께를 갖는다.

[0069] 하나의 실시태양에서, 둘러싸는 "쉘" 물질은 코어 물질의 밴드갭보다 더 큰 밴드갭을 가질 수 있고, "코어" 기판의 그것에 근접한 원자 간격을 갖도록 선택될 수 있다. 다른 실시태양에 있어서, 둘러싸는 쉘 물질은 코어 물질의 밴드갭보다 작은 밴드갭을 가질 수 있다. 추가의 실시태양에 있어서, 쉘 및 코어 물질은 동일한 결정 구조를 가질 수 있다.

[0070] 반도체 나노결정 (코어)쉘 물질의 예는, 적색 (예를 들면, (CdSe)ZnS (코어)쉘), 녹색 (예를 들면, (CdZnSe)CdZnS (코어)쉘, 등) 및 청색 (예를 들면, (CdS)CdZnS (코어)쉘)을 포함하지만 이에 제한되지 않는다.

[0071] 코어/쉘 반도체 구조의 추가 예로, 본원에서 전체가 참고문헌으로 도입된, "반도체 나노결정 혼합구조"를 명칭으로 하고, 2003년 8월 12일에 출원된, 미국 출원 제10/638,546호를 참조한다.

[0072] 반도체 나노결정의 제조 및 조작은, 예를 들면, 전체가 본원에서 참고문헌으로 도입된 미국 특허 제6,322,901호 및 제6,576,291호, 및 미국 특허출원 번호 제60/550,314호에 기재되었다. 반도체 나노결정을 제조하는 하나의 방법은 콜로이드 성장 방법이다. 콜로이드 성장은 M 공여체 및 X 공여체를 뜨거운 배위 용매에 주입함으로써 일어난다. 단분산 반도체 나노결정을 제조하는 바람직한 방법의 한 예는 뜨거운 배위 용매에 주입된 유기금속 시약, 예를 들어, 디메틸 카드뮴의 열분해를 포함한다. 이것은 불연속적인 핵 생성을 가능하게 하고, 반도체 나노결정의 거시적인 양의 조절된 성장을 초래한다. 주입은, 조절된 방식으로 성장하여 반도체 나노결정을 형성할 수 있는 핵을 제조한다. 반응 혼합물은 약하게 가열하여 반도체 나노결정을 성장시키고 어닐링시킬 수 있다. 샘플 중 반도체 나노결정의 평균 크기 및 크기 분포 모두는 성장 온도에 의존한다. 지속적인 성장을 유지하는데 필요한 성장 온도가 증가함에 따라 평균 결정 크기가 증가한다. 반도체 나노결정은 반도체 나노결정 집단의 한 구성원이다. 불연속적인 핵 생성 및 조절된 성장의 결과로, 얻어진 반도체 나노결정의 집단은 좁은, 단분산 분포의 직경을 갖는다. 직경의 단분산 분포는 또한 크기로 불리울 수 있다. 바람직하게는, 입자의 단분산 집단은 집단 내 입자의 60% 이상이 명시된 입자 크기 범위 내에 속하는 입자의 집단을 포함한다. 단분산 입자의 집단은 바람직하게는 직경에서 15% rms (제곱 평균 실효값) 미만 및 더욱 바람직하게는 10% rms 미만 및 가장 바람직하게는 5% 미만 편차가 생긴다.

[0073] 반도체 나노결정의 좁은 크기 분포는 발광의 가능성을 좁은 스펙트럼의 너비에서 허용한다. 단분산 반도체 나노결정은 전체가 참고문헌으로 본원에 도입된 문헌[Murray et al. (J. Am. Chem. Soc, 115:8706 (1993))]; 크리스토퍼 머레이(Christopher Murray)의 논문인 문헌["Synthesis and Characterization of H-VI 양자 Dots and Their Assembly into 3-D 양자 Dot Superlattices", Massachusetts Institute of Technology, September, 1995]; 및 "고 발광 색 선택성 물질"을 명칭으로 하는 미국 특허출원 번호 제08/969,302호에 자세히 기재되었다.

[0074] 핵 생성 후의 배위 용매 내에서의 반도체 나노결정의 조절된 성장 및 어닐링 공정은 또한 균일한 표면 편차 및 규칙적인 코어 구조를 초래할 수 있다. 크기 분포가 뾰족해질수록, 온도는 지속적인 성장을 유지하도록 상승시킬 수 있다. 더 많은 M 공여체 또는 X 공여체를 첨가함으로써, 성장 기간이 단축될 수 있다. M 공여체는 무기 화합물, 유기금속 화합물, 금속 원소일 수 있다. M은 카드뮴, 아연, 마그네슘, 수은, 알루미늄, 갈륨, 인듐 또는 탈륨이다. X 공여체는 M 공여체와 반응하여 일반식 MX의 물질을 형성할 수 있는 화합물이다. X 공여체는 칼코게니드 공여체 또는 프닉티드 공여체, 예를 들면, 포스핀 칼코게니드, 비스(실릴) 칼코게니드, 디옥시겐, 암모늄염, 또는 트리스(실릴) 프닉티드일 수 있다. 적합한 X 공여체는 디옥시겐, 비스(트리메틸실릴) 셀레니드 ((TMS)₂Se), 트리알킬 포스핀 셀레니드, 예를 들면, (트리-n-옥틸포스핀) 셀레니드 (TOPSe) 또는 (트리-n-부틸 포스핀) 셀레니드 (TBPSe), 트리알킬 포스핀 텔루리드, 예를 들면, (트리-n-옥틸포스핀) 텔루리드 (TOPTe) 또는 헥사프로필인트리아미드 텔루리드 (HPPTTe), 비스(트리메틸실릴) 텔루리드 ((TMS)₂Te), 비스(트리메틸실릴) 술피드 ((TMS)₂S), 트리알킬 포스핀 술피드, 예를 들면, (트리-n-옥틸포스핀) 술피드 (TOPS), 암모늄염, 예를 들면 암모늄 할라이드 (예를 들면, NH₄Cl), 트리스(트리메틸실릴) 포스피드 ((TMS)₃P), 트리스(트리메틸실릴) 아르세

니드 ((TMS)₃As), 또는 트리스(트리메틸실릴) 안티모니드 ((TMS)₃Sb)를 포함한다. 특정 실시태양에서, M 공여체 및 X 공여체는 동일한 문자 내의 잔기일 수 있다.

[0075] 배위 용매는 반도체 나노결정 성장의 조절을 도울 수 있다. 배위 용매는, 예를 들면, 성장하는 반도체 나노결정의 표면에 배위결합 할 수 있는 고립 전자쌍을 갖는 공여체 고립쌍을 갖는 화합물이다. 용매 배위는 성장하는 반도체 나노결정을 안정화시킬 수 있다. 배위 용매의 예는 알킬 포스핀, 알킬 포스핀 산화물, 알킬 포스핀 산, 또는 알킬 포스핀산을 포함하지만, 다른 배위 용매, 예를 들면, 피리딘, 푸란 및 아민도 또한 반도체 나노결정 제조에 있어서 적합할 수 있다. 적합한 배위 용매의 예는 피리딘, 트리-n-옥틸 포스핀 (TOP), 트리-n-옥틸 포스핀 산화물 (TOPO) 및 트리스히드록실프로필포스핀 (tHPP)를 포함한다. 기술적인 등급의 TOPO가 사용될 수 있다.

[0076] 반응의 성장 단계 동안의 크기 분포는 입자의 흡광 또는 발광 너비를 모니터링하여 평가할 수 있다. 입자의 흡광 스펙트럼 내의 변화에 대응하는 반응 온도의 변이는 성장 동안의 날카로운 입자 크기 분포의 유지를 가능하게 한다. 반응물은 결정 성장 동안 핵 생성 용액에 첨가되어 더 큰 결정으로 성장할 수 있다. 예를 들면, CdSe 및 CdTe에 있어서, 특정 반도체 나노결정 평균 직경에서의 성장의 정지 및 반도체 물질의 적합한 조성의 선택에 의해 반도체 나노결정의 발광 스펙트럼은 300 nm 내지 5 미크론, 또는 400 nm 내지 800 nm의 파장 범위에 걸쳐 연속적으로 조정될 수 있다.

[0077] 반도체 나노결정의 입자 크기 분포는 반도체 나노결정에 대해 열약한 용매 예를 들어, 미국 특허 제6,322,901호에 기술된 메탄올/부탄올을 이용한 크기 선택적인 침전에 의해 추가로 정제될 수 있다. 예를 들면, 반도체 나노결정은 헥산 중 10% 부탄올의 용액 중에 분산될 수 있다. 메탄올은 유백광이 존속할 때까지 이 교반 용액에 적가시킬 수 있다. 원심분리에 의한 상청액 및 응집괴의 분리는 샘플 중의 가장 큰 결정체가 풍부한 침전물을 생성시킨다. 이 절차는 광학적 흡광 스펙트럼이 추가적으로 뾰족하게 되는 것이 인식되지 않을 때까지 반복될 수 있다. 크기-선택적 침전은 피리딘/헥산 및 클로로포름/메탄올을 포함하는 다양한 용매/비용매쌍에서 수행할 수 있다. 크기-선택된 반도체 나노결정 집단은, 바람직하게는 평균 직경으로부터 15% rms 이하, 더욱 바람직하게는 10% rms 이하, 및 가장 바람직하게는 5% rms 이하의 편차를 갖는다.

[0078] 본원에서 논의한 바와 같이, 반도체 나노결정은 바람직하게는 거기에 붙은 리간드를 갖는다.

[0079] 하나의 실시태양에 있어서, 리간드는 성장 공정 도중 사용된 배위 용매로부터 유도된다. 표면은 경쟁하는 과량의 배위기에 대한 반복적 노출에 의해 변형되어 오버층을 형성할 수 있다. 예를 들면, 캡핑된 (capped) 반도체 나노결정의 분산액을 배위 유기 화합물, 예를 들면 피리딘으로 처리하여, 피리딘, 메탄올 및 방향족에는 용이하게 분산되지만 지방족 용매에는 더 이상 분산되지 않는 결정체를 제조할 수 있다. 상기 표면 교환 공정은, 예를 들면, 포스핀, 티올, 아민 및 포스페이트를 포함하는 반도체 나노결정의 외부 표면과 배위 결합하거나 결합할 수 있는 임의의 화합물로 수행할 수 있다. 반도체 나노결정은 표면에 대해 친화성을 나타내고 혼탁 또는 분산 매질에 대해 친화성을 갖는 잔기로 종결되는 짧은 쇄 중합체에 노출될 수 있다. 상기 친화성은 혼탁액의 안정성을 증진시키고, 반도체 나노결정의 응집을 방해한다.

[0080] 유기 리간드는 소자 내에서의 고도로 안정한 무기 나노결정의 넓은 면적의, 비-에피택셜(non-epitaxial) 침착을 용이하게 하는데 유용할 수 있다.

[0081] 더욱 구체적으로, 배위 리간드는 하기의 식을 가질 수 있다:

[0082] $(Y-)^{k-n}-(X)-(-L)_n$

[0083] 여기서, k는 2, 3 또는 5이고, n은 k-n이 0 미만이 아니게 하는 1, 2, 3, 4 또는 5이고; X는 O, S, S=O, SO₂, Se, Se=O, N, N=O, P, P=O, As 또는 As=O이고; Y 및 L의 각각은 독립적으로 아릴, 헤테로아릴, 또는 하나 이상의 이중 결합, 하나 이상의 삼중 결합, 또는 하나 이상 이중 결합 및 하나의 삼중 결합을 임의로 함유하는 쇄 또는 분쇄 C₂-12 탄화수소 쇄이다. 탄화수소 쇄는 하나 이상의 C₁-4 알킬, C₂-4 알케닐, C₂-4 알키닐, C₁-4 알콕시, 헤드록실, 할로, 아미노, 니트로, 시아노, C₃-5 시클로알킬, 3-5원 헤테로시클로알킬, 아릴, 헤테로아릴, C₁-4 알킬카르보닐옥시, C₁-4 알킬옥시카르보닐, C₁-4 알킬카르보닐, 또는 포르밀로 임의로 치환할 수 있다. 탄화수소 쇄에는 또한 임의로 -O-, -S-, -N(Ra)-, -N(Ra)-C(O)-O-, -O-C(O)-N(Ra)-, -N(Ra)-C(O)-N(Rb)-, -O-C(O)-O-, -P(Ra)-, 또는 -P(O)(Ra)-가 끼어들 수 있다. Ra 및 Rb 각각은 독립적으로 수소, 알킬, 알케닐, 알키닐, 알콕시, 헤드록실알킬, 헤드록실, 또는 할로알킬이다. 아릴기는 치환된 또는 비치환된 시클릭 방향족기이다. 예는 페닐, 벤질, 나프틸, 톨릴, 안트라실, 니트로페닐, 또는 할로페닐을 포함한다. 헤테로아릴기는 하

나 이상 헤테로원자를 고리 내에 갖는 아릴기, 예를 들면, 푸릴, 피리딜, 피롤릴, 폐난트릴이다.

[0084] 적합한 배위 리간드는 상업적으로 판매하거나, 예를 들면, 전체가 본원에 도입된 문헌[J. March, Advanced Organic Chemistry]에 기재된 바와 같은 보통의 유기 합성 기술에 의해 제조될 수 있다.

[0085] 또한 전체가 참고문헌으로 본원에 도입된, "안정화된 반도체 나노결정을 명칭으로 하는, 2003년 8월 15일에 출원된, 미국 특허출원 번호 제10/641,292호를 참조한다.

[0086] 반도체 나노결정에 전자 및 정공이 모일 때, 발광 파장에서 발광이 일어날 수 있다. 발광은 양자 구속된 반도체 물질의 밴드갭에 상응하는 주파수를 갖는다. 밴드갭은 반도체 나노결정의 크기의 함수이다. 작은 직경을 갖는 반도체 나노결정은 분자 및 물질의 벌크 형태 중간의 특성을 가질 수 있다. 예를 들면, 작은 직경을 갖는 반도체 물질에 기초한 반도체 나노결정은 모든 3차원 공간 내에서 전자 및 정공 모두가 양자 구속을 보일 수 있고, 이것은 결정체 크기가 감소함에 따라 물질의 유효 밴드갭의 증가를 가져온다. 결과적으로, 반도체 나노결정의 광학 흡광 및 발광 모두는 결정체의 크기가 감소할 때, 청색으로 또는 더 높은 에너지로 이동한다.

[0087] 반도체 나노결정으로부터의 발광은 반도체 나노결정의 크기, 반도체 나노결정의 조성 또는 이 둘을 모두 변화시킴으로써 스펙트럼의 자외선, 가시광선, 또는 적외선 영역의 완전한 파장 범위를 통해 조절할 수 있는 좁은 가우시안 (Gaussian) 발광 밴드일 수 있다. 예를 들면, CdSe는 가시광선 영역 내에서 조절될 수 있고, InAs는 적외선 영역에서 조절될 수 있다. 반도체 나노결정의 집단의 좁은 크기 분포는 좁은 스펙트럼 범위 내에서의 발광을 야기할 수 있다. 상기 집단은 단분산 바람직하게는 반도체 나노결정의 직경에서 15% rms (제곱 평균 실효값) 미만의 편차, 더욱 바람직하게는 10% 미만, 가장 바람직하게는 5% 미만을 보일 수 있다. 가시광선에서 발광하는 반도체 나노결정의 경우 약 75 nm 이하, 바람직하게는 60 nm, 더욱 바람직하게는 40 nm, 및 가장 바람직하게는 30 nm 반치폭(full width at half max (FWHM))의 좁은 범위에서의 발광 스펙트럼을 관찰할 수 있다. IR-발광 반도체 나노결정은 150 nm 이하, 또는 100 nm이하의 FWHM를 가질 수 있다. 발광 에너지의 관점에서 표현하면, 발광은 0.05 eV 이하 또는 0.03 eV 이하의 FWHM를 가질 수 있다. 발광의 폭은 반도체 나노결정 직경의 분산도가 감소할 때 감소한다. 반도체 나노결정은 예를 들면, 10%, 20%, 30%, 40%, 50%, 60%, 70%, 또는 80% 초과의 고발광 양자 효율을 가질 수 있다.

[0088] 반도체 나노결정의 좁은 FWHM은 포화 색 발광을 초래할 수 있다. 반도체 나노결정 발광 소자 내에서 광자가 적외선 및 UV 발광으로 손실되지 않기 때문에, 이것은 가시광선 스펙트럼의 적색 및 청색 부분 중에서도 효율적인 조명 소자를 가져올 수 있다. 넓게 조정 가능한, 단일 물질계의 전체 가시광선 스펙트럼에 걸친 포화 색 발광은 임의의 등급의 유기 발색단(예를 들면, 본원에서 전체가 참고문헌으로 도입하고 있는 문헌[Dabbousi et al., J. Phys. Chem. 101, 9463 (1997)]를 참조)과 맞지 않는다. 반도체 나노결정의 단분산 집단은 좁은 파장 범위에 걸쳐 발광할 것이다. 반도체 나노결정의 하나 초파의 크기를 포함하는 소자는 하나 초파의 좁은 파장 범위에서 발광할 수 있다. 관찰자에 의해 지각된 발광의 색은 상대적인 서브픽셀 전류뿐만 아니라 소자내에서의 반도체 나노결정의 크기 및 물질의 적절한 조합을 선택하여 조절할 수 있다. 반도체 나노결정의 밴드 엣지 에너지 (band edge energy) 레벨의 축퇴는 직접적인 전하 주입 또는 에너지 전달에 의해 발생되었든간에 모든 가능한 여기의 포획 및 방사성 재결합을 용이하게 한다. 따라서 이론적인 반도체 나노결정 조명 소자의 최대 효율성은 인광 유기 발광 소자의 단위 효율성에 견줄만하다. 반도체 나노결정의 여기 상태 수명 (τ)은 반도체 나노결정 조명 소자가 고전류 밀도 및 고회도에서도 효율적으로 작동할 수 있게 하는 전형적인 인광체 ($\tau > 0.1 \mu s$)보다 훨씬 더 짧다 ($\tau \sim 10 \text{ ns}$).

[0089] 투과 전자 현미경 (TEM)은 반도체 나노결정 집단의 크기, 형태, 및 분포에 대한 정보를 제공할 수 있다. 분말 X-선 회절 (XRD) 패턴은 반도체 나노결정의 결정 구조의 유형 및 품질에 관한 가장 완벽한 정보를 제공할 수 있다. 입자 직경이 X-선 간섭 길이를 통해, 피크 너비에 대해 반비례 관계이므로 크기의 평가가 또한 가능하다. 예를 들면, 반도체 나노결정의 직경은 투과 전자 현미경에 의해 직접적으로 측정되거나 예를 들면, 셀러식 (Scherrer equation)을 사용하여 X-선 회절 데이터로부터 평가될 수 있다. 이것은 또한 UV/Vis 흡광 스펙트럼으로부터 평가될 수 있다.

[0090] 상기에서 논의한 바와 같이, 반도체 나노결정은 정공 수송층에 포함될 수 있다. 다르게는, 반도체 나노결정은 전자 수송층에 포함될 수 있다. 정공 수송층 및/또는 전자 수송층 내에 포함될 때, 예를 들면 반도체 나노결정은 층의 물질 내에 포함될 수 있다. 다르게는, 반도체 나노결정은 두 정공 수송층 사이에 및/또는 두 전자 수송층 사이에 하나 이상의 분리층으로 포함될 수 있다. 상기의 경우에서, 각 전하 수송층은 추가로 하나 이상의 층을 포함할 수 있다. 다른 실시태양에 있어서, 반도체 나노결정은 정공 수송층 및 전자 수송층 사이에 배치된 하나 이상의 분리 발광층으로 배치될 수 있다. 다르게는, 반도체 나노결정은 소자의 임의의 두개의 다른 층 사

이에 배치될 수 있다. 상기에서 논의한 바와 같이, 다른 층이 전자 수송층 및 정공 수송층 사이에 포함될 수 있다. 소자 내에 분리층으로써 포함될 때, 예를 들면, 반도체 나노결정은 연속적인 또는 실질적으로 연속적인 박막 또는 얇은 층으로써 배치될 수 있다. 분리층으로써 배치될 때, 층은 패턴화되거나 또는 패턴화되지 않을 수 있다. 바람직하게는, 소자 내에 포함된 반도체 나노결정은 반도체 나노결정의 실질적으로 단분산인 집단을 포함한다.

[0091] 특정 실시태양에서, 반도체 나노결정은 모노층 두께로 소자 내에 포함된다. 발광 소자에 있어서, 모노층은 전기적인 성능에 미치는 영향을 최소화하면서 반도체 나노결정의 유리한 발광 특성을 제공할 수 있다. 그러나 다르게는, 반도체 나노결정을 포함하는 더 두꺼운 층이 포함될 수 있다.

[0092] 특정 실시태양에서, 반도체 나노결정은 복수개의 모노층의 두께 또는 그 미만으로 증착된다. 예를 들면, 두께는 셋 초과의 모노층, 셋 이하의 모노층, 둘 이하의 모노층, 1개의 모노층, 부분 모노층일 수 있다. 반도체 나노결정의 각 증착된 층의 두께는 다양할 수 있다. 바람직하게는, 증착된 반도체 나노결정의 임의의 지점에서의 두께의 변동은 셋 미만의 모노층, 더욱 바람직하게는 둘 미만의 모노층, 및 가장 바람직하게는 하나 미만의 모노층이다. 1개의 모노층으로써 증착될 때, 바람직하게는 반도체 나노결정의 약 60% 이상이 1개의 모노층 두께이고, 더욱 바람직하게는, 반도체 나노결정의 약 80% 이상이 1개의 모노층 두께이고, 가장 바람직하게는, 반도체 나노결정의 약 90% 이상이 1개의 모노층 두께이다. 본원에서 논의된 바와 같이, 반도체 나노결정은 패턴화되거나 또는 패턴화되지 않은 배열로 임의로 증착될 수 있다.

[0093] 반도체 나노결정은 반도체 나노결정의 크기 및 조성으로 조절 가능한 전자 및 광학 특성을 갖는 복잡한 헤테로구조를 형성하는 일반적인 화학적 접근법을 고안하는데 사용할 수 있는 강한 양자 구속 효과를 보인다.

[0094] 반도체 나노결정을 포함하는 발광 소자는 상 분리를 통해 반도체 나노결정 층 밑에 HTL을 형성하는 HTL 유기 반도체 분자 및 반도체 나노결정을 함유하는 용액을 스피ن-캐스팅 (예를 들면, 모두가 2003년 3월 28일에 출원되고, 전체가 참고문헌으로 도입된, 미국 특허출원 번호 제10/400,907호 및 제10/400,908호를 참조)하여 만들어질 수 있다. 특정 실시태양에서, 상기 상 분리 기술은 유기 반도체 HTL 및 ETL 사이에 반도체 나노결정의 모노층을 위치시키는데 사용할 수 있는데, 이에 의해 전기적인 성능에 미치는 영향을 최소화하면서 반도체 나노결정의 유리한 발광 특성을 효율적으로 이용할 수 있다. 반도체 나노결정을 증착하는 다른 기술은 랭미어-블라짓(Langmuir-Blodgett) 기술 및 드롭-캐스팅을 포함한다. 반도체 나노결정을 증착하는 몇가지 기술은 모든 가능한 기판 물질에 대해 잘 맞지 않을 수 있고, 층의 전기적 또는 광학적인 특성에 영향줄 수 있는 화학물질의 사용을 포함할 수 있고, 까다로운 조건을 기판에 가할 수 있고, 및/또는 몇 가지 방식으로 성장할 수 있는 소자의 유형에 제한을 가할 수 있다. 반도체 나노결정의 패턴화된 층이 요구된다면, 하기에서 논의한 다른 기술들이 바람직할 수 있다.

[0095] 바람직하게는, 반도체 나노결정은 조절된 (무산소 및 무습윤) 환경에서 가공처리되어, 제조공정 동안 발광 효율의 켄칭을 막는다.

[0096] 특정 실시태양에서, 반도체 나노결정은 패턴화된 배열로 증착될 수 있다. 패턴화된 반도체 나노결정은, 예를 들면, 적색, 녹색, 및 청색 또는 다르게는, 적색, 황색, 녹색, 청녹색 및/또는 청색 발광, 또는 미리 결정된 파장의 광을 생성하도록 에너지화되는 구별가능한 색을 발광하는 서브픽셀의 기타 조합을 포함하는 픽셀의 어레이를 형성하는데 사용할 수 있다.

[0097] 한 패턴으로 및/또는 멀티-컬러 패턴으로 또는 다른 어레이로 반도체 나노결정을 포함하는 발광 물질을 증착하는 바람직한 기술은 접촉 인쇄이다. 접촉 인쇄는 바람직하게는 표면상에 미크론 크기 (예를 들면, 1 mm 미만, 500 미크론 미만, 200 미크론 미만, 100 미크론 미만, 50 미크론 미만, 25 미크론 미만, 또는 10 미크론 미만)의 모양의 패턴화를 가능하게 한다. 패턴 모양은, 예를 들어 1 mm 이상, 1 cm 이상, 1 m 이상, 10 m 이상의 더 큰 크기로도 또한 적용이 가능하다. 접촉 인쇄는 표면에 패턴화된 반도체 나노결정 층의 건조 (예를 들면, 무액체 또는 실질적으로 무액체) 적용을 가능하게 할 수 있다. 픽셀화된 소자 내에서, 반도체 나노결정 층은 저면층상의 반도체 나노결정의 패턴화된 어레이를 포함한다. 픽셀이 서브픽셀을 포함하는 경우, 서브픽셀의 크기는 서브픽셀의 수에 기초하여 픽셀 크기의 비율일 수 있다.

[0098] 반도체 나노결정을 증착하는 추가의 정보 및 방법은 각각이 전체가 본원에 참고문헌으로 도입된, "패턴화된 물질을 전이하는 방법 및 시스템"을 명칭으로 하는, 2005년 10월 21일에 출원된 미국 특허출원 번호 제11/253,612호 및 "반도체 나노결정을 포함하는 발광 소자"을 명칭으로 하는, 2005년 10월 21일에 출원된 미국 특허출원 번호 제11/253,595호에 기재되었다.

- [0099] 본 발명에 유용할 수 있는 다른 기술, 방법 및 적용은 2006년 4월 14일에 출원된 세스 코-설리반 등(Seth Coe-Sullivan, et al.)의 미국 가특허출원 제60/792,170호 ["Composition Including Material, Methods Of Depositing Material, Articles Including Same And Systems For Depositing Material"]; 2006년 4월 14일에 출원된 마리아 제이. 앙크(Maria J. Anc)의 미국 가특허출원 제792,084호 ["Methods Of Depositing Material, Methods Of Making A Device, And System"], 2006년 4월 14일 출원된 말샬 콕스 등(Marshall Cox, et al.)의 미국 가특허출원 제60/792,086호 ["Methods Of Depositing Nanomaterial & Methods Of Making A Device"]; 2006년 4월 14일 출원된 세스 코-설리반 등의 미국 가특허출원 제60/792,167호 ["Articles For Depositing Materials, Transfer Surfaces, And Methods"], 2006년 4월 14일 출원된 리안 킴 등(LeeAnn Kim et al.)의 미국 가특허출원 제60/792,083호 ["Applicator For Depositing Materials And Methods"]; 2006년 4월 21일 출원된 리안 킴 등(LeeAnn Kim et al.)의 미국 가특허출원 제60/793,990호 ["Applicator For Depositing Materials And Methods"]; 및 2006년 4월 7일에 출원된 세스 코-설리반 등의 미국 가특허출원 제60/790,393호 ["Methods And Articles Including Nanomaterial"]에 기재되었다. 상기에 열거된 가특허출원은 본원에서 전체가 참고문헌으로 도입되었다.
- [0100] 다른 멀티층 구조는 임의로 본 발명의 발광 소자 및 디스플레이의 성능을 증진시키는데 사용될 수 있다. (예를 들면, 각각이 전체가 본원에서 참고문헌으로 도입된, 2003년 3월 28일에 출원된 미국 특허출원 번호 제10/400,907호 및 제10/400,908호를 참조)
- [0101] 발광 소자의 성능은 그들의 효율을 증가시키고, 그들의 발광 스펙트럼을 좁히거나 넓히거나, 또는 그들의 발광을 극성화함으로써 증진시킬 수 있다. 예를 들면, 각각이 전체가 참고문헌으로 도입된 문헌[Bulovic et al., Semiconductors and Semimetals 64, 255 (2000)], 문헌[Adachi et al., Appl. Phys. Lett. 78, 1622 (2001)], 문헌[Yamasaki et al., Appl. Phys. Lett. 76, 1243 (2000)], 문헌[Dirr et al., Jpn. J. Appl. Phys. 37, 1457 (1998)], 및 문헌[D'Andrade et al., MRS Fall Meeting, BB6.2 (2001)]을 참조한다. 반도체 나노결정은 효율적인 하이브리드 유기/무기 발광 소자 내에 포함될 수 있다.
- [0102] 제조될 수 있는 반도체 나노결정 물질의 다양성, 및 반도체 나노결정 조성, 구조, 및 크기를 통한 파장 조절 때문에, 미리 결정된 색의 광을 발광하는 소자는 발광성 물질로 반도체 나노결정을 사용하는 것이 가능하다. 반도체 나노결정 발광 소자는 스펙트럼 내의 어디에서 발광하도록 조절될 수 있다.
- [0103] 가시 또는 비가시 (예를 들면, IR) 광을 발광하는 발광 소자가 제조될 수 있다. 반도체 나노결정의 크기 및 물질은 반도체 나노결정이 미리 결정된 파장을 가진 광을 발광하도록 선택될 수 있다. 광 발광은 스펙트럼의 임의의 영역, 예를 들면, 가시광선, 적외선 등에서의 미리 결정된 파장일 수 있고, 예를 들면, 파장은 300 및 2,500 nm 이상일 수 있고, 예를 들면 300 및 400 nm 사이, 400 및 700 nm 사이, 700 및 1100 nm 사이, 1100 및 2500 nm 사이, 또는 2500 nm 초과일 수 있다.
- [0104] 개개의 발광 소자가 형성될 수 있다. 다른 실시태양에 있어서, 다수의 개별 발광 소자가 단일 기판 상의 복수 개의 위치에서 형성되어 디스플레이를 형성할 수 있다. 디스플레이는 동일 또는 상이한 파장에서 발광하는 소자를 포함할 수 있다. 상이한 색을 발광하는 반도체 나노결정의 어레이를 갖도록 기판을 패턴화함으로써, 상이한 색의 픽셀을 포함하는 디스플레이가 형성될 수 있다.
- [0105] 디스플레이의 개개의 발광 소자 또는 하나 이상의 발광 소자는 백색광을 생성하도록 배합된 상이한 색을 발광하는 반도체 나노결정의 혼합물을 임의로 포함할 수 있다. 백색광은 다르게는 적색, 녹색, 청색, 및 임의로 추가의 픽셀을 포함하는 소자로부터 생성될 수 있다.
- [0106] 다른 디스플레이의 예는 2006년 2월 9일에 출원된 세스 코-설리반 등의 미국 특허출원 제60/771,643호 ["Displays Including Semiconductor Nanocrystals And Methods Of Making Same"]에 포함되었고, 이것의 전체가 본원에 참고문헌으로 도입되었다.
- [0107] 본 발명의 다른 실시태양에 있어서, 소자는 광검출기일 수 있다. 광검출기에 있어서, 반도체 나노결정은, 예를 들면, IR, MIR, 또는 스펙트럼의 다른 영역 내의 특정 파장의 흡광시 미리 결정된 전기적인 반응을 생성하도록 설계될 수 있다. 반도체 나노결정을 포함하는 광검출기 소자의 예는 알렉시 코스모스 아랑고(Alexi Cosmos Arango)에 의한 문헌 ["A Quantum Dot Heterojunction Photodetector", Submitted to the Department of Electrical Engineering and Computer Science, in partial fulfillment of the requirements for the degree of Masters of Science in Computer Science and Engineering at the Massachusetts Institute of Technology, February 2005]에 기재되었고, 이것의 전체가 본원에 참고문헌으로 도입되었다. 광검출기는 추가

로 정공 수송층 및/또는 전자 수송층을 포함한다. 본 발명에 따라, 도평된 유기 물질은 광검출기의 층에 포함될 수 있다. 특정 실시태양에서, 광검출기 소자의 전하 수송층들 중 하나 또는 둘 모두가 도평된 유기 물질을 포함할 수 있다. 임의로, 도평된 유기 물질을 포함하는 하나 이상의 부가층이 광검출기 소자 내에 포함될 수 있다. 반도체 나노결정 및 도평된 유기 물질을 포함하는 층을 포함하는 하나 이상의 광검출기가 영상 소자, 예를 들어 초다중스펙트럼 (hyperspectral) 영상 소자에 추가로 포함될 수 있다. 예를 들면, 전체가 본원에 참고문헌으로 도입된, 2006년 3월 24일에 출원된, 코-셀리반 등의 미국 출원 제60/785,786호 "Hyperspectral Imaging Device"를 참조한다.

[0108] 반도체 나노결정에 관련된 추가적인 정보 및 그들의 용도에 대해서는 또한, 2004년 10월 22일에 출원된 미국 특허출원 제60/620,967호 및 2005년 1월 11일에 출원된 제11/032,163호, 2005년 3월 4일에 출원된 미국 특허출원 제11/071,244호를 참조한다. 상기 특허출원 각각은 전체가 본원에서 참고문헌으로 도입되었다.

[0109] 상기 및 전체에 언급된 특허 및 간행물 모두는 전체가 본원에 참고문헌으로 도입되었다.

[0110] 본 발명의 다른 실시태양은 본원에 기재된 본 발명의 명세서 및 본 발명의 실시를 고려하면 당업자에게 명백할 것이다. 본 발명의 명세서 및 실시에는 단지 예로서 간주되어야 하며 발명의 진정한 범위 및 본질은 하기의 청구항 및 그것의 등가물에 의해 나타내어지도록 의도되었다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도면:

[0009] 도 1은 발광 소자를 도시하는 개략도이다.

[0010] 첨부된 도면은 오로지 설명의 목적을 위해 제시된 간략화한 대표 도면이고; 실제 구조는, 예를 들면, 상대적 크기 등을 포함하는 여러 관점에서 상이할 수 있다.

[0011] 본 발명의 장점 및 성능과 함께 본 발명을 더 잘 이해하기 위해서는, 상술한 도면과 관련한 하기의 기재 및 첨부된 청구항을 참조할 수 있다.

도면

도면1

