



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년06월28일

(11) 등록번호 10-2679768

(24) 등록일자 2024년06월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09K 11/02 (2006.01) C08G 65/332 (2006.01)

C08G 65/333 (2006.01) C08K 3/32 (2006.01)

C09K 11/70 (2006.01) C09K 11/88 (2006.01)

B82Y 20/00 (2017.01) B82Y 40/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

C09K 11/02 (2013.01)

C08G 65/3324 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-7007541

(22) 출원일자(국제) 2018년08월16일

심사청구일자 2021년08월10일

(85) 번역문제출일자 2020년03월13일

(65) 공개번호 10-2020-0041937

(43) 공개일자 2020년04월22일

(86) 국제출원번호 PCT/US2018/000232

(87) 국제공개번호 WO 2019/035957

국제공개일자 2019년02월21일

(30) 우선권주장

62/546,342 2017년08월16일 미국(US)

62/694,652 2018년07월06일 미국(US)

(56) 선행기술조사문헌

JP2010514649 A*

JP2015511167 A*

KR101058483 B1*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

소에이 가가쿠 교교 가부시키키가이샤

일본국 도쿄도 신주쿠구 니시신주쿠 2초메 1반 1고

(72) 발명자

탄기탈라 라비수바쉬

미국 94555 캘리포니아주 프리몬트 화이트헤드 레인 33933

칸 시하이

미국 95129 캘리포니아주 샌호세 노워크 드라이브 4251 아파트먼트 넘버204

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 17 항

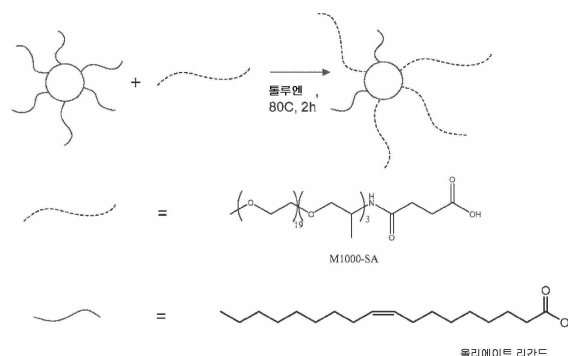
심사관 : 조옥경

(54) 발명의 명칭 분산성이 향상되고 성능이 개선된 PEG계 리간드

(57) 요약

본 개시는 나노구조체 조성물 및 나노구조체 조성물의 제조 방법을 제공한다. 나노구조체 조성물은 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(아킬렌 옥사이드) 리간드, 및 임의로 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다. 본 개시는 또한 나노구조체 층을 포함하는 나노구조체 막 및 나노구조체 막의 제조 방법을 제공한다.

대표도



(52) CPC특허분류

C08G 65/33306 (2013.01)

C08K 3/32 (2013.01)

C09K 11/70 (2013.01)

C09K 11/883 (2013.01)

B82Y 20/00 (2013.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

C08G 2650/56 (2013.01)

(72) 발명자

야마나가 제이

미국 95008 캘리포니아주 캠벨 밸리 포지 웨이 528

호츠 찰스

미국 94901 캘리포니아주 샌 라파엘 어윈 스트리트
205

젠더 도날드

미국 94070 캘리포니아주 샌 카를로스 오렌지 애비
뉴 1398

명세서

청구범위

청구항 1

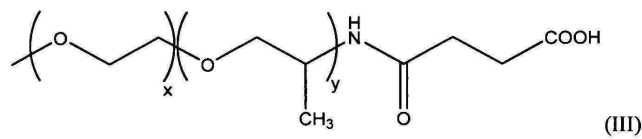
나노구조체 조성물로서,

a. 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

b. 상기 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하고,

상기 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 (FG) 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)를 포함하고,
상기 FG 는 $-C(=O)OH$ 이고,

상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖고:



식에서:

x 는 10 내지 20 이고; 그리고

y 는 1 내지 10 인, 나노구조체 조성물.

청구항 2

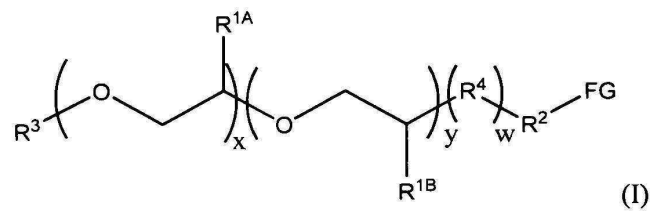
나노구조체 조성물로서,

a. 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

b. 상기 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하고,

상기 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 (FG) 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)를 포함하고,
상기 FG 는 $-C(=O)OH$ 이고,

상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖고:



식에서:

x 는 8 내지 100 이고;

y 는 0 이고;

w 는 1 이고;

R^{1A} 및 R^{1B} 는 H 이고;

R^2 는 $-CH_2-$ 이고;

R^3 은 $-CH_3$ 이고;

R^4 는 -O- 인,

나노구조체 조성물.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 나노구조체는 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택된 코어를 포함하는, 나노구조체 조성물.

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1 항에 있어서,

x는 19 이고 y는 3 인, 나노구조체 조성물.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 상기 나노구조체는 상기 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하고,

적어도 하나의 유기 수지를 더 포함하는, 나노구조체 조성물.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

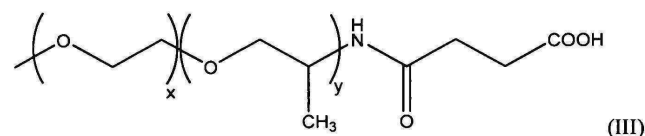
상기 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 30% 내지 약 100%의 상기 나노구조체는 상기 나노구조체에 결합된 상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는, 나노구조체 조성물.

청구항 8

나노구조체 상의 제 1 리간드를 제 2 리간드로 대체하는 방법으로서,

상기 방법은 상기 나노구조체에 비공유적으로 결합된 상기 제 1 리간드 및 상기 제 2 리간드인 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 나노구조체의 집단을 포함하는 반응 혼합물을 혼합하는 단계를 포함하여, 상기 제 2 리간드가 상기 제 1 리간드를 대체하고 상기 나노구조체에 비공유적으로 결합되게 하며, 상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 (FG) 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)를 포함하고, 상기 FG 는 $-C(=O)OH$ 이고,

상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖고:



식에서:

x 는 10 내지 20 이고; 그리고

y 는 1 내지 10 인, 방법.

청구항 9

나노구조체 조성물을 조제하는 방법으로서,

- (a) 제 1 항 또는 제 2 항에 기재된 상기 나노구조체 조성물을 제공하는 단계; 및
- (b) (a) 의 상기 조성물과 적어도 하나의 유기 수지를 혼합하는 단계를 포함하는, 나노구조체 조성물을 조제하는 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택된 코어를 포함하는, 나노구조체 조성물을 조제하는 방법.

청구항 11

삭제

청구항 12

제 9 항에 있어서,

(a)에서의 상기 제공하는 단계는:

- (1) 나노구조체의 집단에 비공유적으로 결합된 제 1 리간드를 상기 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드로 대체하는 단계;
- (2) (1)에서 조제된 상기 나노구조체를 정제하는 단계; 및
- (3) (2)에서의 상기 나노구조체를 반응성 희석제 또는 유기 용매에 분산시키는 단계를 포함하는, 나노구조체 조성물을 조제하는 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

(2)에서의 상기 정제하는 단계는:

- (4) (1)에서 조제된 상기 나노구조체를 비극성 용매에서 침전시키는 단계; 및
- (5) (4)에서의 상기 조성물을 원심 분리하고 상청액을 제거하는 단계를 포함하는, 나노구조체 조성물을 조제하는 방법.

청구항 14

제 1 항에 기재된 나노구조체 조성물로서,

정공 수송 재료, 전자 수송 재료, 가공 첨가제 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 추가 재료를 더 포함하는, 나노구조체 조성물.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 정공 수송 재료는 폴리[(9,9-디옥틸플루오레닐-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민))]인, 나노구조체 조성물.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 적어도 하나의 전자 수송 재료는 ZnMgO인, 나노구조체 조성물.

청구항 17

삭제

청구항 18

제 2 항에 있어서,

x는 8 인, 나노구조체 조성물.

청구항 19

제 2 항에 있어서,

x는 15 인, 나노구조체 조성물.

청구항 20

제 2 항에 있어서,

x는 23 인, 나노구조체 조성물.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

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

청구항 113

삭제

청구항 114

삭제

청구항 115

삭제

청구항 116

삭제

청구항 117

삭제

청구항 118

삭제

청구항 119

삭제

청구항 120

삭제

청구항 121

삭제

청구항 122

삭제

청구항 123

삭제

청구항 124

삭제

청구항 125

삭제

청구항 126

삭제

청구항 127

삭제

청구항 128

삭제

청구항 129

삭제

청구항 130

삭제

청구항 131

삭제

청구항 132

삭제

청구항 133

삭제

청구항 134

삭제

청구항 135

삭제

청구항 136

삭제

청구항 137

삭제

청구항 138

삭제

청구항 139

삭제

청구항 140

삭제

청구항 141

삭제

청구항 142

삭제

청구항 143

삭제

청구항 144

삭제

청구항 145

삭제

청구항 146

삭제

청구항 147

삭제

청구항 148

삭제

청구항 149

삭제

청구항 150

삭제

청구항 151

삭제

청구항 152

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는 나노구조체 조성물 및 나노구조체 조성물의 제조 방법을 제공한다. 나노구조체 조성물은 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(아킬렌 옥사이드) 리간드, 및 임의로 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다. 본 개시는 또한 나노구조체 층을 포함하는 나노구조체 막 및 나노구조체 막의 제조 방법을 제공한다.

배경 기술

[0002] 그들의 특성을 정확하게 제어하여 양자점을 제조할 수 있는 합성 방법은 표면이 고도로 소수성인 분자 리간드의 층으로 코팅되는 나노결정을 제공한다. 따라서 이러한 양자점은 톨루엔, 헥산 또는 클로로포름과 같은 비극성 유기 용매에만 (적절하게) 용해된다. 양자점은 흔히 다양한 경화성 수지를 갖는 양자점 농축물의 제형을 통해 기타 인쇄된-잉크 적용 또는 나노복합물, 예컨대 양자점 향상 막 (QDEF) 으로 가공된다. 잉크젯 인쇄는 양자점 색 변환 층의 제조를 위한 포토리소그래피에 대한 잠재적으로 더 저렴하고 더 효율적인 대안이다. 잉크젯 인쇄 응용을 위해, 양자점은 종종 친수성인 잉크 성분과 균질화되어야 한다.

[0003] 인쇄 또는 광패터닝 응용에 사용되는 포토레지스트 및 UV-경화성 수지는 통상적으로 UV 방사선에 노출시 중합될 수 있는 단량성 또는 올리고머성 아크릴레이트 또는 에폭시를 함유한다. 이러한 포토레지스트 및 UV-경화성 제형은 비교적 친수성이다. 합성된 양자점은 통상적으로 이들의 소수성 장쇄 알킬 리간드로 인해 이러한 유형의 제형과 혼합될 수 없다. 이 문제는 청색광을 차단하고 녹색 또는 적색광만 통과할 수 있는 효율적인 컬러 필터를 만드는데 필요한 높은 양자점 로딩에서 확대된다. 또한, 포토레지스트는 종종 공기 중의 침착 및 가열, 현상액에 대한 노출을 포함하여 양자점이 일반적으로 적합하지 않은 조건에서 가공되고 패터닝된다. 양자점은 비활성 대기하에서 합성되며 공기 중에서 가공될 때 광루미네선스를 잃는 것으로 알려져 있다.

[0004] 포토레지스트 및 UV-경화성 제형에서 양자점 농축물의 분산을 개선시킬 필요가 있으며, 양자점 막을 제조하는데

사용될 때 개선된 광학 특성을 초래한다. 양자점 막에서 개선된 특성을 달성하기 위해 포토레지스트 및 UV-경화성 제형에서 양자점 농축물의 분산을 개선할 필요가 또한 존재한다.

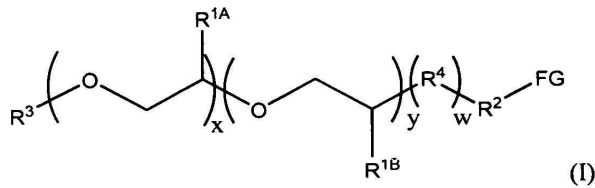
발명의 내용

본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물에 관한 것이다:

(a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

(b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드로서, 여기서 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)를 포함하고, 다만 관능기 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)가 아니다.

일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



식에서:

x 는 1 내지 100 이고;

y 는 0 내지 100 이고;

w 는 0 또는 1 이고;

$\text{R}^{1\text{A}}$ 및 $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

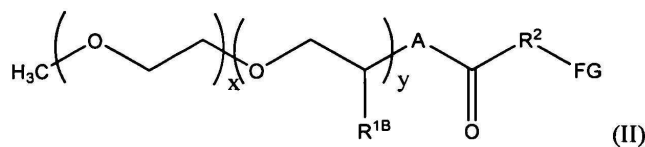
R^4 는 $-\text{O}-$, $-\text{OC}(=\text{O})-$, 아미도 또는 C_{1-20} 알킬이고; 그리고

FG 는 $-\text{OH}$, $-\text{SH}$, $-\text{NH}_2$, $-\text{C}(=\text{O})\text{OH}$, $-\text{P}(=\text{O})(\text{OH})_2$, $-\text{N}_3$ 또는 $-\text{Si}(\text{OR}^{\text{IV}})_3$ 이고; 그리고

각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

다만 FG가 $-\text{SH}$ 인 경우, $\text{R}^{1\text{A}}$ 및 $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 모두 H일 수 없다.

일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



식에서:

x 는 1 내지 100 이고;

y 는 0 내지 100 이고;

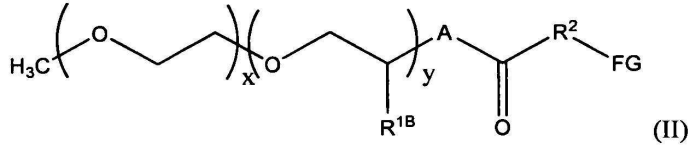
A 는 $-\text{O}-$ 또는 $-\text{N}-$ 이고;

- [0027] R^{1B} 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;
- [0028] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;
- [0029] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고
- [0030] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,
- [0031] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{1B} 는 H가 아니다.
- [0032] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체의 하나 내지 5 개 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체의 2 개 집단을 포함한다.
- [0033] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택되는 코어를 포함한다.
- [0034] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP의 코어를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 적어도 하나의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 2 개의 셸을 포함한다.
- [0035] 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 -CH₃ 이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 -CH₂CH₂- 이다.
- [0036] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:
- (III)
- [0037]
- [0038] 식에서:
- [0039] x 는 10 내지 20 이고; 그리고
- [0040] y 는 1 내지 10 이다.
- [0041] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.
- [0042] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 반응성 희석제를 포함한다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 반응성 희석제는 이소보르닐 아크릴레이트, 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트, 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트, 리모넨 이산화물 또는 디옥세타닐 에테르이다.
- [0043] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 유기 용매를 포함한다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔, 클로로포름, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 1,4-부탄디올 디아세테이트, 헥실 아세테이트 또는 이들의 조합물이다.
- [0044] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0045] 본 개시는 또한 하기를 포함하는 나노구조체 조성물에 관한 것이다:
- [0046] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및
- [0047] (b) 적어도 하나의 유기 수지.
- [0048] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체의 하나 내지 5 개 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체의 하나의 집단을 포함한다.
- [0049] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe,

ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택되는 코어를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP의 코어를 포함한다.

[0050] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 중량 백분율로서 약 0.0001% 내지 약 5% 의 나노구조체의 적어도 하나의 집단을 포함한다.

[0051] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0052]
[0053] 식에서:

[0054] x 는 1 내지 100 이고;

[0055] y 는 0 내지 100 이고;

[0056] A 는 -O- 또는 -N- 이고;

[0057] $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0058] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

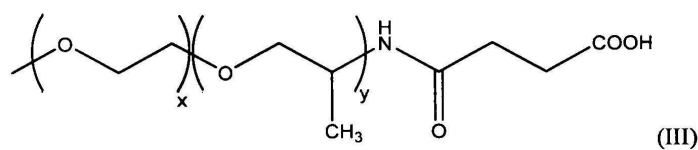
[0059] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0060] 각각의 $\text{R}^{1\text{V}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0061] 다만 FG가 -SH 인 경우, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H가 아니다.

[0062] 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 -CH₃ 이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 -CH₂CH₂- 이다.

[0063] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0064]
[0065] 식에서:

[0066] x 는 10 내지 20 이고; 그리고

[0067] y 는 1 내지 10 이다.

[0068] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.

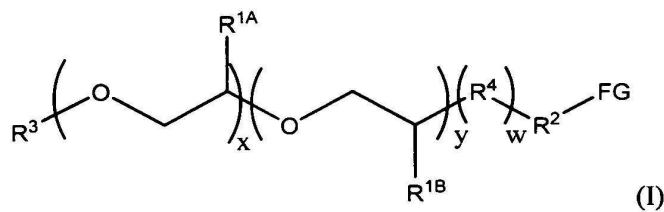
[0069] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나 내지 5 종의 유기 수지를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나의 유기 수지를 포함한다.

[0070] 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 열경화성 수지 또는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 페르카토-관능성 화합물이다.

[0071] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 반응성 희석제를 포함한다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 반응성 희석제는 이소보르닐 아크릴레이트, 1,4-부탄디올 디아크릴레이트, 1,6-헥산디올 디메타크

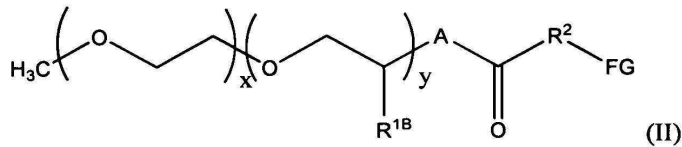
릴레이트, 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트, 리모넨 이산화물 또는 디옥세타닐 에테르이다.

- [0072] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 유기 용매를 포함한다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔, 클로로포름, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 1,4-부탄디올 디아세테이트, 헥실 아세테이트 또는 이들의 조합물이다.
- [0073] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 중량 백분율로서 약 5% 내지 약 99% 의 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다.
- [0074] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서 나노구조체의 약 30% 내지 약 100%는 나노구조체에 결합된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다.
- [0075] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 InP 코어를 포함하는 나노구조체의 집단 및/또는 CdSe 코어를 포함하는 나노구조체의 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 적어도 하나의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 2 개의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0076] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 약 10℃ 내지 약 90℃의 온도에서 저장될 때 약 1 일 내지 약 3 년 동안 안정하다.
- [0077] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물을 포함하는 성형품이 제공된다. 일부 실시형태에서, 성형품은 막, 디스플레이용 기판 또는 발광 다이오드이다. 일부 실시형태에서, 성형품은 막이다.
- [0078] 본 개시는 나노구조체 상의 제 1 리간드를 제 2 리간드로 대체하는 방법에 관한 것으로, 상기 방법은 나노구조체에 비공유적으로 결합된 제 1 리간드 및 제 2 리간드인 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 나노구조체의 집단을 포함하는 반응 혼합물을 혼합하는 단계를 포함하여, 제 2 리간드가 제 1 리간드를 대체하고 나노구조체에 비공유적으로 결합되게 하며, 여기서 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



- [0079] .
- [0080] 식에서:
- [0081] x 는 1 내지 100 이고;
- [0082] y 는 0 내지 100 이고;
- [0083] w 는 0 또는 1 이고;
- [0084] R^{1A} 및 R^{1B}는 독립적으로 H 또는 C₁₋₂₀ 알킬이고;
- [0085] R² 는 C₁₋₂₀ 알킬이고;
- [0086] R³ 은 H, C₁₋₂₀ 알킬, C₃₋₈ 시클로알킬, 또는 C₆₋₁₄ 아릴이고;
- [0087] R⁴ 는 -O-, -OC(=O)-, 아미도 또는 C₁₋₂₀ 알킬이고; 그리고
- [0088] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고
- [0089] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C₁₋₂₀ 알킬이고,
- [0090] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{1A} 및 R^{1B} 는 모두 H일 수 없다.

[0091] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0092]

[0093] 식에서:

[0094] x 는 1 내지 100 이고;

[0095] y 는 0 내지 100 이고;

[0096] A 는 -O- 또는 -N- 이고;

[0097] $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0098] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0099] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0100] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

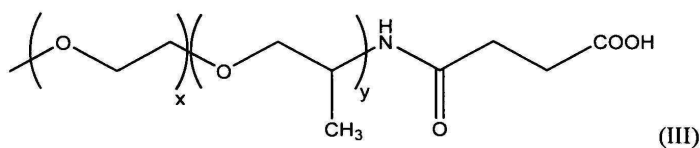
[0101] 다만 FG가 -SH 인 경우, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H가 아니다.

[0102] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택되는 코어를 포함한다.

[0103] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP의 코어를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 적어도 하나의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 2 개의 셸을 포함한다.

[0104] 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 -CH₃ 이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 -CH₂CH₂- 이다.

[0105] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0106]

[0107] 식에서:

[0108] x 는 10 내지 20 이고; 그리고

[0109] y 는 1 내지 10 이다.

[0110] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.

[0111] 일부 실시형태에서, 제 2 리간드는 나노구조 상에서 약 40% 내지 약 100% 의 제 1 리간드를 변위시킨다.

[0112] 일부 실시형태에서, 혼합은 100 rpm 내지 10,000 rpm 의 진탕 속도에서 이루어진다. 일부 실시형태에서, 혼합은 1 분 내지 24 시간의 시간 동안 이루어진다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 20 °C 와 약 100 °C 사이의 온도에서 이루어진다.

[0113] 본 개시는 하기 단계를 포함하는 나노구조체 조성물의 제조 방법에 관한 것이다:

[0114] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단을 포함하는 조성물을 제공하는 단계, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)

리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님;
및

(d) (a) 의 조성물과 적어도 하나의 유기 수지를 혼합하는 단계.

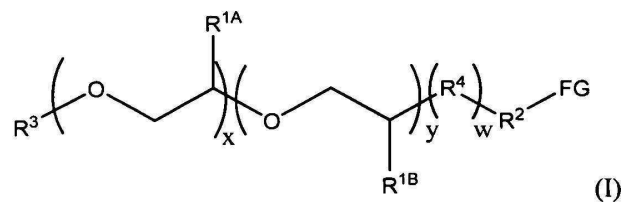
일부 실시형태에서, 나노구조체의 하나 내지 5 개 집단을 포함하는 조성물이 (a) 에서 제공된다. 일부 실시
형태에서, 나노구조체의 하나의 집단을 포함하는 조성물이 (a) 에서 제공된다.

일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe,
CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택되는 코어를 함
유한다.

일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 중량 백분율로서 약 0.0001% 내지 약 5% 의 나노구조체의 적어도 하나
의 집단을 포함한다.

일부 실시형태에서, 나노구조체는 적어도 하나의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 2 개의
셸을 포함한다.

일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



식에서:

x 는 1 내지 100 이고;

y 는 0 내지 100 이고;

w 는 0 또는 1 이고;

$\text{R}^{1\text{A}}$ 및 $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

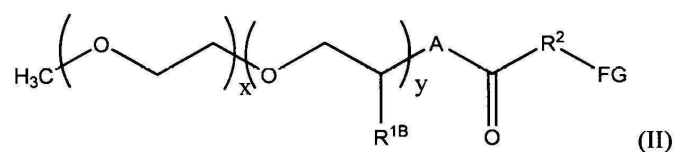
R^4 는 -O-, -OC(=O)-, 아미도 또는 C_{1-20} 알킬이고; 그리고

FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

각각의 $\text{R}^{1\text{V}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

다만 FG가 -SH 인 경우, $\text{R}^{1\text{A}}$ 및 $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 모두 H일 수 없다.

일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



식에서:

[0136] x 는 1 내지 100 이고;

[0137] y 는 0 내지 100 이고;

[0138] A 는 -O- 또는 -N- 이고;

[0139] R^{1B} 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0140] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

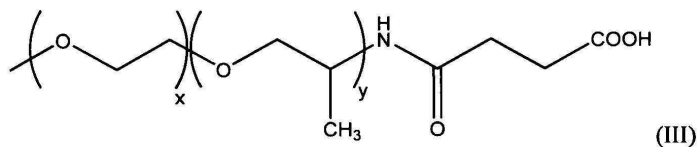
[0141] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0142] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0143] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{1B} 는 H가 아니다.

[0144] 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 -CH₃ 이다. 일부 실시형태에서, R² 는 -CH₂CH₂- 이다.

[0145] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0146] 식에서:
[0147]

[0148] x 는 10 내지 20 이고; 그리고

[0149] y 는 1 내지 10 이다.

[0150] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.

[0151] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나 내지 5 종의 유기 수지를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나의 유기 수지를 포함한다.

[0152] 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 열경화성 수지 또는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 메르캅토-관능성 화합물이다.

[0153] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 중량 백분율로서 약 5% 내지 약 99% 의 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다.

[0154] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 나노구조체의 약 30% 내지 약 100%는 나노구조체에 결합된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 나노구조체의 약 40% 내지 약 100%는 나노구조체에 결합된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0155] 일부 실시형태에서, (a)에서의 제공하는 단계는: (1) 나노구조체의 집단에 비공유적으로 결합된 제 1 리간드를 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드로 대체하는 단계; (2) (1)에서 제조된 나노구조체를 정제하는 단계; 및 (3) (2)에서의 나노구조체를 반응성 희석제 또는 유기 용매에 분산시키는 단계를 포함한다.

[0156] 일부 실시형태에서, (2)에서의 정제하는 단계는: (4) (1)에서 제조된 나노구조체를 비극성 용매 중에서 침전시키는 단계; 및 (5) (4)에서의 조성물을 원심 분리하고 상청액을 제거하는 단계를 포함한다.

[0157] 일부 실시형태에서, 반응성 희석제는 이소보르닐 아크릴레이트, 1,4-부탄디올 아크릴레이트, 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트, 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트, 리모넨 이산화물 또는 디옥세타닐 에테르이다. 일부 실

시형태에서, 유기 용매는 톨루엔, 클로로포름, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 1,4-부탄디올 디아세테이트, 헥실 아세테이트 또는 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 비극성 용매는 헥산이다.

[0158] 일부 실시형태에서, (b) 에서의 혼합하는 단계는 100 rpm 내지 10,000 rpm 의 진탕 속도에서 이루어진다. 일부 실시형태에서, (b) 에서의 혼합하는 단계는 1 분 내지 24 시간의 시간 동안 이루어진다.

[0159] 본 개시는 또한 하기를 포함하는 나노구조체 막 층에 관한 것이다:

[0160] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및

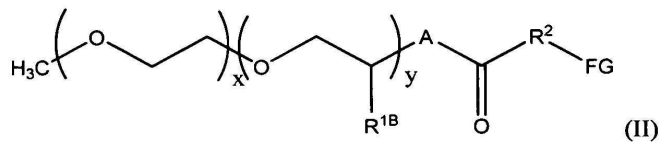
[0161] (b) 적어도 하나의 유기 수지.

[0162] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 나노구조체의 하나 내지 5 개 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 나노구조체의 하나의 집단을 포함한다.

[0163] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 InP, InZnP, InGaP, CdSe, CdS, CdSSe, CdZnSe, CdZnS, ZnSe, ZnSSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, InAs, InGaAs, 및 InAsP 로 이루어진 군에서 선택되는 코어를 함유한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 InP의 코어를 포함한다.

[0164] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 나노구조체 막 층의 총 중량의 약 0.0001% 내지 약 5% 의 중량%를 포함한다.

[0165] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0166] 식에서:
[0167]

[0168] x 는 1 내지 100 이고;

[0169] y 는 0 내지 100 이고;

[0170] A 는 -O- 또는 -N- 이고;

[0171] $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0172] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

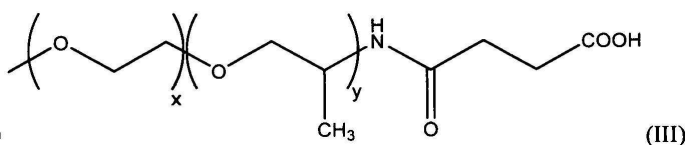
[0173] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0174] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0175] 다만 FG가 -SH 인 경우, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H가 아니다.

[0176] 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 -CH₃ 이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 -CH₂CH₂- 이다.

[0177] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0178]

- [0179] 식에서:
- [0180] x 는 10 내지 20 이고; 그리고
- [0181] y 는 1 내지 10 이다.
- [0182] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.
- [0183] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 하나 내지 5 종의 유기 수지를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 하나의 유기 수지를 포함한다.
- [0184] 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 열경화성 수지 또는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 UV 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 메르캅토-관능성 화합물이다.
- [0185] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 적어도 하나의 반응성 희석제를 포함한다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 반응성 희석제는 이소보르닐 아크릴레이트, 1,4-부탄디올 디아크릴레이트, 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트, 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트, 리모넨 이산화물 또는 디옥세타닐 에테르이다.
- [0186] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 중량 백분율로서 5% 내지 99% 의 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다.
- [0187] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서 나노구조체의 약 30% 내지 약 100%는 나노구조체에 결합된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서 나노구조체의 약 40% 내지 약 100%는 나노구조체에 결합된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다.
- [0188] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 적어도 하나의 셀을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 2 개의 셀을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다. 일부 실시형태에서, 양자점은 InP 및/또는 CdSe 양자점이다.
- [0189] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 정공 수송 재료, 전자 수송 재료, 가공 첨가제 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 추가 재료를 더 포함한다.
- [0190] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 정공 수송 재료를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나의 정공 수송 재료를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 2 개의 정공 수송 재료를 더 포함한다.
- [0191] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 아민, 트리아릴아민, 티오펜, 카르바졸, 프탈로시아닌, 포르피린, 및 이들의 조합물로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 정공 수송 재료를 더 포함한다.
- [0192] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 정공 수송 재료를 더 포함하며, 여기서 적어도 하나의 정공 수송 재료는 트리아릴아민이다.
- [0193] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 정공 수송 재료를 더 포함하며, 여기서 적어도 하나의 정공 수송 재료는 폴리[(9,9-디옥틸플루오레닐-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민))] 이다.
- [0194] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 전자 수송 재료를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나의 전자 수송 재료를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 2 개의 전자 수송 재료를 더 포함한다.
- [0195] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은, 이미다졸, 피리딘, 피리미딘, 피리다진, 피라진, 옥사디아졸, 퀴놀린, 퀴녹살린, 안트라센, 벤즈안트라센, 피렌, 페릴렌, 벤즈이미다졸, 트리아진, 케톤, 포스핀옥사이드, 페나진, 페난트롤린, 트리아릴보란, 금속 산화물, 및 이들의 조합물로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나의 전자 수송 재료를 더 포함한다.
- [0196] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 전자 수송 재료를 더 포함하고, 여기서 적어도 하나의 전자 수송 재료는 금속 산화물이다.
- [0197] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 전자 수송 재료를 더 포함하며, 여기서 적어도 하나의 전자 수송 재료는 ZnMgO이다.
- [0198] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 가공 첨가제를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나의 가공 첨가제를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 2 개의

가공 첨가제를 더 포함한다.

- [0199] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 계면활성제, 점도 조절제, 중합체 첨가제, 유기 염, 무기 염 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된 군으로부터 선택된 적어도 하나의 가공 첨가제를 더 포함한다.
- [0200] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 디프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르 아세테이트, 폴리글리시딜 메타크릴레이트, 디에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 아세테이트, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 에틸 아세테이트, 테트라히드로푸란, 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 용매를 더 포함한다.
- [0201] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 에탄올 및 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도 하나의 용매를 더 포함한다.
- [0202] 일부 실시형태에서, x 는 화학식 (I)의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에서 2 내지 20이다.
- [0203] 일부 실시형태에서, 화학식 (I)의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에서 x 는 1이고, y 는 1이고, w 는 1이고, R^{1A} 는 H이고, R^{1B} 는 H이고, R^2 는 $-CH_2-$ 이고, R_3 은 $-CH_3$ 이고, R^4 는 $-O-$ 이며, 그리고 FG는 $-C(=O)OH$ 이다.
- [0204] 일부 실시형태에서, 화학식 (I)의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에서 x 는 8이고, y 는 0이고, w 는 1이고, R^{1A} 는 H이고, R^{1B} 는 H이고, R^2 는 $-CH_2-$ 이고, R_3 은 $-CH_3$ 이고, R^4 는 $-O-$ 이며, 그리고 FG는 $-C(=O)OH$ 이다.
- [0205] 일부 실시형태에서, 화학식 (I)의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에서 x 는 23이고, y 는 0이고, w 는 1이고, R^{1A} 는 H이고, R^{1B} 는 H이고, R^2 는 $-CH_2-$ 이고, R_3 은 $-CH_3$ 이고, R^4 는 $-O-$ 이며, 그리고 FG는 $-C(=O)OH$ 이다.

도면의 간단한 설명

- [0206] 본원에 포함되고 명세서의 일부를 형성하는 첨부된 도면은 본 개시를 예시하고, 상세한 설명과 함께 추가로 본 개시의 원리를 설명하고, 당업자가 개시를 만들고 사용하는 것을 가능하게 한다.
- 도 1**은 합성된 양자점에 결합된 소수성 리간드 (예컨대 올리에이트 리간드) 및 친수성 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드 (예컨대 M1000-SA) 사이의 일반적인 리간드 교환 과정을 도시한다.
- 도 2**는 포토레지스트 제형에서 네이티브 올리에이트 리간드를 갖는 양자점 (왼쪽) 및 M1000-SA 리간드를 갖는 양자점 (오른쪽)을 사용하여 제조된 박막을 나란히 비교한 것이다.
- 도 3**은 2 개의 상이한 포토레지스트 제형 (PR-1 및 PR-2)에서의 4 개의 상이한 리간드 조성물을 갖는 양자점 - 네이티브 (합성된 양자점), M1000-SA, PEG350-CA (카르복실산 말단의 메톡시 폴리에틸렌 글리콜), 및 $Zn(M1000-SA)_2$ - 을 사용하여 제조된 나노복합체의 100°C 및 180°C에서 측정된 양자 수율 (QY) 값의 플롯을 도시한다.
- 도 4**는 유리 기판에 캡슐화되고 10x 광 플럭스에 노출된 샘플에 대한 시간의 함수로서 외부 양자 효율 (EQE)의 플롯을 도시한다.
- 도 5**는 옥탄에 분산된 올레산 리간드 (네이티브 리간드)를 포함하는 ZnSe 양자점으로 제조된 풀 디바이스 및 에탄올에 분산된 PEG350-CA 리간드를 포함하는 ZnSe 양자점으로 제조된 풀 디바이스에 대한 휘도 (L)의 함수로서 EQE의 플롯을 도시한다.
- 도 6**은 개별 폴리[(9,9-디옥틸 플루오렌-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민)] (TFB) 정공층을 갖는 올레산 리간드를 포함하는 InP 양자점으로 제조된 풀 디바이스 및 TFB와 혼합된 PEG350-CA 리간드를 포함하는 InP 양자점으로 제조된 풀 디바이스 (개별 정공층 없음)에 대한 휘도의 함수로서 EQE의 플롯을 도시한다.
- 도 7**은 별도의 ZnMgO 전자 수송층을 갖는 InP 양자점으로 제조된 풀 디바이스 (대조군) 및 ZnMgO와 혼합된 InP 양자점 (및 별도의 ZnMgO 전자 수송층)으로 제조된 풀디바이스에 대한 휘도의 함수로서 EQE의 플롯을 도시한다.
- 도 8**은 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA)에 희석된 (2-[2-(2-메톡시에톡시)에톡시]아세트산) (EO2CA) 리간드를 포함하는 InP 양자점으로 제조된 풀 디바이스 및 옥탄에 희석된 올레산 리간드 (네이티브 리

간드)를 포함하는 InP 양자점으로 제조된 폴 디바이스에 대한 휘도의 함수로서 EQE의 플롯을 도시한다. 올레산 리간드를 포함하는 InP 양자점은 PGMEA에 분산되지 않았다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0207] 달리 정의하지 않는 한, 본원에서 사용된 모든 기술적 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 기술자에 의해 통상적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 하기의 정의는 당업계의 기술을 보완하고, 본 출원에 관한 것이며, 임의의 관련된 또는 비관련된 경우로, 예를 들어 임의의 통상적으로 소유된 특허 또는 출원으로 전가되어서는 안된다. 본원에 기재된 것과 유사하거나 또는 동등한 임의의 방법 및 재료가 본 개시의 시험을 위해 실제로 사용될 수 있지만, 바람직한 재료 및 방법이 본원에 기재된다. 따라서, 본원에서 사용되는 용어는 특정한 실시형태만을 설명하기 위한 것이며, 제한하려는 것이 아니다.
- [0208] 본 명세서 및 첨부된 청구범위에서 사용되는 바와 같은, 단수 형태 "a", "an" 및 "the" 는 문맥상 명백하게 달리 지시하지 않는 한, 복수의 지시 대상을 포함한다. 따라서, 예를 들어 "나노구조체"에 대한 언급은 복수의 이러한 나노구조체 등을 포함한다.
- [0209] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "약"은 주어진 양의 값이 그 값의 $\pm 10\%$ 만큼 변한다는 것을 나타낸다. 예를 들어, "약 100 nm"는 90 nm 내지 110 nm의 크기 범위를 포함한다.
- [0210] "나노구조체"는 약 500 nm 미만의 치수를 갖는, 적어도 하나의 영역 또는 특성 치수를 가지는 구조체이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 약 200 nm 미만, 약 100 nm 미만, 약 50 nm 미만, 약 20 nm 미만, 또는 약 10 nm 미만의 치수를 가진다. 통상적으로, 영역 또는 특성 치수는 구조의 가장 작은 축을 따라 있을 것이다. 이러한 구조체의 예는 나노와이어, 나노로드, 나노튜브, 분지형 나노구조, 나노테트라포드, 트리포드, 바이포드, 나노결정, 나노점, 양자점, 나노입자 등을 포함한다. 나노구조체는, 예를 들어 실질적으로 결정질, 실질적으로 단결정질, 다결정질, 비정질, 또는 이들의 조합일 수 있다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 3 차원 각각은 약 500 nm 미만, 약 200 nm 미만, 약 100 nm 미만, 약 50 nm 미만, 약 20 nm 미만 또는 약 10 nm 미만의 치수를 가진다.
- [0211] 나노구조체와 관련하여 사용될 때, 용어 "헤테로구조체"는 적어도 2 개의 상이한 및/또는 구별 가능한 재료 유형을 특징으로 하는 나노구조체를 지칭한다. 통상적으로, 나노구조체의 하나의 영역은 제 1 재료 유형을 포함하는 반면, 나노구조체의 제 2 영역은 제 2 재료 유형을 포함한다. 특정 실시형태에 있어서, 나노구조체는 제 1 재료의 코어 및 제 2 (또는 제 3 등) 재료의 적어도 하나의 셸을 포함하고, 여기서 상이한 재료 타입들은, 예를 들면, 나노와이어의 장축, 분기 나노와이어의 아암 (arm)의 장축, 또는 나노결정의 중심에 관하여 방사상으로 분포된다. 셸은, 헤테로구조체로 고려되는 나노구조체에 대해 또는 셸로 고려되는 인접 재료들을 완전히 커버할 수 있지만 그럴 필요는 없다; 예를 들어, 제 2 재료의 소도들 (small islands)로 커버된 하나의 재료의 코어를 특징으로 하는 나노결정은 헤테로구조체이다. 다른 실시형태에 있어서, 상이한 재료 타입들이 나노구조체 내의 상이한 위치에 분포된다; 예를 들면, 나노와이어의 주 (장) 축을 따라 또는 분기 나노와이어의 아암의 장 축을 따라 분포된다. 헤테로구조체 내의 상이한 영역들은 전적으로 상이한 재료들을 포함할 수 있거나, 또는 상이한 영역들은, 상이한 도펀트들 또는 동일한 도펀트의 상이한 농도들을 갖는 베이스 재료 (예를 들면, 실리콘)를 포함할 수 있다.
- [0212] 본원에서 사용되는 바와 같이, 나노구조체의 "직경"은 나노구조체의 제 1 축에 수직인 단면의 직경을 지칭하며, 여기서 제 1 축은 제 2 및 제 3 축에 대해 길이에서 가장 큰 차이를 가진다 (제 2 및 제 3 축은 길이가 서로 아주 거의 동일한 2 개의 축이다). 제 1 축은 반드시 나노구조체의 가장 긴 축일 필요는 없다; 예를 들면, 디스크 형상 나노구조체에 대해, 그 단면은 디스크의 짧은 길이방향 축에 직각인 실질적으로 원형의 단면이 된다. 그 단면이 원형이 아닌 경우에, 직경은 그 단면의 장축 및 단축의 평균이다. 나노와이어와 같은, 세장형 또는 고 종횡비 나노구조체에 대해, 직경은 나노와이어의 가장 긴 축에 수직인 단면에 걸쳐 측정된다. 구형 나노구조체에 대해, 직경은, 일 축에서 타 축으로 구체 (sphere)의 중심을 통해 측정된다.
- [0213] 용어 "결정질" 또는 "실질적으로 결정질"은, 나노구조체들에 대해 사용될 때, 나노구조체들이 통상, 그 구조체들의 적어도 하나의 치수에 걸쳐 장범위 규칙성 (long-range ordering)을 나타낸다는 사실을 지칭한다. 단일 결정의 규칙성은 그 결정의 경계들 너머로 확장될 수 없으므로, 용어 "장범위 규칙성"은 특정 나노구조체들의 절대 사이즈에 의존할 것이라는 것이 당업자에 의해 이해될 것이다. 이 경우에, "장범위 규칙성"은 나노구조체의 치수의 적어도 대부분에 걸친 실질적인 규칙성을 의미할 것이다. 일부의 경우에, 나노구조체는 산화물 또는 다른 코팅을 지닐 수 있거나, 또는 코어 및 적어도 하나의 셸로 구성될 수 있다. 그러한 경우

에, 산화물, 셀(들), 또는 다른 코팅은 그러한 규칙성을 나타낼 수 있지만 꼭 그럴 필요는 없다 (예를 들면, 그것은 비정질, 다결정질 또는 다른 것일 수 있다) 는 것이 이해될 것이다. 이러한 경우들에서, 문구 "결정질", "실질적으로 결정질", "실질적으로 단결정질", 또는 "단결정질" 은 (코팅 레이어들 또는 셀들을 배제하는) 나노구조체의 중앙 코어를 지칭한다. 본원에 사용된 용어 "결정질" 또는 "실질적으로 결정질" 은, 또한, 구조체가 실질적인 장범위 규칙성 (예를 들면, 나노구조체 또는 그것의 코어의 적어도 하나의 축의 길이의 적어도 약 80% 에 대한 규칙성) 을 나타내는 한, 다양한 결함 (defect) 들, 스택킹 폴트 (stacking fault) 들, 원자 치환 (atomic substitution) 들, 및 이와 유사한 것을 포함하는 구조들을 아우르도록 의도된다. 또한, 코어와 나노구조체의 외층 사이 또는 코어와 인접 셀 사이 또는 셀과 제 2 인접 셀 사이의 계면은 비결정질 영역들을 포함할 수도 있고 심지어 비정질일 수도 있다는 것이 인식될 것이다. 이것은, 그 나노구조체가 본원에 정의된 바처럼 결정질이거나 또는 실질적으로 결정질이 되지 못하게 한다.

[0214] 나노구조체와 관련하여 사용될 때, 용어 "단결정질" 은, 나노구조체가 실질적으로 결정질이며, 실질적으로 단일 결정을 포함한다는 것을 나타낸다. 코어 및 하나 이상의 셀들을 포함하는 나노구조체 헤테로구조체에 관하여 사용될 때, "단결정질"은 그 코어가 실질적으로 결정질이고 실질적으로 단결정을 포함한다는 것을 나타낸다.

[0215] "나노결정"은, 실질적으로 단결정질인 나노구조체이다. 따라서 "나노결정" 은 약 500 nm 미만의 치수를 갖는 적어도 하나의 영역 또는 특성 치수를 갖는다. 일부 실시형태들에서, 나노결정은 치수가 약 200 nm 미만, 약 100 nm 미만, 약 50 nm 미만, 약 20 nm 미만, 또는 약 10 nm 미만이다. 용어 "나노결정" 은, 다양한 결함들, 스택킹 폴트들, 원자 치환들, 및 이와 유사한 것을 포함하는 실질적으로 단결정질 나노구조체들, 그리고 그러한 결함들, 폴트들, 치환들을 갖지 않는 실질적으로 단결정질 나노구조체들을 아우르도록 의도된다. 코어 및 적어도 하나의 셀들을 포함하는 나노결정 헤테로구조체들의 경우에, 나노결정의 코어는 통상 실질적으로 단결정질이지만, 셀(들)은 그럴 필요 없다. 일부 실시형태에서, 나노결정의 3개 치수들의 각각은 치수가 약 500 nm 미만, 약 200 nm 미만, 약 100 nm 미만, 약 50 nm 미만, 약 20 nm 미만, 또는 약 10 nm 미만이다.

[0216] 용어 "양자점" (또는 "점") 은 양자 구속 또는 엑시톤 구속 (exciton confinement) 을 나타내는 나노결정을 의미한다. 양자점은 재료 특성이 실질적으로 균질 (homogenous) 할 수 있고, 또는 특정 실시형태에서는, 예컨대 코어 및 적어도 하나의 셀을 포함하는 이종 (heterogeneous) 일 수 있다. 양자점의 광학 특성은 그의 입경, 화학적 조성 및/또는 표면 조성에 의해 영향을 받을 수 있으며, 업계에서 이용 가능한 적절한 광학 테스트에 의해 결정될 수 있다. 나노결정 크기를, 예를 들어, 약 1 nm 과 약 15 nm 사이의 범위로 맞추는 능력은 전체 광학 스펙트럼에서 광방출 커버리지를 가능하게 하여 컬러 렌더링에서 큰 융통성 (versatility) 을 제공한다.

[0217] "리간드" 는, 예를 들어, 나노구조체의 표면과 공유, 이온, 반 데르 발스, 또는 다른 분자 상호작용들을 통해, 나노구조체의 적어도 하나의 면들과 (약하게든 또는 강하게든) 상호작용할 수 있는 분자이다.

[0218] "광발광 양자 수율" 은, 예를 들어, 나노구조체 또는 나노구조체들의 집단에 의해, 흡수된 광자에 대한 방출된 광자의 비이다. 당업계에 알려진 바와 같이, 양자 수율은 통상적으로, 알려진 양자 수율 값을 갖는 잘 특성화된 표준 샘플을 사용하는 비교 방법에 의해 결정된다.

[0219] 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "외부 양자 효율 (external quantum efficiency)" (EQE) 은 디바이스를 통과하는 전자들의 수에 대한 발광 다이오드 (LED) 로부터 방출된 포톤들의 수의 비율이다. EQE 는 LED 가 얼마나 효율적으로 전자들을 포톤들로 변환하는지 그리고 그것들을 탈출하도록 허용하는지를 측정한다. EQE 는 다음과 같은 식들을 이용하여 측정될 수 있다:

[0220] $EQE = [\text{주입 효율}] \times [\text{솔리드-스테이트 양자 수율}] \times [\text{추출 효율}]$

[0221] 여기서:

[0222] 주입 효율 (injection efficiency) = 디바이스를 통과하는 전자들의 활성 영역 내로 주입되는 비율

[0223] 솔리드-스테이트 양자 수율 (solid-state quantum yield) = 방사성이고 따라서 포톤들을 생성하는 활성 영역에서 모든 전자-정공 재결합의 비율

[0224] 추출 효율 (extraction efficiency) = 활성 영역에서 생성된 포톤들의 디바이스로부터 탈출하는 비율

[0225] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "셀" 은 코어 상에 또는 동일하거나 상이한 조성물의 미리 침착된 셀 상에 침착된 재료, 및 셀 재료의 단일 침착 작용으로부터 생성된 재료를 지칭한다. 정확한 셀 두께는 상기 재료,

뿐만 아니라, 전구체 투입 및 전환에 의존하며, 나노미터 또는 단층으로 보고될 수 있다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "표적 셀 두께" 는 필요한 전구체 양의 계산에 사용되는 의도된 셀 두께를 지칭한다. 본원에서 사용되는 바와 같이, "실제 셀 두께" 는 합성 후의 실제로 침착된 셀 재료의 양을 지칭하며, 당업계에 공지된 방법에 의해 측정될 수 있다. 예로서, 실제 셀 두께는 셀 합성 전 및 후에 나노결정의 투과 전자 현미경(TEM) 영상으로부터 결정된 입자 직경을 비교함으로써 측정될 수 있다.

- [0226] 나노구조체 조성물의 안정성은 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 적어도 하나의 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드), 및 임의의 적어도 하나의 유기 수지를 혼합한 이후 피크 방출 파장을 측정함으로써 결정될 수 있다. 피크 방출 파장은 나노구조체 조성물에 UV 또는 청색 (450 nm) 광을 조사하고 분광계로 출력을 측정함으로써 측정될 수 있다. 방출 스펙트럼은 원래의 나노구조체 조성물로부터의 방출과 비교된다. 피크 방출 파장이 5 nm 초과만큼 이동하지 않으면 나노구조체 조성물이 안정적이다.
- [0227] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "반응성 회석제" 는 나노구조체 조성물의 제조 및 저장에 사용된 조건 하에서 나노구조체와 실질적으로 비-반응성이지만, 중합체 및/또는 관통 네트워크를 형성하기 위한 반응을 진행할 수 있는 적어도 하나의 모노머 및/또는 적어도 하나의 올리고머를 지칭한다. 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 라디칼 중합 반응을 진행할 수 있다.
- [0228] 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "반값 전폭" (FWHM) 은 양자점의 크기 분포의 척도이다. 양자점들의 방출 스펙트럼들은 일반적으로 가우스 곡선 (Gaussian curve) 의 형상을 갖는다. 가우스 곡선의 폭은 FWHM 으로 정의되며 파티클들의 사이즈 분포의 아이디어를 제공한다. 더 작은 FWHM 은 더 좁은 양자 도트 나노결정 사이즈 분포에 대응한다. FWHM 은 또한 방출 파장 최대치에 의존한다.
- [0229] 본원에서 사용되는 바와 같이, "알킬" 은 지시된 탄소 원자 수를 갖는 선형 또는 분지형, 포화, 지방족 라디칼을 지칭한다. 일부 실시형태에서, 알킬은 C₁₋₂ 알킬, C₁₋₃ 알킬, C₁₋₄ 알킬, C₁₋₅ 알킬, C₁₋₆ 알킬, C₁₋₇ 알킬, C₁₋₈ 알킬, C₁₋₉ 알킬, C₁₋₁₀ 알킬, C₁₋₁₂ 알킬, C₁₋₁₄ 알킬, C₁₋₁₆ 알킬, C₁₋₁₈ 알킬, C₁₋₂₀ 알킬, C₈₋₂₀ 알킬, C₁₂₋₂₀ 알킬, C₁₄₋₂₀ 알킬, C₁₆₋₂₀ 알킬, 또는 C₁₈₋₂₀ 알킬이다. 예를 들어, C₁₋₆ 알킬은, 비제한적으로, 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로필, 부틸, 이소부틸, sec-부틸, tert-부틸, 펜틸, 이소펜틸 및 헥실을 포함한다. 일부 실시형태에서, 알킬은 옥틸, 노닐, 데실, 운데실, 도데실, 트리데실, 테트라데실, 펜타데실, 헥사데실, 헵타데실, 옥타데실, 노나데실 또는 이코사닐이다.
- [0230] 본원에서 사용되는 바와 같이, "알케닐" 은 단일 수소 원자의 제거에 의해 적어도 하나의 탄소-탄소 이중 결합을 갖는 직쇄 또는 분지쇄 탄화수소 부분으로부터 유도된 1 개의 기를 지칭한다. 일부 실시형태에서, 알케닐기는 2-20 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₂₀ 알케닐이다. 일부 실시형태에서, 알케닐기는 2-15 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₁₅ 알케닐이다. 일부 실시형태에서, 알케닐기는 2-10 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₁₀ 알케닐이다. 일부 실시형태에서, 알케닐기는 2-8 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₈ 알케닐이다. 일부 실시형태에서, 알케닐기는 2-5 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₅ 알케닐이다. 알케닐기는, 예를 들어, 에테닐, 프로페닐, 부테닐 및 1-메틸-2-부텐-1-일을 포함한다.
- [0231] 본원에서 사용되는 바와 같이, "알킬닐" 은 단일 수소 원자의 제거에 의해 적어도 하나의 탄소-탄소 삼중 결합을 갖는 직쇄 또는 분지쇄 탄화수소로부터 유도된 1 개의 기를 지칭한다. 일부 실시형태에서, 알킬닐기는 2-20 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₂₀ 알킬닐이다. 일부 실시형태에서, 알킬닐기는 2-15 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₁₅ 알킬닐이다. 일부 실시형태에서, 알킬닐기는 2-10 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₁₀ 알킬닐이다. 일부 실시형태에서, 알킬닐기는 2-8 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₈ 알킬닐이다. 일부 실시형태에서, 알킬닐기는 2-5 개의 탄소 원자를 함유하며, C₂₋₅ 알킬닐이다. 대표적인 알킬닐기는, 비제한적으로, 에티닐, 2-프로피닐 (프로파르길) 및 1-프로피닐을 포함한다.
- [0232] 본원에서 사용되는 바와 같이, "알킬아미노" 는 화학식 (-NR^K₂) 의 "치환된 아미노" 를 지칭하며, 여기서 R^K 는 독립적으로 본원에서 정의한 바와 같은, 수소 또는 임의로 치환되는 알킬기이고, 질소 모이어티는 부모 분자에 직접 부착된다.
- [0233] 본원에서 사용되는 바와 같이, "헤테로알킬" 은 하나 이상의 관능기로 임의로 치환되며, 예를 들어 탄소 원자 대신에 하나 이상의 산소, 황, 질소, 인 또는 규소 원자를 함유하는 알킬 모이어티를 지칭한다.

- [0234] 본원에서 사용되는 바와 같이, "시클로알킬"은 포화 시클릭 탄화수소로부터 유도된 3 내지 8 개의 탄소 원자, 바람직하게는 3 내지 5 개의 탄소 원자의 1 가 또는 2 가 기를 지칭한다. 시클로알킬기는 모노시클릭 또는 폴리시클릭일 수 있다. 시클로알킬은 C₁₋₃ 알킬기 또는 할로젠으로 치환될 수 있다.
- [0235] 본원에 사용된 "아미도"는 "아미노카르보닐" 및 "카르보닐아미노" 둘 모두를 지칭한다. 단독으로 또는 다른 기와 관련하여 사용될 때 이러한 용어는 말단에 사용되는 경우 $N(R^L R^M)-C(O)-$ 또는 $R^M C(O)-N(R^L)-$ 및 내부에 사용되는 경우 $-C(O)-N(R^L)-$ 또는 $-N(R^M)-C(O)-$ 와 같은 아미도기를 지칭하며, 여기서 R^L 및 R^M 각각은 독립적으로 수소, 알킬, 지환족, (지환족)지방족, 아릴, 아릴지방족 (araliphatic), 헤테로지환족, (헤테로지환족)지방족, 헤테로아릴, 카르복시, 설파닐, 설피닐, 설포닐, (지방족)카르보닐, (지환족)카르보닐, ((지환족)지방족)카르보닐, 아릴카르보닐, (아릴지방족)카르보닐, (헤테로지환족)카르보닐, ((헤테로지환족)지방족)카르보닐, (헤테로아릴)카르보닐 또는 (헤테로아릴-지방족)카르보닐이며, 이들 각각은 본원에 정의되고 임의로 치환된다. 아미도기의 예는 알킬아미노, 디알킬아미노, 또는 아릴아미노를 포함한다. 아미도기의 예는 알킬아미도 (예컨대 알킬카르보닐아미노 또는 알킬카르보닐아미노), (헤테로지환족)아미도, (헤테로아릴알킬)아미도, (헤테로아릴)아미도, (헤테로시클로알킬)알킬아미도, 아릴아미도, 아르알킬아미도, (시클로알킬)알킬아미도 또는 시클로알킬아미도를 포함한다.
- [0236] 본원에서 사용되는 바와 같이, "카르복시알킬"은 저급 알킬 라디칼에 부가된 카르복실산 기 (-COOH)를 지칭한다.
- [0237] 본원에서 사용되는 바와 같이, "헤테로시클로알킬"은 고리 구조 내에 하나 내지 5 개, 및 보다 통상적으로 1 내지 4 개의 헤테로원자를 갖는 시클로알킬 치환기를 지칭한다. 본 개시의 화합물에 사용되는 적합한 헤테로원자는 질소, 산소 및 황이다. 대표적인 헤테로시클로알킬 모이어티는, 예를 들어, 모르폴리노, 피페라지닐, 피페리디닐 등을 포함한다.
- [0238] 본원에서 단독으로 또는 조합하여 사용되는 바와 같은, 용어 "알킬렌"은 메틸렌 (-CH₂-)과 같은, 2 개 이상의 위치에서 부착된 직쇄 또는 분지쇄 포화 탄화수소로부터 유도된 포화 지방족 기를 지칭한다. 달리 명시하지 않는 한, 용어 "알킬"은 "알킬렌"기를 포함할 수 있다.
- [0239] 본원에서 사용되는 바와 같이, "아릴"은 6 내지 14 개의 탄소 원자를 갖는 비치환된 모노시클릭 또는 바이시클릭 방향족 고리계, 즉, C₆₋₁₄ 아릴을 지칭한다. 비-제한적인 예시적인 아릴기는 페닐, 나프틸, 페난트릴, 안트라실, 인데닐, 아줄레닐, 비페닐, 비페닐레닐 및 플루오레닐기를 포함한다. 하나의 실시형태에 있어서, 아릴기는 페닐 또는 나프틸이다.
- [0240] 본원에서 사용되는 바와 같이, "헤테로아릴" 또는 "헤테로방향족"은 5 내지 14 개의 고리 원자를 갖는 비치환된 모노시클릭 및 바이시클릭 방향족 고리계, 즉, 5-내지 14-원 헤테로아릴을 지칭하며, 여기서 고리 중 하나의 적어도 하나의 탄소 원자는 독립적으로 산소, 질소 및 황으로 이루어진 군에서 선택되는 헤테로원자로 대체된다. 하나의 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 독립적으로 산소, 질소 및 황으로 이루어진 군에서 선택되는 1, 2, 3 또는 4 개의 헤테로원자를 함유한다. 하나의 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 3 개의 헤테로원자를 함유한다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 2 개의 헤테로원자를 함유한다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 하나의 헤테로원자를 함유한다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 5-내지 10-원 헤테로아릴이다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 5-또는 6-원 헤테로아릴이다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 5 개의 고리 원자, 예를 들어 티에닐, 4 개의 탄소 원자 및 하나의 황 원자를 갖는 5-원 헤테로아릴을 가진다. 또 다른 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 6 개의 고리 원자, 예를 들어 피리딜, 5 개의 탄소 원자 및 하나의 질소 원자를 갖는 6-원 헤테로아릴을 가진다. 비-제한적인 예시적인 헤테로아릴기는 티에닐, 벤조[b]티에닐, 나프토[2,3-b]티에닐, 티안트레닐, 푸릴, 벤조푸릴, 피라닐, 이소벤조푸라닐, 벤조옥사조닐, 크로메닐, 크산테닐, 2H-피롤릴, 피롤릴, 이미다졸릴, 피라졸릴, 피리딜, 피라지닐, 피리미디닐, 피리다지닐, 이소인돌릴, 3H-인돌릴, 인돌릴, 인다졸릴, 푸리닐, 이소퀴놀릴, 퀴놀릴, 프탈라지닐, 나프티리디닐, 신놀리닐, 퀴나졸리닐, 프테리디닐, 4aH-카르바졸릴, 카르바졸릴, β-카르볼리닐, 페난트리디닐, 아크리디닐, 피리미디닐, 페난트롤리닐, 페나지닐, 티아졸릴, 이소티아졸릴, 페노티아졸릴, 이속사졸릴, 푸라자닐 및 페녹사지닐을 포함한다. 하나의 실시형태에 있어서, 헤테로아릴은 티에닐 (예를 들어, 티엔-2-일 및 티엔-3-일), 푸릴 (예를 들어, 2-푸릴 및 3-푸릴), 피롤릴 (예를 들어, 1H-피롤-2-일 및 1H-피롤-3-일), 이미다졸릴 (예를 들어, 2H-이미다졸-2-일 및 2H-이미다졸-4-일), 피라졸릴 (예를 들어, 1H-피라졸-3-일, 1H-피라졸-4-일 및 1H-피라졸-5-일), 피리딜 (예를 들어, 피리딘-2-일, 피리딘-3-일 및

피리딘-4-일), 피리미디닐 (예를 들어, 피리미딘-2-일, 피리미딘-4-일 및 피리미딘-5-일), 티아졸릴 (예를 들어, 티아졸-2-일, 티아졸-4-일 및 티아졸-5-일), 이소티아졸릴 (예를 들어, 이소티아졸-3-일, 이소티아졸-4-일 및 이소티아졸-5-일), 옥사졸릴 (예를 들어, 옥사졸-2-일, 옥사졸-4-일 및 옥사졸-5-일), 이속사졸릴 (예를 들어, 이속사졸-3-일, 이속사졸-4-일 및 이속사졸-5-일) 또는 인다졸릴 (예를 들어, 1H-인다졸-3-일) 이다.

용어 "헤테로아릴" 은 또한 가능한 N-옥사이드를 포함한다. 비-제한적인 예시적인 N-옥사이드는 피리딜 N-옥사이드이다.

[0241] 달리 명확하게 나타내지 않는 한, 본원에서 나열된 범위는 포괄적이다.

[0242] 다양한 추가적인 용어들이 본원에 정의되어 있거나 또는 그렇지 않으면 특성화되어 있다.

[0243] 나노구조체 조성물

[0244] 일부 실시형태에서, 본 발명은 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0245] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

[0246] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드로서, 여기서 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)를 포함하고, 다만 관능기 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)가 아니다.

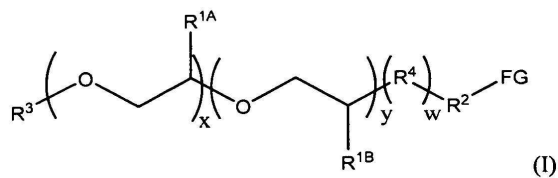
[0247] 일부 실시형태에서, 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 에틸렌 옥사이드와 프로필렌 옥사이드의 랜덤 공중합체, 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드) 이블록 공중합체, 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드) 삼블록 공중합체, 폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드) 삼블록 공중합체 또는 이들의 조합물을 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아니다.

[0248] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0249] 일부 실시형태에서, 본 발명은 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0250] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

[0251] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드, 여기서 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0252]

[0253] 식에서:

[0254] x 는 1 내지 100 이고;

[0255] y 는 0 내지 100 이고;

[0256] w 는 0 또는 1 이고;

[0257] $\text{R}^{1\text{A}}$ 및 $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0258] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0259] R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

[0260] R^4 는 -O-, -OC(=O)-, 아미도 또는 C_{1-20} 알킬이고; 그리고

[0261] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0262] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

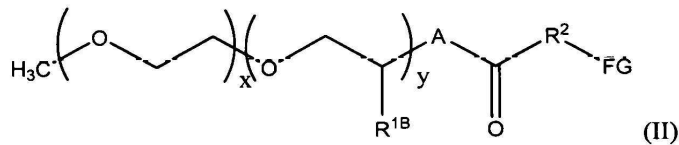
[0263] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{IA} 및 R^{IB} 는 모두 H일 수 없다.

[0264] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0265] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0266] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

[0267] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0268]

[0269] 식에서:

[0270] x 는 1 내지 100 이고;

[0271] y 는 0 내지 100 이고;

[0272] A 는 -O- 또는 -N- 이고;

[0273] R^{IB} 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0274] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0275] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0276] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0277] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{IB} 는 H가 아니다.

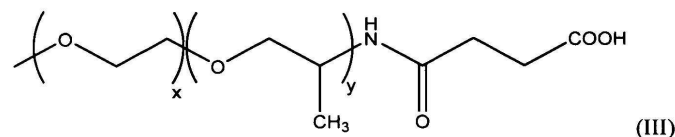
[0278] 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 -CH₃ 이다.

[0279] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0280] 일부 실시형태에서, 본 발명은 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0281] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

[0282] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0283]

[0284] 식에서:

[0285] x 는 1 내지 100 이고; 그리고

[0286] y 는 1 내지 100 이다.

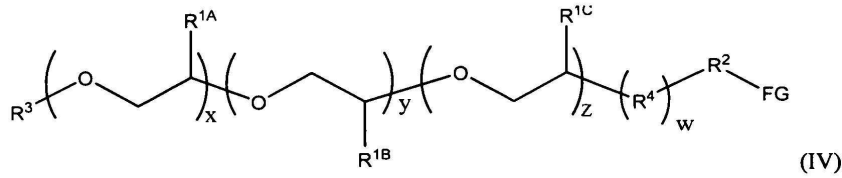
[0287] 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다.

[0288] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0289] 일부 실시형태에서, 본 발명은 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0290] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단; 및

[0291] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 하기 화학식을 갖는다:



[0292] 식에서:
[0293]

[0294] x 는 1 내지 100 이고;

[0295] y 는 1 내지 100 이고;

[0296] z 는 1 내지 100 이고;

[0297] w 는 0 또는 1 이고;

[0298] $\text{R}^{1\text{A}}$, $\text{R}^{1\text{B}}$, 및 $\text{R}^{1\text{C}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0299] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0300] R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

[0301] R^4 는 -O-, -OC(=O)-, 아마이드, 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0302] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0303] 각각의 $\text{R}^{1\text{V}}$ 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0304] 다만 FG 가 -SH 인 경우, $\text{R}^{1\text{A}}$, $\text{R}^{1\text{B}}$, 및 $\text{R}^{1\text{C}}$ 가 모두 H 일 수는 없다.

[0305] 일부 실시형태에서, $\text{R}^{1\text{A}}$ 는 H 이고, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 -CH₃이고, 그리고 $\text{R}^{1\text{C}}$ 는 H 이다.

[0306] 일부 실시형태에서, $\text{R}^{1\text{A}}$ 는 -CH₃ 이고, $\text{R}^{1\text{B}}$ 는 H이고, 그리고 $\text{R}^{1\text{C}}$ 는 -CH₃ 이다.

[0307] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0308] 일부 실시형태에서, 본 발명은 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0309] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및

[0310] (b) 적어도 하나의 유기 수지.

[0311] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 반응성 희석제를 더 포함한다.

[0312] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 용매를 더 포함한다.

[0313] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

- [0314] 일부 실시형태에서, 본 개시는 하기를 포함하는 나노구조체 막 키트를 제공한다:
- [0315] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단을 포함하는 제 1 조성물, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및
- [0316] (b) 적어도 하나의 유기 수지를 포함하는 제 2 조성물; 및
- [0317] (c) 나노구조체 막 제조를 위한 지침서.
- [0318] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 키트는 적어도 하나의 반응성 회석제를 더 포함한다.
- [0319] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 키트는 용매를 더 포함한다.
- [0320] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0321] **나노구조체 막 층**
- [0322] 일부 실시형태에서, 본 개시는 하기를 포함하는 나노구조체 막 층을 제공한다:
- [0323] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 여기서 나노구조체의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및
- [0324] (b) 적어도 하나의 유기 수지.
- [0325] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막 층은 적어도 하나의 반응성 회석제를 더 포함한다.
- [0326] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0327] **나노구조체 성형품**
- [0328] 일부 실시형태에서, 본 개시는 하기를 포함하는 나노구조체 성형품을 제공한다:
- [0329] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및
- [0330] (b) 적어도 하나의 유기 수지.
- [0331] 일부 실시형태에서, 성형품은 막, 디스플레이용 기관 또는 발광 다이오드이다.
- [0332] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0333] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 막을 제공한다:
- [0334] (a) 제 1 배리어 층;
- [0335] (b) 제 2 배리어 층; 및
- [0336] (c) 제 1 배리어 층과 제 2 배리어 층 사이의 나노구조체 층, 여기서 나노구조체 층은 나노구조체의 적어도 하나의 집단을 포함하고, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및 적어도 하나의 유기 수지.
- [0337] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0338] **양자점**
- [0339] 본 발명에서 사용하기 위한 양자점 (또는 나노구조체) 는 임의의 적합한 재료, 적합하게는 무기 재료, 및 보다 적합하게는 무기 전도성 또는 반도체성 재료로부터 제조될 수 있다. 적합한 반도체 재료는 II-VI 족, III-V 족, IV-VI 족 및 IV 족 반도체를 포함하는 임의의 유형의 반도체를 포함한다. 적합한 반도체 재료는, 비제한적으로, Si, Ge, Sn, Se, Te, B, C (다이아몬드 포함), P, BN, BP, BAs, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTeSe, ZnTeSeS, ZnTe, CdS, CdSe, CdSeZn, CdTe, HgS, HgSe, HgTe, BeS, BeSe, BeTe, MgS, MgSe, GeS, GeSe, GeTe, SnS, SnSe, SnTe, PbO, PbS, PbSe, PbTe, CuF,

CuCl, CuBr, CuI, Si₃N₄, Ge₃N₄, Al₂O₃, Al₂CO, 및 이들의 조합물을 포함한다.

- [0340] II-VI 족 나노구조체의 합성은 미국 특허 Nos. 6,225,198, 6,322,901, 6,207,229, 6,607,829, 6,861,155, 7,060,243, 7,125,605, 7,374,824, 7,566,476, 8,101,234, 및 8,158,193, 그리고 미국 특허 출원 Nos. 2011/0262752 및 2011/0263062에 기재되었다. 일부 실시형태에서, 코어는 ZnO, ZnSe, ZnS, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, CdO, CdSe, CdS, CdTe, HgO, HgSe, HgS, 및 HgTe 로 이루어진 군에서 선택되는 II-VI 족 나노결정이다. 일부 실시형태에서, 코어는 ZnSe, ZnTe, ZnTeSe, ZnTeSeS, ZnS, CdSe, 또는 CdS 로 이루어진 군에서 선택되는 나노결정이다.
- [0341] CdSe 및 CdS 양자점과 같은 II-VI 족 나노구조체가 바람직한 발광 거동을 나타낼 수 있지만, 카드뮴의 독성과 같은 문제는 이러한 나노구조체가 사용될 수 있는 용도를 제한한다. 따라서, 양호한 발광 특성을 갖는 덜 독성인 대안이 매우 바람직하다. 일반적으로 III-V 족 나노구조체 및 특히 InP-계 나노구조체는 이들의 교환 가능한 방출 범위로 인해, 카드뮴-계 재료에 대한 가장 잘 알려진 대체물을 제공한다.
- [0342] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 카드뮴을 함유하지 않는다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "카드뮴을 함유하지 않음" 은, 나노구조체가 100 중량ppm 미만의 카드뮴을 함유하는 것으로 의도된다. RoHS (Restriction of Hazardous Substances) 준수 정의는 원시 균질성 전구체 재료들에서 카드뮴이 중량 기준으로 0.01% (100 ppm) 이하이어야 한다는 것을 필요로 한다. 본 발명의 Cd-비함유 나노구조체에서의 카드뮴 수준은 전구체 재료에서의 미량의 금속 농도에 의해 제한된다. Cd-비함유 나노구조체를 위한 전구체 재료에서의 미량의 금속 (카드뮴 포함) 농도는 유도 결합형 플라즈마 질량 분광학 (ICP-MS) 분석에 의해 측정될 수 있으며, 10 억분의 1 (ppb) 수준이다. 일부 실시형태에서, "카드뮴 비함유" 인 나노구조체는 약 50 ppm 미만, 약 20 ppm 미만, 약 10 ppm 미만, 또는 약 1 ppm 미만의 카드뮴을 함유한다.
- [0343] 일부 실시형태에서, 코어는 III-V 족 나노구조체이다. 일부 실시형태에서, 코어는 BBN, BP, BAs, BSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, 및 InSb 로 이루어진 군에서 선택되는 III-V 족 나노결정이다. 일부 실시형태에서, 코어는 InP 나노결정이다.
- [0344] III-V 족 나노구조체의 합성은 미국 특허 Nos. 5,505,928, 6,306,736, 6,576,291, 6,788,453, 6,821,337, 7,138,098, 7,557,028, 7,645,397, 8,062,967, 및 8,282,412, 그리고 미국 특허 출원 공개 No. 2015/236195에 기재되어 있다. III-V 족 나노구조체의 합성은 또한 Wells, RL 등의 "The use of tris(trimethylsilyl)arsine to prepare gallium arsenide and indium arsenide", *Chem. Mater.* 1:4-6 (1989) 및 Guzelian, AA 등의 "Colloidal chemical synthesis and characterization of InAs nanocrystal quantum dots", *Appl. Phys. Lett.* 69: 1432-1434 (1996) 에 기재되어 있다.
- [0345] InP계 나노구조체의 합성은 예를 들어 Xie, R. 등의 "Colloidal InP nanocrystals as efficient emitters covering blue to near-infrared", *J. Am. Chem. Soc.* 129:15432-15433 (2007); Micic, O.I. 등의 "Core-shell quantum dots of lattice-matched ZnCdSe₂ shells on InP cores: Experiment and theory", *J. Phys. Chem. B* 104:12149-12156 (2000); Liu, Z. 등의 "Coreduction colloidal synthesis of III-V nanocrystals: The case of InP", *Angew. Chem. Int. Ed. Engl.* 47:3540-3542 (2008); Li, L. 등의 "Economic synthesis of high quality InP nanocrystals using calcium phosphide as the phosphorus precursor", *Chem. Mater.* 20:2621-2623 (2008); D. Battaglia 및 X. Peng 의 "Formation of high quality InP and InAs nanocrystals in a noncoordinating solvent", *Nano Letters* 2:1027-1030 (2002); Kim, S. 등의 "Highly luminescent InP/GaP/ZnS nanocrystals and their application to white light-emitting diodes", *J. Am. Chem. Soc.* 134:3804-3809 (2012); Nann, T. 등의 "Water splitting by visible light: A nanophotocathode for hydrogen production", *Angew. Chem. Int. Ed.* 49:1574-1577 (2010); Borchert, H. 등의 "Investigation of ZnS passivated InP nanocrystals by XPS", *Nano Letters* 2:151-154 (2002); L. Li 및 P. Reiss 의 "One-pot synthesis of highly luminescent InP/ZnS nanocrystals without precursor injection", *J. Am. Chem. Soc.* 130:11588-11589 (2008); Hussain, S. 등의 "One-pot fabrication of high-quality InP/ZnS (core/shell) quantum dots and their application to cellular imaging", *Chemphyschem.* 10:1466-1470 (2009); Xu, S. 등의 "Rapid synthesis of high-quality InP nanocrystals", *J. Am. Chem. Soc.* 128:1054-1055 (2006); Micic, O.I. 등의 "Size-dependent spectroscopy of InP quantum dots", *J. Phys. Chem. B* 101:4904-4912 (1997); Haubold, S. 등의 "Strongly luminescent InP/ZnS core-shell nanoparticles", *Chemphyschem.* 5:331-334 (2001); CrosGagneux, A. 등의 "Surface chemistry of InP quantum dots: A comprehensive study", *J. Am. Chem. Soc.* 132:18147-18157 (2010); Micic, O.I. 등의 "Synthesis and characterization of InP, GaP, and

GalnP₂ quantum dots", *J. Phys. Chem.* 99:7754-7759 (1995); Guzelian, A.A. 등의 "Synthesis of size-selected, surface-passivated InP nanocrystals", *J. Phys. Chem.* 100:7212-7219 (1996); Lucey, D.W. 등의 "Monodispersed InP quantum dots prepared by colloidal chemistry in a non-coordinating solvent", *Chem. Mater.* 17:3754-3762 (2005); Lim, J. 등의 "InP@ZnSeS, core@composition gradient shell quantum dots with enhanced stability", *Chem. Mater.* 23: 4459-4463 (2011); 및 Zan, F. 등의 "Experimental studies on blinking behavior of single InP/ZnS quantum dots: Effects of synthetic conditions and UV irradiation" *J. Phys. Chem. C* 116:394-3950 (2012) 에 기재되어 있다.

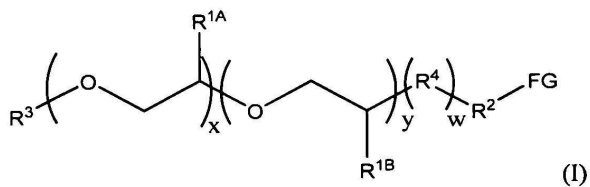
- [0346] 일부 실시형태에서, 코어는 도핑된다. 일부 실시형태에서, 나노결정 코어의 도펀트는, 하나 이상의 전이 금속을 포함하는, 금속을 포함한다. 일부 실시형태에서, 도펀트는 Ti, Zr, Hf, V, Nb, Ta, Cr, Mo, W, Mn, Tc, Re, Fe, Ru, Os, Co, Rh, Ir, Ni, Pd, Pt, Cu, Ag, Au, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된 전이 금속이다. 일부 실시형태에서, 도펀트는 비금속을 포함한다. 일부 실시형태에서, 도펀트는 ZnS, ZnSe, ZnTe, CdSe, CdS, CdTe, HgS, HgSe, HgTe, CuInS₂, CuInSe₂, AlN, AlP, AlAs, GaN, GaP, 또는 GaAs 이다.
- [0347] 나노구조체 상의 무기 셸 코팅들은 그들의 전자 구조체를 맞추는 보편적인 접근법이다. 추가적으로, 무기 셸의 침착은 표면 결함의 패시베이션에 의해 보다 견고한 입자를 제조할 수 있다. Ziegler, J., et al., *Adv. Mater.* 20:4068-4073 (2008). 예를 들어, ZnS 와 같은 보다 넓은 밴드 갭 반도체 재료의 셸들은 - CdSe 또는 InP 와 같은 - 보다 좁은 밴드 갭을 갖는 코어 상에 침착되어 엑시톤 (exciton) 이 코어 내에 구속되는 구조를 제공할 수 있다. 이 접근법은 방사 재결합의 확률을 높이고 박형 셸 코팅들 및 1 (unity) 에 가까운 양자 수율을 갖는 매우 효율적인 양자점을 합성하는 것을 가능하게 한다.
- [0348] 특정 실시형태에 있어서, 나노구조체는 제 1 재료의 코어 및 제 2 (또는 제 3 등) 재료의 적어도 하나의 셸을 포함하고, 여기서 상이한 재료 타입들은, 예를 들면, 나노와이어의 장축, 분기 나노와이어의 아암 (arm) 의 장축, 또는 나노결정의 중심에 관하여 방사상으로 분포된다. 셸은, 헤테로구조체로 고려되는 나노구조체에 대해 또는 셸로 고려되는 인접 재료들을 완전히 커버할 수 있지만 그럴 필요는 없다; 예를 들어, 제 2 재료의 소도들 (small islands) 로 커버된 하나의 재료의 코어를 특징으로 하는 나노결정은 헤테로구조체이다. 다른 실시형태들에 있어서, 상이한 재료 타입들이 나노구조체내의 상이한 위치들에 분포된다; 예를 들면, 나노와이어의 주 (장) 축을 따라 또는 분기 나노와이어의 아암의 장 축을 따라 분포된다. 헤테로구조체 내의 상이한 영역들은 전적으로 상이한 재료들을 포함할 수 있거나, 또는 상이한 영역들은, 상이한 도펀트들, 또는 동일한 도펀트의 상이한 농도들을 갖는 베이스 재료 (예를 들면, 실리콘) 를 포함할 수 있다.
- [0349] 일부 실시형태에서, 본 발명의 나노구조체는 코어 및 적어도 하나의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 본 발명의 나노구조체는 코어 및 적어도 2개의 셸을 포함한다. 셸은, 예를 들어, 나노구조체들의 양자 수율 및 /또는 안정성을 증가시킬 수 있다. 일부 실시형태들에서, 코어 및 셸은 상이한 재료들을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 상이한 셸 재료의 셸들을 포함한다.
- [0350] 적합한 반도체 재료는, 비제한적으로, Si, Ge, Sn, Se, Te, B, C (다이아몬드 포함), P, BN, BP, BAs, AlN, AlP, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdSeZn, CdTe, HgS, HgSe, HgTe, BeS, BeSe, BeTe, MgS, MgSe, GeS, GeSe, GeTe, SnS, SnSe, SnTe, PbO, PbS, PbSe, PbTe, CuF, CuCl, CuBr, CuI, Si₃N₄, Ge₃N₄, Al₂O₃, Al₂CO, 및 이들의 조합물을 포함한다.
- [0351] 일부 실시형태에서, 셸은 아연 소스, 셀레늄 소스, 황 소스, 텔루륨 소스 및 카드뮴 소스 중 적어도 둘의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 셸은 아연 소스, 셀레늄 소스, 황 소스, 텔루륨 소스 및 카드뮴 소스 중 둘의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 셸은 아연과 황; 아연 및 셀레늄; 아연, 황 및 셀레늄; 아연 및 텔루륨; 아연, 텔루륨 및 황; 아연, 텔루륨 및 셀레늄; 아연, 카드뮴 및 황; 아연, 카드뮴 및 셀레늄; 카드뮴 및 황; 카드뮴 및 셀레늄; 카드뮴, 셀레늄 및 황; 카드뮴 및 아연; 카드뮴, 아연 및 황; 카드뮴, 아연 및 셀레늄; 또는 카드뮴, 아연, 황 및 셀레늄의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 셸은 아연과 셀레늄의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 셸은 아연과 황의 혼합물이다.
- [0352] 본 개시의 실시예 사용하기 위한 예시적인 코어/셸 발광 나노결정은 비제한적으로 CdSe/ZnS, InP/ZnS, PbSe/PbS, CdSe/CdS, CdTe/CdS, 내지 CdTe/ZnS (코어/셸로 표현됨) 를 포함한다. 일부 실시형태에서, 코어/셸 발광 나노결정은 ZnSe/ZnS이다. 코어/셸 나노구조체의 합성은 미국 특허 No. 9,169,435에 개시되어 있

다.

- [0353] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 코어 및 적어도 2개의 셸을 포함한다. 일부 실시형태에서, 하나의 셸은 아연과 셀레늄의 혼합물이고 하나의 셸은 아연과 황의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 코어/셸/셸 나노구조체는 InP/ZnSe/ZnS이다.
- [0354] 발광 나노결정은 산소에 대해 불투과성인 재료로 제조될 수 있으며, 이에 의해 양자점 막 층에서 양자점의 산소 배리어 요건 및 광안정화를 단순화시킨다. 예시적인 실시형태에서, 발광 나노결정은 아래에서 보다 상세히 논의되는 바와 같이 하나 이상의 유기 중합체 리간드 재료로 코팅되고 하나 이상의 매트릭스 재료를 포함하는 유기 중합체 매트릭스에 분산된다. 발광 나노결정은 양자점을 밀봉하기 위해 실리콘 산화물, 알루미늄 산화물 또는 티타늄 산화물 (예를 들어, SiO₂, Si₂O₃, TiO₂, 또는 Al₂O₃) 과 같은 하나 이상의 재료를 포함하는 하나 이상의 무기 층으로 더욱 코팅될 수 있다.
- [0355] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 집단은 적색, 녹색 또는 청색 광을 방출한다. 일부 실시형태에서, 적색, 녹색 및 청색 광의 각각의 부분은 나노구조체 막을 포함하는 디스플레이 디바이스에 의해 방출된 백색광에 대해 원하는 백색 점을 달성하도록 제어될 수 있다.
- [0356] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체 재료의 적어도 하나의 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 1 내지 5, 1 내지 4, 1 내지 3, 1 내지 2, 2 내지 5, 2 내지 4, 2 내지 3, 3 내지 5, 3 내지 4, 또는 4 내지 5 개의 나노구조체 재료의 집단을 포함한다. 나노구조체의 집단의 임의의 적절한 비율을 조합하여 원하는 나노구조체 조성물 특성을 생성할 수 있다.
- [0357] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물 중 나노구조체의 집단의 중량 백분율은 약 0.0001% 내지 약 5%, 약 0.0001% 내지 약 4%, 약 0.0001% 내지 약 3%, 약 0.0001% 내지 약 2%, 약 0.0001% 내지 약 1%, 약 0.0001% 내지 약 0.5%, 약 0.0001% 내지 약 0.1%, 약 0.0001% 내지 0.01%, 약 0.0001% 내지 약 0.001%, 약 0.001% 내지 약 5%, 약 0.001% 내지 약 4%, 약 0.001% 내지 약 3%, 약 0.001% 내지 약 2%, 약 0.001% 내지 약 1%, 약 0.001% 내지 약 0.5%, 약 0.001% 내지 약 0.1%, 약 0.001% 내지 약 0.01%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 4%, 약 0.01% 내지 약 3%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 0.01% 내지 약 0.5%, 약 0.01% 내지 약 0.1%, 약 0.1% 내지 약 5%, 약 0.1% 내지 약 4%, 약 0.1% 내지 약 3%, 약 0.1% 내지 약 2%, 약 0.1% 내지 약 1%, 약 0.1% 내지 약 0.5%, 약 0.5% 내지 약 5%, 약 0.5% 내지 약 4%, 약 0.5% 내지 약 3%, 약 0.5% 내지 약 2%, 약 0.5% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 4%, 약 1% 내지 약 3%, 또는 약 1% 내지 약 2% 이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0358] 일부 실시형태에서, 나노구조체 성형품 중 나노구조체의 집단의 중량 백분율은 약 0.0001% 내지 약 5%, 약 0.0001% 내지 약 4%, 약 0.0001% 내지 약 3%, 약 0.0001% 내지 약 2%, 약 0.0001% 내지 약 1%, 약 0.0001% 내지 약 0.5%, 약 0.0001% 내지 약 0.1%, 약 0.0001% 내지 0.01%, 약 0.0001% 내지 약 0.001%, 약 0.001% 내지 약 5%, 약 0.001% 내지 약 4%, 약 0.001% 내지 약 3%, 약 0.001% 내지 약 2%, 약 0.001% 내지 약 1%, 약 0.001% 내지 약 0.5%, 약 0.001% 내지 약 0.1%, 약 0.001% 내지 약 0.01%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 4%, 약 0.01% 내지 약 3%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 0.01% 내지 약 0.5%, 약 0.01% 내지 약 0.1%, 약 0.1% 내지 약 5%, 약 0.1% 내지 약 4%, 약 0.1% 내지 약 3%, 약 0.1% 내지 약 2%, 약 0.1% 내지 약 1%, 약 0.1% 내지 약 0.5%, 약 0.5% 내지 약 5%, 약 0.5% 내지 약 4%, 약 0.5% 내지 약 3%, 약 0.5% 내지 약 2%, 약 0.5% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 4%, 약 1% 내지 약 3%, 또는 약 1% 내지 약 2% 이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0359] 제 1 리간드
- [0360] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 이들의 표면에 결합된 제 1 리간드를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 제 1 리간드를 포함하는 코팅 층을 포함하여 외부 습기 및 산화로부터 양자점을 보호하고, 집성을 제어하며, 그리고 매트릭스 재료에서의 나노구조체의 분산을 허용한다. 적합한 제 1 리간드는 미국 특허 Nos. 6,949,206; 7,267,875; 7,374,807; 7,572,393; 7,645,397; 및 8,563,133에, 그리고 미국 특허 출원 공개 Nos. 2008/237540; 2008/281010; 및 2010/110728에 개시된 것들을 포함한다.
- [0361] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 미국 특허 출원 공개 No. 2008/237540에 개시된 3 부분 리간드 구조와 같은 다중 부분 리간드 구조를 포함하며, 여기서 헤드 기, 테일 기 및 중간/바디 기가 그들의 특정 기능에 대해 독립적으로 제조 및 최적화된 후 이상적으로 작용하는 완전한 표면 리간드로 결합된다.

- [0362] 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 하나 이상의 유기 중합체 리간드를 포함한다. 적합한 리간드는 낮은 산소 투과성을 갖는 효율적이고 강한 결합 양자점 캡슐화를 제공하고; 불연속 이중상 또는 다중상 매트릭스를 형성하기 위해 매트릭스 재료에서 도메인으로 침전물 또는 분리물을 제공하고; 매트릭스 재료 전체에 유리하게 분산되고; 상업적으로 이용 가능한 재료이거나 상업적으로 이용 가능한 재료로부터 쉽게 제형화될 수 있다.
- [0363] 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 중합체, 유리질 중합체, 실리콘, 카르복실산, 디카르복실산, 폴리카르복실산, 아크릴산, 포스포산, 포스포네이트, 포스핀, 포스핀 옥사이드, 황, 또는 아민이다.
- [0364] 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 장쇄 알킬을 포함한다. 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 알킬 카르복실산이다. 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 올리에이트 리간드이다. 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 알킬포스핀이다. 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 알킬 포스핀 옥사이드이다. 일부 실시형태에서, 제 1 리간드는 트리헥실포스핀 옥사이드, 트리옥틸 포스핀 옥사이드 (TOPO) 또는 트리데실포스핀 옥사이드이다.
- [0365] **폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드**
- [0366] 나노구조체의 안정화에 사용된 리간드는 일반적으로 결정의 양이온 및 음이온에 결합되는 중성 L-형 및 양이온성 성분에 선택적으로 결합하는 X-형 리간드의 그룹에 속한다. L-형 리간드는 그들의 고독 쌍을 표면 금속 원자에 제공하여, 여격 (배위 공유) 결합을 확립한다. L-형 리간드의 예는 아민, 티올, 포스핀 및 포스핀 옥사이드이다. X-형 리간드는 통상적으로 양자점 표면에서 양으로 하전된 부위에 결합하는 1가 원자이다. X-형 리간드의 예는 카르복실레이트, 포스포네이트 및 티올레이트이다.
- [0367] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 폴리(알킬렌 옥사이드) 백본을 포함한다. 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 폴리(알킬렌 옥사이드) 백본에 부착된 적어도 하나의 관능기를 포함한다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 관능기는 중성 L-형 결합 리간드 (예를 들어, R-COOH)로서 II-VI 나노결정 표면에 결합할 수 있다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 관능기는 전자 공여 X-형 리간드 (예를 들어, R-COO⁻)로서 II-VI 나노결정 표면에 결합할 수 있다.
- [0368] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 적어도 하나의 관능기를 갖는다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 관능기는 -OH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃, 또는 -Si(OR^{IV})₃이다.
- [0369] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)의 혼합물, 알킬렌 옥사이드의 공중합체 및 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 알킬렌 옥사이드의 공중합체를 포함한다. 일부 실시형태에서, 공중합체는 랜덤 공중합체 또는 블록 공중합체이다. 일부 실시형태에서, 블록 공중합체는 이블록 공중합체 또는 삼블록 공중합체이다. 일부 실시형태에서, 공중합체는 프로필렌 옥사이드 (PO), 에틸렌 옥사이드 (EO), 또는 PO와 EO의 혼합물을 기본으로 한다. 일부 실시형태에서, 공중합체는 PO와 EO의 혼합물이다.
- [0370] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 에틸렌 옥사이드와 프로필렌 옥사이드의 랜덤 공중합체, 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드) 이블록 공중합체, 폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드) 삼블록 공중합체, 폴리(프로필렌 옥사이드)-폴리(에틸렌 옥사이드)-폴리(프로필렌 옥사이드) 삼블록 공중합체, 또는 이들의 조합물을 포함한다.
- [0371] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 PO와 EO의 공중합체를 포함한다. 일부 실시형태에서, 에틸렌 옥사이드 기 대 프로필렌 옥사이드 기의 비는 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드가 높은 정도의 친수성을 갖도록 충분히 높다. 일부 실시형태에서, 에틸렌 옥사이드 기 대 프로필렌 옥사이드 기의 비는 리간드가 원하는 탄력성을 갖기에 충분히 낮다. 일부 실시형태에서, 에틸렌 옥사이드 기:프로필렌 옥사이드 기의 비는 약 15:1 내지 약 1:15, 약 15:1 내지 약 1:10, 약 15:1 내지 약 1:5, 약 10:1 내지 1:15, 약 10:1 내지 1:10, 약 10:1 내지 1:5, 약 5:1 내지 1:15, 약 5:1 내지 1:10, 또는 약 5:1 내지 1:5 이다.

[0372] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 화학식 I의 구조를 갖는다:



[0373]

[0374] 식에서:

[0375] x 는 1 내지 100 이고;

[0376] y 는 0 내지 100 이고;

[0377] w 는 0 또는 1 이고;

[0378] R^{1A} 및 R^{1B} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0379] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0380] R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

[0381] R^4 는 -O-, -OC(=O)-, 아마이드 또는 C_{1-20} 알킬이고; 그리고

[0382] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃ 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이고; 그리고

[0383] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0384] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{1A} 및 R^{1B} 는 모두 H일 수 없다.

[0385] 일부 실시형태에서, x 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, x 는 19 이다.

[0386] x 에 대한 값은 "약"이라는 단어에 의해 수정된 것으로 이해되어야 한다. 따라서, $x = 1$ 의 값은 $x = 1 \pm 0.1$ 을 의미하는 것으로 이해된다. 예를 들어, $x = 1$ 의 값은 0.9 내지 1.1을 의미하는 것으로 이해된다.

[0387] 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, y 는 3 이다.

[0388] y 에 대한 값은 "약"이라는 단어에 의해 수정된 것으로 이해되어야 한다. 따라서, $y = 1$ 의 값은 $y = 1 \pm 0.1$ 을 의미하는 것으로 이해된다. 예를 들어, $y = 1$ 의 값은 0.9 내지 1.1을 의미하는 것으로 이해된다.

[0389] 일부 실시형태에서, x 대 y 의 비는 약 15:1 내지 약 1:15, 약 15:1 내지 약 1:10, 약 15:1 내지 약 1:5, 약 10:1 내지 1:15, 약 10:1 내지 1:10, 약 10:1 내지 1:5, 약 5:1 내지 1:15, 약 5:1 내지 1:10, 또는 약 5:1 내지 1:5 이다. 일부 실시형태에서, x 대 y 의 비는 약 19:3이다.

[0390] 일부 실시형태에서, w 는 1 이다. 일부 실시형태에서, w 는 0 이다.

[0391] 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 -CH₃ 이다.

[0392] 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 $-CH_3$ 이다.

[0393] 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 H 이고, R^{1B} 는 $-CH_3$ 이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 $-CH_3$ 이고, R^{1B} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 H 이고, R^{1B} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 $-CH_3$ 이고, R^{1B} 는 $-CH_3$ 이다.

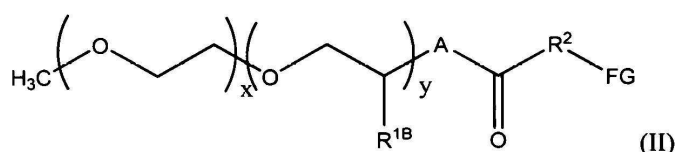
[0394] 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 $-CH_2CH_2-$ 이다.

[0395] 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 $-CH_3$ 이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_3-8 시클로알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{6-14} 아릴이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 페닐, 나프틸, 페난트릴, 안트라실, 인데닐, 아줄레닐, 비페닐, 비페닐레닐 또는 플루오레닐이다.

[0396] 일부 실시형태에서, R^4 는 $-O-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-OC(=O)-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 아미도이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-NHC(=O)-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-CH_2-$ 이다.

[0397] 일부 실시형태에서, FG 는 $-OH$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-NH_2$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-C(=O)OH$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-P(=O)(OH)_2$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-N_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OR^{IV})_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OH)_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OCH_3)_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OCH_2CH_3)_3$ 이다.

[0398] 일부 실시형태에서, 화학식 I에서 w는 1이고, R^{1A} 는 H 이고, R^3 은 $-CH_3$ 이고, R^4 는 $-OC(=O)-$ 또는 $-NHC(=O)-$ 인, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 화학식 II의 구조를 갖는다:



[0399]

[0400] 식에서:

[0401] x 는 1 내지 100 이고;

[0402] y 는 0 내지 100 이고;

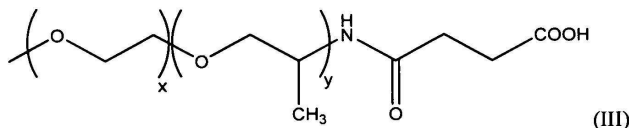
[0403] A 는 $-O-$ 또는 $-N-$ 이고;

[0404] R^{1B} 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0405] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

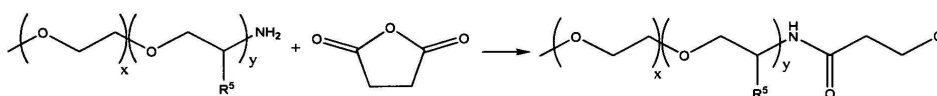
[0406] FG 는 $-OH$, $-SH$, $-NH_2$, $-C(=O)OH$, $-P(=O)(OH)_2$, $-N_3$ 또는 $-Si(OR^{IV})_3$ 이고; 그리고

- [0407] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,
- [0408] 다만 FG가 -SH 인 경우, R^{IB} 는 H가 아니다.
- [0409] 일부 실시형태에서, x는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50 또는 50 내지 100 이다.
일부 실시형태에서, x 는 10 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, x 는 19 이다.
- [0410] 일부 실시형태에서, y는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, y 는 3 이다.
- [0411] 일부 실시형태에서, x 대 y의 비는 약 15:1 내지 약 1:15, 약 15:1 내지 약 1:10, 약 15:1 내지 약 1:5, 약 10:1 내지 1:15, 약 10:1 내지 1:10, 약 10:1 내지 1:5, 약 5:1 내지 1:15, 약 5:1 내지 1:10, 또는 약 5:1 내지 1:5 이다. 일부 실시형태에서, x 대 y의 비는 약 19:3이다.
- [0412] 일부 실시형태에서, A 는 -O- 이다. 일부 실시형태에서, A 는 -N- 이다.
- [0413] 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{IB} 는 -CH₃ 이다.
- [0414] 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 -CH₂CH₂-이다.
- [0415] 일부 실시형태에서, 화학식 I에서 R^{IB} 는 -CH₃ 이고, A 는 -NH- 이고, R^2 는 -CH₂CH₂- 이고, FG 는 -C(=O)OH 인, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 화학식 III의 구조를 갖는다:



- [0416]
- [0417] 식에서:
- [0418] x 는 1 내지 100 이고; 그리고
- [0419] y 는 1 내지 100 이다.
- [0420] 일부 실시형태에서, x 는 1 이고 y 는 9 이다. 일부 실시형태에서, x 는 19 이고 y 는 3 이다. 일부 실시형태에서, x 는 6 이고 y 는 29 이다. 일부 실시형태에서, x 는 31 이고 y 는 10 이다.
- [0421] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 스킴 1에 나타난 반응에 의해 아민-말단의 중합체로부터 제조된다.

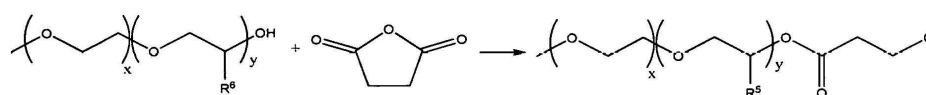
[0422] 스킴 1



- [0423]
- [0424] 식에서:
- [0425] x 는 1 내지 100 이고;
- [0426] y 는 1 내지 100 이고; 그리고

- [0427] R^5 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이다.
- [0428] 일부 실시형태에서, x는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, x 는 19 이다.
- [0429] 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, y 는 3 이다.
- [0430] 일부 실시형태에서, R^5 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^5 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^5 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^5 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^5 는 $-CH_3$ 이다.
- [0431] 일부 실시형태에서, 아민 말단의 중합체는 Huntsman Petrochemical Corporation의 상업적으로 이용 가능한 아민 말단의 중합체이다. 일부 실시형태에서, 스킴 1의 아민-말단의 중합체는 $x = 1$, $y = 9$, 및 $R^5 = -CH_3$ 이고 제파민[®] M-600 (Huntsman Petrochemical Corporation, 텍사스) 이다. 제파민[®] M-600의 분자량은 대략 600 이다. 일부 실시형태에서, 스킴 1의 아민-말단의 중합체는 $x = 19$, $y = 3$, 및 $R^5 = -CH_3$ 이고 제파민[®] M-1000 (Huntsman Petrochemical Corporation, 텍사스) 이다. 제파민[®] M-1000의 분자량은 대략 1,000이다. 일부 실시형태에서, 스킴 1의 아민-말단의 중합체는 $x = 6$, $y = 29$ 및 $R^5 = -CH_3$ 이고 제파민[®] M-2005 (Huntsman Petrochemical Corporation, 텍사스) 이다. 제파민[®] M-2005의 분자량은 대략 2,000이다. 일부 실시형태에서, 스킴 1의 아민-말단의 중합체는 $x = 31$, $y = 10$ 및 $R^5 = -CH_3$ 이고 제파민[®] M-2070 (Huntsman Petrochemical Corporation, 텍사스) 이다. 제파민[®] M-2070의 분자량은 대략 2,000이다.
- [0432] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 스킴 2에 나타낸 반응에 의해 하이드록시-말단의 중합체로부터 제조된다.

[0433] 스킴 2



[0434] 식에서:

[0436] x 는 1 내지 100 이고;

[0437] y 는 1 내지 100 이고; 그리고

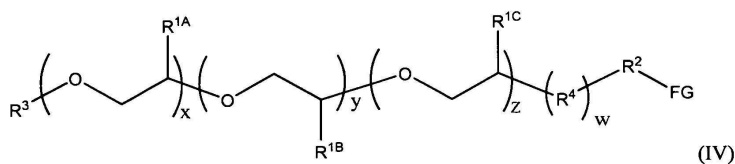
[0438] R^6 는 H 또는 C_{1-20} 알킬이다.

[0439] 일부 실시형태에서, x는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, x 는 10 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, x 는 19 이다.

[0440] 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다. 일부 실시형태에서, y 는 3 이다.

[0441] 일부 실시형태에서, R^6 은 H 이다. 일부 실시형태에서, R^6 은 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^6 은 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^6 은 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^6 은 CH_3 이다.

[0442] 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 화학식 IV의 구조를 갖는다:



[0443]

[0444] 식에서:

[0445] x 는 1 내지 100 이고;

[0446] y 는 1 내지 100 이고;

[0447] z 는 1 내지 100 이고;

[0448] w 는 0 또는 1 이고;

[0449] R^{1A} , R^{1B} , 및 R^{1C} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0450] R^2 는 C_{1-20} 알킬이고;

[0451] R^3 은 H, C_{1-20} 알킬, C_{3-8} 시클로알킬, 또는 C_{6-14} 아릴이고;

[0452] R^4 는 -O-, -OC(=O)-, 아마이드, 또는 C_{1-20} 알킬이고;

[0453] FG 는 -OH, -SH, -NH₂, -C(=O)OH, -P(=O)(OH)₂, -N₃, 또는 -Si(OR^{IV})₃ 이며; 그리고

[0454] 각각의 R^{IV} 는 독립적으로 H 또는 C_{1-20} 알킬이고,

[0455] 다만 FG 가 -SH 인 경우, R^{1A} , R^{1B} , 및 R^{1C} 가 모두 H 일 수는 없다.

[0456] 일부 실시형태에서, x는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, x 는 1 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, x 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, x 는 1 내지 10 이다.

[0457] 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, y 는 1 내지 10 이다.

[0458] 일부 실시형태에서, z 는 1 내지 100, 1 내지 50, 1 내지 20, 1 내지 10, 1 내지 5, 5 내지 100, 5 내지 50, 5 내지 20, 5 내지 10, 10 내지 100, 10 내지 50, 10 내지 20, 20 내지 100, 20 내지 50, 또는 50 내지 100 이다. 일부 실시형태에서, z 는 1 내지 50 이다. 일부 실시형태에서, z 는 1 내지 20 이다. 일부 실시형태에서, z 는 1 내지 10 이다.

[0459] 일부 실시형태에서, w 는 1 이다. 일부 실시형태에서, w 는 0 이다.

[0460] 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 -CH₃ 이다.

- [0461] 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1B} 는 $-CH_3$ 이다.
- [0462] 일부 실시형태에서, R^{1C} 는 H 이다. 일부 실시형태에서, R^{1C} 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1C} 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1C} 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^{1C} 는 $-CH_3$ 이다.
- [0463] 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 H 이고, R^{1B} 는 $-CH_3$ 이고, 그리고 R^{1C} 는 H 이다.
- [0464] 일부 실시형태에서, R^{1A} 는 $-CH_3$ 이고, R^{1B} 는 H이고, 그리고 R^{1C} 는 $-CH_3$ 이다.
- [0465] 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^2 는 $-CH_2CH_2-$ 이다.
- [0466] 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 $-CH_3$ 이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_3-8 시클로알킬이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 C_{6-14} 아릴이다. 일부 실시형태에서, R^3 은 페닐, 나프틸, 페난트릴, 안트라실, 인데닐, 아줄레닐, 비페닐, 비페닐레닐 및 플루오레닐기이다.
- [0467] 일부 실시형태에서, R^4 는 $-O-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-OC(=O)-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 아미도이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-NHC(=O)-$ 이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-20} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-10} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 C_{1-5} 알킬이다. 일부 실시형태에서, R^4 는 $-CH_2-$ 이다.
- [0468] 일부 실시형태에서, FG 는 $-OH$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-SH$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-NH_2$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-C(=O)OH$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-P(=O)(OH)_2$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-N_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OR^{1C})_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OH)_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OCH_3)_3$ 이다. 일부 실시형태에서, FG 는 $-Si(OCH_2CH_3)_3$ 이다.
- [0469] **리간드 교환**
- [0470] 일부 실시형태에서, 본 개시는 나노구조체 상에서 리간드를 교환하는 방법에 관한 것이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 상의 제 1 리간드는 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드와 교환된다. 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드의 적어도 하나의 관능기는 나노구조체에 비공유적으로 결합된 네이티브 소수성 리간드를 대체하고 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 나노구조체 표면에 안정적으로 고정시킨다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0471] 일부 실시형태에서, 본 개시는 나노구조체 상의 제 1 리간드를 제 2 리간드로 대체하는 방법에 관한 것이다. 일부 실시형태에서, 제 2 리간드는 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0472] 일부 실시형태에서, 본 개시는 나노구조체 상의 제 1 리간드를 제 2 리간드로 대체하는 방법에 관한 것으로 다음의 단계를 포함한다:
- [0473] 나노구조체에 비공유적으로 결합된 제 1 리간드 및 제 2 리간드인 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 나노구조체의 집단을 포함하는 반응 혼합물을 혼합하여, 제 2 리간드가 제 1 리간드를 대체하고 비공유적으로 결합되도록 하는 단계.

- [0474] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0475] 일부 실시형태에서, 혼합은 약 0℃ 내지 약 200℃, 약 0℃ 내지 약 150℃, 약 0℃ 내지 약 100℃, 약 0℃ 내지 약 80℃, 약 20℃ 내지 약 200℃, 약 20℃ 내지 약 150℃, 약 20℃ 내지 약 100℃, 약 20℃ 내지 약 80℃, 약 50℃ 내지 약 200℃, 약 50℃ 내지 약 150℃, 약 50℃ 내지 약 100℃, 약 50℃ 내지 약 80℃, 약 80℃ 내지 약 200℃, 약 80℃ 내지 약 150℃, 약 80℃ 내지 약 100℃, 약 100℃ 내지 약 200℃, 약 100℃ 내지 약 150℃, 또는 약 150℃ 내지 약 200℃의 온도에서 수행된다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 50℃ 내지 약 100℃의 온도에서 수행된다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 80℃의 온도에서 수행된다.
- [0476] 일부 실시형태에서, 혼합은 약 1 분 내지 약 6 시간, 약 1 분 내지 약 2 시간, 약 1 분 내지 약 1 시간, 약 1 분 내지 약 40 분, 약 1 분 내지 약 30 분, 약 1 분 내지 약 20 분, 약 1 분 내지 약 10 분, 약 10 분 내지 약 6 시간, 약 10 분 내지 약 2 시간, 약 10 분 내지 약 1 시간, 약 10 분 내지 약 40 분, 약 10 분 내지 약 30 분, 약 10 분 내지 약 20 분, 약 20 분 내지 약 6 시간, 약 20 분 내지 약 2 시간, 약 20 분 내지 약 1 시간, 약 20 분 내지 약 40 분, 약 20 분 내지 약 30 분, 약 30 분 내지 약 6 시간, 약 30 분 내지 약 2 시간, 약 30 분 내지 약 1 시간, 약 30 분 내지 약 40 분, 약 40 분 내지 약 6 시간, 약 40 분 내지 약 2 시간, 약 40 분 내지 약 1 시간, 약 1 시간 내지 약 6 시간, 약 1 시간 내지 약 2 시간, 또는 약 2 시간 내지 약 6 시간의 기간 동안 수행된다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 40 분 내지 약 2 시간의 기간 동안 수행된다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 1시간의 기간 동안 수행된다. 일부 실시형태에서, 혼합은 약 2 시간의 기간 동안 수행된다.
- [0477] 일부 실시형태에서, 반응 혼합물은 용매를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 용매는 클로로포름, 아세톤, 부타논, 에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노프로필 에테르, 1,4-부탄디올 디아세테이트, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 글리세릴 트리아세테이트, 헵틸 아세테이트, 헥실 아세테이트, 펜틸 아세테이트, 부틸 아세테이트, 에틸 아세테이트, 디에틸렌 글리콜 부틸 메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디(프로필렌 글리콜) 디메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 에틸 메틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 디에틸 에테르, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 모노메틸 에테르 글리콜 에스테르, 감마-부티로락톤, 메틸아세트산-3-에틸 에테르, 부틸 카르비톨, 부틸 카르비톨 아세테이트, 프로판디올 모노메틸 에테르, 프로판디올 모노메틸 에테르 아세테이트, 시클로헥산, 톨루엔, 크실렌, 이소프로필 알코올 및 이들의 조합물로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 실시형태에서, 용매는 톨루엔이다. 일부 실시형태에서, 용매는 클로로포름이다. 일부 실시형태에서, 용매는 톨루엔과 클로로포름의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 용매는 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 용매는 1,4-부탄디올 디아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 용매는 헥실 아세테이트이다.
- [0478] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다. 양자점 대 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드의 비는 원하는 파장에서 스톡 용액의 광학 밀도를 측정함으로써 결정될 수 있다. 예를 들어, 5.0 mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하기 위해, (1 cm 경로 길이 큐벳에서 460 nm의 파장에서 측정된) 광학 밀도가 10 인 양자점의 스톡 용액 4.0 mL를 200 mg의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드와 조합할 수 있다. 그리고, 2.5 mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하기 위해, (1 cm 경로 길이 큐벳에서 460 nm의 파장에서 측정된) 광학 밀도가 10 인 양자점의 스톡 용액 4.0 mL를 100 mg의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드와 조합할 수 있다.
- [0479] 일부 실시형태에서, (약 450 nm 내지 약 600 nm의 파장에서) 광학 밀도에 의해 측정된 양자점 대 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드의 비는 약 0.25 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 0.5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 또는 약 5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL 이다.
- [0480] 일부 실시형태에서, (약 460 nm의 파장에서) 광학 밀도에 의해 측정된 양자점 대 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드의 비는 약 0.25 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 0.5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 또는 약 5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL 이다.
- [0481] 일부 실시형태에서, (약 600 nm 내지 약 750 nm의 파장에서) 광학 밀도에 의해 측정된 양자점 대 폴리(알킬렌

옥사이드) 리간드의 비는 약 0.25 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 0.25 mg/mL 내지 약 0.5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 약 0.5 mg/mL 내지 약 1 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 10 mg/mL, 약 1 mg/mL 내지 약 5 mg/mL, 또는 약 5 mg/mL 내지 약 10 mg/mL 이다.

[0482] 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에 의해 치환된 제 1 리간드의 백분율은 ^1H NMR에 의해 측정될 수 있다. 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에 의해 변위되는 제 1 리간드의 백분율은 약 10% 내지 약 100%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 40%, 약 10% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 100%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 40%, 약 20% 내지 약 30%, 약 30% 내지 약 100%, 약 30% 내지 약 80%, 약 30% 내지 약 60%, 약 30% 내지 약 40%, 약 40% 내지 약 100%, 약 40% 내지 약 80%, 약 40% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 100%, 약 60% 내지 약 80%, 또는 약 80% 내지 약 100% 이다.

[0483] 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 집단에서의 나노구조체의 백분율은 ^1H NMR에 의해 측정될 수 있다. 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 집단에서의 나노구조체의 백분율은 약 10% 내지 약 100%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 40%, 약 10% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 100%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 40%, 약 20% 내지 약 30%, 약 30% 내지 약 100%, 약 30% 내지 약 80%, 약 30% 내지 약 60%, 약 30% 내지 약 40%, 약 40% 내지 약 100%, 약 40% 내지 약 80%, 약 40% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 100%, 또는 약 80% 내지 약 100% 이다.

[0484] 반응성 회석제

[0485] 일부 실시형태에서, 나노구조체는 반응성 회석제에 분산되어 있다. 적합한 반응성 회석제는 나노구조체 조성물을 조제 및 저장하는데 사용되는 조건하에서 나노구조체와 실질적으로 비반응성이지만, 중합체 및/또는 관통 네트워크를 형성하기 위한 반응을 진행할 수 있다.

[0486] 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 라디칼 중합 반응을 진행할 수 있다. 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 하나 이상의 모노머를 포함한다. 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 하나 이상의 올리고머를 포함한다.

[0487] 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 라디칼 중합성 기를 갖는다. 일부 실시형태에서, 라디칼 중합성 기는 에틸렌성 불포화 기이다. 일부 실시형태에서, 에틸렌성 불포화 기는 아크릴릴옥시기, 아크릴릴옥시알킬기, 메타크릴릴옥시기, 메타크릴릴옥시알킬기, 아크릴아미드기, 메타크릴아미드기, 비닐옥시기, 비닐 카보네이트기, 0-비닐 카바메이트기, N-비닐 카바메이트기, 방향족 비닐기 또는 비닐기이다.

[0488] 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 단일 아크릴레이트 화합물 또는 상이한 아크릴레이트 화합물의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 단관능성, 이관능성, 삼관능성 또는 더 높은 관능성이다.

[0489] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 단관능성이다. 일부 실시형태에서, 단관능성 아크릴레이트는 이소보르닐 아크릴레이트, 테트라히드로푸르푸릴 아크릴레이트, 에톡실화된 페닐 아크릴레이트, 라우릴 아크릴레이트, 스테아릴 아크릴레이트, 옥틸 아크릴레이트, 이소데실 아크릴레이트, 트리데실 아크릴레이트, 카프로락톤 아크릴레이트, 노닐 페놀 아크릴레이트, 시클릭 트리메틸올프로판 포르말 아크릴레이트, 메톡시 폴리에틸렌글리콜 아크릴레이트, 메톡시 폴리프로필렌글리콜 아크릴레이트, 히드록시에틸 아크릴레이트, 히드록시프로필 아크릴레이트, 2-페녹시에틸 아크릴레이트, 에톡실화 o-페닐페놀 아크릴레이트, N-[2-(아크릴로일옥시)에틸]프탈이미드, 2-아크릴로일옥시에틸 숙시네이트 또는 글리시딜 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 단관능성 아크릴레이트는 이소보르닐 아크릴레이트이다.

[0490] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 이관능성이다. 일부 실시형태에서, 이관능성 아크릴레이트는 트리시클로데칸 디메탄올 디아크릴레이트 (SARTOMER® 833s), 디옥산 글리세롤 디아크릴레이트 (SARTOMER® CD 536), 1,4-부탄디올 디아크릴레이트 (SARTOMER® 213), 1,6-헥산디올 디아크릴레이트 (SARTOMER® 238), 에톡실화 1,6-헥산디올 디아크릴레이트, 3-메틸 1,5-펜탄디올 디아크릴레이트 (SARTOMER® 341), 트리프로필렌 글리콜 디아크릴레이트 (SARTOMER® 306), 네오펜틸 글리콜 디아크릴레이트 (SARTOMER® 247), 프로폭실화 네오펜틸 글리콜 디아크릴레이트, 디메틸올트리시클로데칸 디아크릴레이트 (KAYARAD® R-684), 1,4-디히드록시메틸시클로헥산

디아크릴레이트, 2,2-비스(4-히드록시-시클로헥실)프로판 디아크릴레이트, 비스(4-히드록시시클로헥실)메탄 디아크릴레이트, 히드록실 피발산 네오펜틸 글리콜 디아크릴레이트, 또는 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트이다.

일부 실시형태에서, 이관능성 아크릴레이트는 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 1,4-부탄디올 디아크릴레이트이다.

[0491] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 방향족 이관능성 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 방향족 이관능성 아크릴레이트는 비스페놀 A 폴리에틸렌 글리콜 디에테르 디아크릴레이트 (KAYARAD® R-551), 2,2'-메틸렌비스[p-페닐렌폴리(옥시에틸렌)옥시]디아틸 디아크릴레이트 (KAYARAD® R-712), 히드로퀴논 디아크릴레이트, 4,4'-디히드록시비페닐 디아크릴레이트, 비스페놀 A 디아크릴레이트, 비스페놀 F 디아크릴레이트, 비스페놀 S 디아크릴레이트, 에톡실화 또는 프로폭실화 비스페놀 A 디아크릴레이트, 에톡실화 또는 프로폭실화 비스페놀 F 디아크릴레이트, 에톡실화 또는 프로폭실화 비스페놀 S 디아크릴레이트 또는 비스페놀-A 에폭시 디아크릴레이트이다.

[0492] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 폴리에틸렌 이관능성 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 폴리에틸렌글리콜 이관능성 아크릴레이트는 테트라에틸렌글리콜 디아크릴레이트 (SARTOMER® 268), 폴리에틸렌글리콜 (200) 디아크릴레이트 (SARTOMER® 259), 폴리에틸렌글리콜 (400) 디아크릴레이트 (SARTOMER® 344) 이다.

[0493] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 삼관능성 아크릴레이트 또는 훨씬 더 높은 관능성을 갖는 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 헥산-2,4,6-트리올 트리아크릴레이트, 글리세롤 트리아크릴레이트, 1,1,1-트리메틸올프로판 트리아크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 글리세롤 트리아크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 1,1,1-트리메틸올프로판 트리아크릴레이트, 펜타에리트리톨 테트라아크릴레이트, 비스트리메틸올프로판 테트라아크릴레이트, 펜타에리트리톨 모노히드록시트리아크릴레이트, 디펜타에리트리톨 모노히드록시펜타아크릴레이트, 디펜타에리트리톨 펜타아크릴레이트 (SARTOMER® 399), 펜타에리트리톨 트리아크릴레이트 (SARTOMER® 444), 펜타에리트리톨 테트라아크릴레이트 (SARTOMER® 295), 트리메틸올프로판 트리아크릴레이트 (SARTOMER® 351), 트리스(2-아크릴옥시 에틸) 이소시아누레이트 트리아크릴레이트 (SARTOMER® 368), 에톡실화된 트리메틸올프로판 트리아크릴레이트 (SARTOMER® 454), 또는 디펜타에리트리톨 펜타아크릴레이트 에스테르 (SARTOMER® 9041) 이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 3개의 히드록실기를 포함하는 페놀 또는 크레졸 노볼락 및 3가 페놀 (페놀-포름알데하이드 축합 중합체) 의 트리글리시딜 에테르의, 아크릴산과의 방향족 트리아크릴레이트 반응 생성물이다.

[0494] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 다관능성 우레탄 아크릴레이트이다. 우레탄 아크릴레이트는, 예를 들어, 히드록실-말단의 폴리우레탄을 아크릴산과 반응시키거나, 또는 이소시아네이트-말단의 프레폴리머를 히드록시알킬 아크릴레이트와 반응시켜 우레탄 아크릴레이트를 제공하는 것에 의해 조제될 수 있다. 일부 실시형태에서, 우레탄 아크릴레이트는 폴리에스테르 디올, 지방족 이소시아네이트, 또는 히드록시알킬 아크릴레이트로부터 제조된다.

[0495] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 하이버분지형 폴리에스테르 타입을 포함하여, 보다 높은 관능성의 아크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 SARTOMER® 제조의 상업적으로 입수 가능한 아크릴레이트, 예컨대 CN2301, CN2302, CN2303, CN2304 이다.

[0496] 일부 실시형태에서, 아크릴레이트는 상업적으로 입수 가능한 아크릴레이트, 예컨대 KAYARAD® D-310, D-330, DPHA-2H, DPHA-2C, DPHA-21, DPCA-20, DPCA-30, DPCA-60, DPCA-120, DN-0075, DN- 2475, T-2020, T-2040, TPA-320, TPA-330 T-1420, PET-30, THE-330, 및 RP-1040 (일본 도쿄의 Nippon Kayaku Co., Ltd. 제조); R-526, R-604, R-011, R-300 및 R-205 (일본 도쿄의 Nippon Kayaku Co., Ltd. 제조); ARONIX® M-210, M-220, M-233, M-240, M-215, M-305, M-309, M-310, M-315, M-325, M-400, M-6200, 및 M- 6400 (일본 도쿄의 Toagosei Chemical Industry Co., Ltd. 제조); 라이트 아크릴레이트 BP-4EA, BP-4PA, BP-2EA, BP-2PA, 및 DCP-A (일본 오사카의 Kyoeisha Chemical Industry Co., Ltd. 제조); 뉴 프론티어 BPE-4, TEICA, BR-42M, 및 GX-8345 (일본 도쿄의 Daichi Kogyo Seiyaku Co., Ltd. 제조); ASF-400 (일본 도쿄의 Nippon Steel Chemical Co., Ltd. 제조); 리폭시 SP-1506, SP-1507, SP-1509, VR-77, SP-4010 및 SP-4060 (일본 도쿄의 Showa Highpolymer Co., Ltd. 제조); NK 에스테르 A-BPE-4 (일본 와카야마의 Shin-Nakamura Chemical Industry Co., Ltd. 제조); SA-1002 (일본 도쿄의 Mitsubishi Chemical Co., Ltd. 제조); 또는 비스코트-195, 비스코트-230, 비스코트-260, 비스코트-310, 비스코트-214HP, 비스코트-295, 비스코트-300, 비스코트-360, 비스코트-GPT, 비스코트-400, 비스코트-700, 비스코트-540, 비스코트-3000, 및 비스코트-3700 (일본 오사카의 Osaka Organic Chemical Industry Co., Ltd. 제조) 이다.

- [0497] 일부 실시형태에서, 반응성 화석제는 메타크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 단일의 메타크릴레이트 화합물 또는 상이한 메타크릴레이트 화합물의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 단관능성, 이관능성, 삼관능성, 또는 그 이상의 관능성이다.
- [0498] 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 단관능성이다. 일부 실시형태에서, 단관능성 메타크릴레이트는 이소보르닐 메타크릴레이트, 테트라히드로푸르푸르일 메타크릴레이트, 에톡실화된 페닐 메타크릴레이트, 라우릴 메타크릴레이트, 스테아릴 메타크릴레이트, 옥틸 메타크릴레이트, 이소데실 메타크릴레이트, 트리데실 메타크릴레이트, 카프콜아세톤 메타크릴레이트, 노닐 페놀 메타크릴레이트, 시클릭 트리메틸올프로판 포르말 메타크릴레이트, 메톡시 폴리에틸렌글리콜 메타크릴레이트, 메톡시 폴리프로필렌글리콜 메타크릴레이트, 히드록시에틸 메타크릴레이트, 히드록시프로필 메타크릴레이트, 또는 글리시딜 메타크릴레이트이다.
- [0499] 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 지방족 또는 지환족 이관능성 메타크릴레이트, 예컨대 1,4-디히드록시메틸시클로헥산 디메타크릴레이트, 2,2-비스(4-히드록시-시클로헥실)프로판 디메타크릴레이트, 비스(4-히드록시시클로헥실)메탄 디메타크릴레이트, 또는 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트이다.
- [0500] 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 방향족 이관능성 메타크릴레이트, 예컨대 에톡실화된 (2) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 10 IK), 에톡실화된 (2) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 348L), 에톡실화된 (3) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 348C), 에톡실화된 (4) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 150), 에톡실화된 (4) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 540), 에톡실화된 (10) 비스페놀 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 480), 히드로퀴논 디메타크릴레이트, 4,4'-디히드록시비페닐 디메타크릴레이트, 비스페놀 디메타크릴레이트, 비스페놀 F 디메타크릴레이트, 비스페놀 S 디메타크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 비스페놀 디메타크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 비스페놀 F 디메타크릴레이트, 또는 에톡실화된 또는 프로폭실화된 비스페놀 S 디메타크릴레이트이다.
- [0501] 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 삼관능성 메타크릴레이트 또는 더 높은 관능성 메타크릴레이트, 예컨대 트리시클로데칸 디메탄올 디메타크릴레이트 (SARTOMER® 834), 트리메틸올프로판 트리메타크릴레이트 (SARTOMER® 350), 테트라메틸올메탄 테트라메타크릴레이트 (SARTOMER® 367), 헥산-2,4,6-트리올 트리메타크릴레이트, 글리세롤 트리메타크릴레이트, 1,1,1-트리메틸올프로판 트리메타크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 글리세롤 트리메타크릴레이트, 에톡실화된 또는 프로폭실화된 1,1,1-트리메틸올프로판 트리메타크릴레이트, 펜타에리트리톨 테트라메타크릴레이트, 비스트리메틸올프로판 테트라메타크릴레이트, 펜타에리트리톨 모노히드록시트리메타크릴레이트, 또는 디펜타에리트리톨 모노히드록시펜타메타크릴레이트이다.
- [0502] 일부 실시형태에서, 메타크릴레이트는 방향족 삼관능성 메타크릴레이트이다. 일부 실시형태에서, 방향족 삼관능성 메타크릴레이트는 3개의 히드록시기를 포함하는 페놀 또는 크레졸 노볼락과 3가 페놀의 트리글리시딜 에테르의, 메타크릴산과의 반응 생성물이다. 일부 실시형태에서, 방향족 트리메타크릴레이트는 3개의 히드록시기를 포함하는 페놀 또는 크레졸 노볼락과 3가 페놀의 트리글리시딜 에테르의, 메타크릴산과의 반응 생성물이다.
- [0503] 일부 실시형태에서, 반응성 화석제는 이소보르닐 아크릴레이트, 이소보르닐 메타크릴레이트, 라우릴 메타크릴레이트, 트리시클로데칸 디메탄올 디아크릴레이트, 트리메틸올프로판 트리아크릴레이트, 트리메틸올프로판 트리메타크릴레이트, 1,3,5-트리알릴-1,3,5-트리아진-2,4,6(1H,3H,5H)-트리온, 1,4-부탄디올 아크릴레이트, 1,6-헥산디올 디메타크릴레이트, 디프로필렌 글리콜 디아크릴레이트, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다.
- [0504] 일부 실시형태에서, 반응성 화석제는 에폭시 모노머이다. 일부 실시형태에서, 에폭시 모노머는 3,4-에폭시시클로헥실메틸-3',4'-에폭시시클로헥산 카르복실레이트, 시클로헥센 옥사이드, 리모넨 디옥사이드, 글리시딜 메타크릴레이트, 트리메틸올프로판 트리글리시딜 에테르, 네오펜틸 글리콜 디글리시딜 에테르, 비스페놀-A 디글리시딜 에테르, 글리시딜 아크릴레이트 에스테르, 글리시딜 메타크릴레이트 에스테르, α-에틸 아크릴레이트 글리시딜 에스테르, α-n-프로필 아크릴레이트 글리시딜 에스테르, α-n-부틸 아크릴레이트 글리시딜 에스테르, 아크릴레이트-3,4-에폭시-부틸 에스테르, 메타크릴레이트-3,4-에폭시-부틸 에스테르, 아크릴레이트-6,7-에폭시-헵틸 에스테르, 메타크릴레이트-6,7-에폭시-헵틸 에스테르, α-에틸 아크릴레이트-6,7-에폭시-헵틸 에스테르, o-비닐 벤질 글리시딜 에테르, m-비닐 벤질 글리시딜 에테르, 또는 p-비닐 벤질 글리시딜 에테르이다. 일부 실시형태에서, 에폭시 모노머는 리모넨 디옥사이드이다.

- [0505] 일부 실시형태에서, 반응성 회석제는 옥세탄 모노머이다. 일부 실시형태에서, 옥세탄 모노머는 디옥세타닐 에테르, 3-에틸-3-히드록시메틸 옥세탄, 3-에틸-3-페녹시메틸옥세탄, 3,3-디메틸 옥세탄, 3,3-(히드록시메틸) 메틸 옥세탄, 3,3-(니트레이토메틸) 메틸 옥세탄, 3,3-비스(히드록시메틸) 옥세탄, 3,3-비스(클로로메틸) 옥세탄, 3,3-(아지도메틸) 메틸 옥세탄, 3,3-비스(아지도메틸) 옥세탄, 3-메틸 니트로아미노메틸-옥세탄, 3,3-비스(메틸 니트로아미노메틸) 옥세탄, 3,3-(디플루오로 아미노메틸) 메틸 옥세탄, 3,3-비스(디플루오로 아미노메틸) 옥세탄, 3-히드록시-옥세탄, 1,4-비스[(3-에틸-3-옥세타닐메톡시)메틸]벤젠, 또는 비스[1-에틸(3-옥세타닐)]메틸 에테르이다. 일부 실시형태에서, 옥세탄 모노머는 디옥세타닐 에테르이다.
- [0506] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 반응성 회석제를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 1 내지 5, 1 내지 4, 1 내지 3, 1 내지 2, 2 내지 5, 2 내지 4, 2 내지 3, 3 내지 5, 3 내지 4, 또는 4 내지 5 개의 반응성 회석제를 포함한다.
- [0507] 반응성 회석제는 임의의 적합한 양으로 존재할 수 있다. 예를 들어, 반응성 회석제는 나노구조체와 비교하여, 그보다 크거나 같거나 더 적은 양 (중량/중량) 으로 존재할 수 있다. 일부 실시형태에서, 반응성 회석제 대 나노구조체의 중량비는 약 1000:1 내지 약 1:1000, 약 1000:1 내지 약 1:500, 약 1000:1 내지 약 1:200, 약 1000:1 내지 약 1:100, 약 1000:1 내지 약 1:50, 약 1000:1 내지 약 1:10, 약 1000:1 내지 약 1:1, 약 500:1 내지 약 1:1000, 약 500:1 내지 약 1:500, 약 500:1 내지 약 1:200, 약 500:1 내지 약 1:100, 약 500:1 내지 약 1:50, 약 500:1 내지 약 1:10, 약 500:1 내지 약 1:1, 약 200:1 내지 약 1:1000, 약 200:1 내지 약 1:500, 약 200:1 내지 약 1:200, 약 200:1 내지 약 1:100, 약 200:1 내지 약 1:50, 약 200:1 내지 약 1:10, 약 200:1 내지 약 1:1, 약 100:1 내지 약 1:1000, 약 100:1 내지 약 1:500, 약 100:1 내지 약 1:200, 약 100:1 내지 약 1:100, 약 100:1 내지 약 1:50, 약 100:1 내지 약 1:10, 약 100:1 내지 약 1:1, 약 50:1 내지 약 1:1000, 약 50:1 내지 약 1:500, 약 50:1 내지 약 1:200, 약 50:1 내지 약 1:100, 약 50:1 내지 약 1:50, 약 50:1 내지 약 1:10, 약 50:1 내지 약 1:1, 약 10:1 내지 약 1:1000, 약 10:1 내지 약 1:500, 약 10:1 내지 약 1:200, 약 10:1 내지 약 1:100, 약 10:1 내지 약 1:50, 약 10:1 내지 약 1:10, 약 10:1 내지 약 1:1 이다. 일부 실시형태에서, 반응성 회석제 대 나노구조체의 중량비는 약 1000:1, 약 500:1, 약 200:1, 약 100:1, 약 50:1, 약 10:1, 약 1:1, 약 1:10, 약 1:50, 약 1:100, 약 1:200, 약 1:500, 또는 약 1:1000 이다.
- [0508] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물에서의 반응성 회석제의 중량 백분율은 약 0.01% 내지 약 99%, 약 0.01% 내지 약 95%, 약 0.01% 내지 약 90%, 약 0.01% 내지 약 80%, 약 0.01% 내지 약 70%, 약 0.01% 내지 약 60%, 약 0.01% 내지 약 50%, 약 0.01% 내지 약 25%, 약 0.01% 내지 약 20%, 약 0.01% 내지 약 15%, 약 0.01% 내지 약 10%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 99%, 약 1% 내지 약 95%, 약 1% 내지 약 90%, 약 1% 내지 약 80%, 약 1% 내지 약 70%, 약 1% 내지 약 60%, 약 1% 내지 약 50%, 약 1% 내지 약 25%, 약 1% 내지 약 20%, 약 1% 내지 약 15%, 약 1% 내지 약 10%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 2%, 약 2% 내지 약 99%, 약 2% 내지 약 95%, 약 2% 내지 약 90%, 약 2% 내지 약 80%, 약 2% 내지 약 70%, 약 2% 내지 약 60%, 약 2% 내지 약 50%, 약 2% 내지 약 25%, 약 2% 내지 약 20%, 약 2% 내지 약 15%, 약 2% 내지 약 10%, 약 2% 내지 약 5%, 약 5% 내지 약 99%, 약 5% 내지 약 95%, 약 5% 내지 약 90%, 약 5% 내지 약 80%, 약 5% 내지 약 70%, 약 5% 내지 약 60%, 약 5% 내지 약 50%, 약 5% 내지 약 25%, 약 5% 내지 약 20%, 약 5% 내지 약 15%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 99%, 약 10% 내지 약 95%, 약 10% 내지 약 90%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 70%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 50%, 약 10% 내지 약 25%, 약 10% 내지 약 20%, 약 10% 내지 약 15%, 약 15% 내지 약 50%, 약 15% 내지 약 25%, 약 15% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 99%, 약 20% 내지 약 95%, 약 20% 내지 약 90%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 70%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 50%, 약 20% 내지 약 25%, 약 25% 내지 약 99%, 약 25% 내지 약 95%, 약 25% 내지 약 90%, 약 25% 내지 약 80%, 약 25% 내지 약 70%, 약 25% 내지 약 60%, 약 25% 내지 약 50%, 약 50% 내지 약 99%, 약 50% 내지 약 95%, 약 50% 내지 약 90%, 약 50% 내지 약 80%, 약 50% 내지 약 70%, 약 50% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 99%, 약 60% 내지 약 95%, 약 60% 내지 약 90%, 약 60% 내지 약 80%, 약 60% 내지 약 70%, 약 70% 내지 약 99%, 약 70% 내지 약 95%, 약 70% 내지 약 90%, 약 70% 내지 약 80%, 약 80% 내지 약 90%, 약 80% 내지 약 95%, 약 80% 내지 약 99%, 약 90% 내지 약 95%, 약 90% 내지 약 99%, 또는 약 95% 내지 약 99% 이다.
- [0509] 일부 실시형태에서, 나노구조체 성형품에서의 반응성 회석제의 중량 백분율은 약 0.01% 내지 약 99%, 약 0.01% 내지 약 95%, 약 0.01% 내지 약 90%, 약 0.01% 내지 약 80%, 약 0.01% 내지 약 70%, 약 0.01% 내지 약 60%, 약 0.01% 내지 약 50%, 약 0.01% 내지 약 25%, 약 0.01% 내지 약 20%, 약 0.01% 내지 약 15%, 약 0.01% 내지 약 10%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 99%, 약 1% 내지 약

95%, 약 1% 내지 약 90%, 약 1% 내지 약 80%, 약 1% 내지 약 70%, 약 1% 내지 약 60%, 약 1% 내지 약 50%, 약 1% 내지 약 25%, 약 1% 내지 약 20%, 약 1% 내지 약 15%, 약 1% 내지 약 10%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 2%, 약 2% 내지 약 99%, 약 2% 내지 약 95%, 약 2% 내지 약 90%, 약 2% 내지 약 80%, 약 2% 내지 약 70%, 약 2% 내지 약 60%, 약 2% 내지 약 50%, 약 2% 내지 약 25%, 약 2% 내지 약 20%, 약 2% 내지 약 15%, 약 2% 내지 약 10%, 약 2% 내지 약 5%, 약 5% 내지 약 99%, 약 5% 내지 약 95%, 약 5% 내지 약 90%, 약 5% 내지 약 80%, 약 5% 내지 약 70%, 약 5% 내지 약 60%, 약 5% 내지 약 50%, 약 5% 내지 약 25%, 약 5% 내지 약 20%, 약 5% 내지 약 15%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 99%, 약 10% 내지 약 95%, 약 10% 내지 약 90%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 70%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 50%, 약 10% 내지 약 25%, 약 10% 내지 약 20%, 약 10% 내지 약 15%, 약 15% 내지 약 50%, 약 15% 내지 약 25%, 약 15% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 99%, 약 20% 내지 약 95%, 약 20% 내지 약 90%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 70%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 50%, 약 20% 내지 약 25%, 약 25% 내지 약 99%, 약 25% 내지 약 95%, 약 25% 내지 약 90%, 약 25% 내지 약 80%, 약 25% 내지 약 70%, 약 25% 내지 약 60%, 약 25% 내지 약 50%, 약 50% 내지 약 99%, 약 50% 내지 약 95%, 약 50% 내지 약 90%, 약 50% 내지 약 80%, 약 50% 내지 약 70%, 약 50% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 99%, 약 60% 내지 약 95%, 약 60% 내지 약 90%, 약 60% 내지 약 80%, 약 60% 내지 약 70%, 약 70% 내지 약 99%, 약 70% 내지 약 95%, 약 70% 내지 약 90%, 약 70% 내지 약 80%, 약 80% 내지 약 90%, 약 80% 내지 약 95%, 약 80% 내지 약 99%, 약 90% 내지 약 95%, 약 90% 내지 약 99%, 또는 약 95% 내지 약 99% 이다.

[0510] **추가 재료를 이용한 나노구조체 조성물**

[0511] 양자점은 콜로이드이고 증발될 수 없기 때문에 양자점 발광 다이오드 (LED) 의 양자점 층은 용액 처리되어야 한다. 양자점 LED는 다층 구조이기 때문에, 가능한 많은 디바이스를 처리하는 것이 분명히 바람직하다.

[0512] 용액 처리에는 용액의 층별 어셈블리, 스핀 코팅 및 잉크젯 인쇄와 같은 많은 기술이 포함된다. 양자점은 통상적으로 제한된 범위의 용매에 가용성이다. 통상적으로, 합성된 양자점은 톨루엔 또는 옥탄과 같은 비극성 용매에 잘 분산되어 있다. 그러나, 이들 용매는 종종 잉크젯 인쇄 또는 스핀 코팅과 같은 원하는 층 침착 방법과 양립할 수 없다. 잉크젯 인쇄 및 스핀 코팅은 통상적으로 양자점 표면과 양립할 수 없는 높은 비점, 환경 적으로 허용되는 용매를 포함하며, 이는 표면에 대한 변형없이 이루어진다.

[0513] 용액 처리는 양자점 용액에 다양한 첨가제를 첨가할 수 있게 하여 디바이스 성능을 향상시킬 수 있어야 한다. 그러나, 종래의 기술을 사용하여 제조된 양자점은 이러한 많은 첨가제와 혼합될 수 없음이 잘 알려져 있다. 이로 인해 양자점 또는 첨가제가 응집될 수 있다. 이는 또한 용매가 침착된 층으로부터 제거될 때 상 분리를 야기할 수 있으며, 이는 첨가제의 불균일한 혼합을 초래할 수 있다. 양자점과 첨가제 사이의 상 분리는 다양한 메커니즘에 의해 성능을 저하시킬 수 있는데, 왜냐하면 일반적으로 임의의 첨가제가 양자점 사이에 균일하게 분포되는 것이 가장 유리하기 때문이다.

[0514] 양자점과 첨가제 사이의 용해도의 차이로 인해, 많은 첨가제는 일반적으로 양자점과 함께 사용되는 용매에 용해되지 않는다. 더 넓은 범위의 용매에 가용성이 되도록 양자점을 개질시키면 추가의 첨가제가 방출 층을 제조하는데 사용될 수 있는 나노구조체 조성물에 혼입될 수 있다. 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있는 첨가제의 수 및 타입을 증가 시키면 방출 층이 많은 기능에 맞게 조정될 수 있다.

[0515] 다른 종류의 나노구조체 또는 중합체 착물을 포함하는 다양한 재료가 나노구조체 조성물에서 양자점과 조합되어 (예를 들어, 포스터 공명 에너지 전달 (FRET) 감소에 의해) 입자 간격이 증가된 방출 층을 제조할 수 있다. 전자 및 정공의 나노구조체로의 효율적인 수송을 용이하게 하고 나노구조체 내에서의 효율적인 재조합을 촉진시키기 위해 호스트 재료가 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있다. 계면 활성제 및 점도 조절제와 같은 재료가 나노구조체 조성물에 첨가되어 가공 능력을 증가시킬 수 있다. 코팅된 방출 층의 광경화 또는 광패턴화를 가능하게 하기 위해 반응성 전구체가 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있다. 광경화 방출 층은 다음 층의 용액 코팅으로 인한 용매 손상으로부터 보호되어 모든 용액 처리된 "반전된" 양자점 LED (여기서는 일반적으로 정공 수송층이 증발됨) 를 허용한다.

[0516] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0517] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단

[0518] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드; 및

[0519] (c) 정공 수송 재료, 전자 수송 재료, 추가 중합체 착물 및 가공 첨가제로 이루어진 군으로부터 선택된 적어도

하나의 추가 재료.

[0520] 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 추가 재료를 갖는 나노구조체 조성물은 용매를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 용매는 디프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르 아세테이트 (DPMA), 폴리글리시딜 메타크릴레이트 (PGMA), 디에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 아세테이트 (EDGAC), 및 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA), 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 에틸 아세테이트, 테트라히드로푸란, 클로로포름, 클로로벤젠, 시클로헥산, 헥산, 헵탄, 옥탄, 헥사데칸, 운데칸, 데칸, 도데칸, 크실렌, 톨루엔, 벤젠, 옥타데칸, 테트라데칸, 부틸 에테르, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다. 일부 실시형태에서, 용매는 DPMA, PGMA, EDGAC, PGMEA, 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 에틸 아세테이트, 테트라히드로푸란, 및 이들의 조합물로부터 선택된다.

[0521] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물에서의 적어도 하나의 첨가 재료의 중량 백분율은 약 0.0001% 내지 약 5%, 약 0.0001% 내지 약 4%, 약 0.0001% 내지 약 3%, 약 0.0001% 내지 약 2%, 약 0.0001% 내지 약 1%, 약 0.0001% 내지 약 0.5%, 약 0.0001% 내지 약 0.1%, 약 0.0001% 내지 0.01%, 약 0.0001% 내지 약 0.001%, 약 0.001% 내지 약 5%, 약 0.001% 내지 약 4%, 약 0.001% 내지 약 3%, 약 0.001% 내지 약 2%, 약 0.001% 내지 약 1%, 약 0.001% 내지 약 0.5%, 약 0.001% 내지 약 0.1%, 약 0.001% 내지 0.01%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 4%, 약 0.01% 내지 약 3%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 0.01% 내지 약 0.5%, 약 0.01% 내지 약 0.1%, 약 0.1% 내지 약 5%, 약 0.1% 내지 약 4%, 약 0.1% 내지 약 3%, 약 0.1% 내지 약 2%, 약 0.1% 내지 약 1%, 약 0.1% 내지 약 0.5%, 약 0.5% 내지 약 5%, 약 0.5% 내지 약 4%, 약 0.5% 내지 약 3%, 약 0.5% 내지 약 2%, 약 0.5% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 4%, 약 1% 내지 약 3%, 또는 약 1% 내지 약 2% 이다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.

[0522] 정공 수송 재료

[0523] 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체 조성물의 증가된 분산성은 정공 수송 재료가 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있게 한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물에 첨가된 적어도 하나의 추가 재료는 정공 수송 재료이다.

[0524] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0525] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단;

[0526] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드; 및

[0527] (c) 적어도 하나의 정공 수송 재료.

[0528] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 하나의 정공 수송 재료를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 2개의 정공 수송 재료를 포함한다.

[0529] 일부 실시형태에서, 정공 수송 재료를 포함하는 나노구조체 조성물은 디바이스에서 방출 층으로서 침착되며 디바이스는 별도의 정공 수송 층을 포함하지 않는다.

[0530] 일부 실시형태에서, 정공 수송 재료는 아민, 트리아릴아민, 티오펜, 카르바졸, 프탈로시아닌, 포르피린, 및 이들의 조합물이다.

[0531] 일부 실시형태에서, 정공 수송 재료는 1,3-비스(N-카르바졸릴)벤젠, 4,4'-비스(N-카르바졸릴)-1,1'-비페닐, 1,4-비스(디페닐아미노)벤젠, 4,4'-비스(3-에틸-N-카르바졸릴)-1,1'-비페닐, N,N'-비스(3-에틸-N-카르바졸릴)-1,1'-비페닐, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐벤지딘, N,N'-비스(페난트렌-9-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘, 4,4'-시클로헥실리덴비스[N,N-비스(4-메틸페닐)벤젠아민], 4-(디벤질아미노)벤즈알데히드-N,N-디페닐히드라존, 9,9'-(2,2'-디메틸[1,1'-비페닐]-4,4'-디일)비스-9H-카르바졸, 2,2'-디메틸-N,N'-디-[(1-나프틸)-N,N'-디페닐]-1,1'-비페닐-4,4'-디아민, 9,9-디메틸-N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐-9H-플루오렌-2,7-디아민, N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민, N,N'-디(2-나프틸-N,N'-디페닐)-1,1'-비페닐-4,4'-디아민, 4-(디페닐아미노)벤즈알데히드 디페닐히드라존, N,N'-디페닐-N,N'-디-톨릴벤젠-1,4-디아민, 디피라지노[2,3-f:2'3'-h]퀴녹살린-2,3,6,7,10,11-헥사카르보니트릴, N,N'-디페닐-N,N'-비스-[4-(페닐-m-톨릴-아미노)-페닐]-비페닐-4,4'-디아민, N,N'-디(1-나프틸)-N,N'-디페닐

벤지딘 (NPB), 4,4',4"-트리스(N-카르바졸릴)트리페닐아민 (TCTA), (4,4'-N,N'-디카르바졸)비페닐 (CBP), 3,4-에틸렌디옥시티오펜 (H101), 폴리(N-에틸로-2-비닐카르바졸), 폴리(2-비닐카르바졸), 폴리(1-비닐나프탈렌), 폴리(2-비닐나프탈렌), N,N,N',N'-테트라키스(4-메톡시페닐)벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(3-메틸페닐)-3,3'-디메틸벤지딘, N,N,N',N'-테트라키스(2-나프틸)벤지딘, 테트라-N-페닐벤지딘, N,N,N',N'-테트라페닐나프탈렌-2,6-디아민, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐벤지딘(TPD), 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민)) (TFB), 트리스(4-카르바졸릴-9-일페닐)아민, 트리스[4-(디에틸아미노)페닐]아민, 1,3,5-트리스(디페닐아미노)벤젠, 1,3,5-트리(2-(9-에틸카르바질-3)에틸렌)벤젠, 1,3,5-트리스[(3-메틸페닐)페닐아미노]벤젠, 4,4',4"-트리스[2-나프틸(페닐)아미노]트리페닐아민, 4,4',4"-트리스[페닐(m-톨릴)아미노]트리페닐아민, 트리-p-톨릴아민, 5,10,15-트리페닐-5H-디인돌로[3,2-a:3',2'-c]카르바졸(TPDI), 또는 N4,N4'-디(나프탈렌-1-일)-N4,N4'-비스(4-비닐페닐)비페닐-4,4'-디아민 (VNPB) 이다.

[0532] 일부 실시형태에서, 정공 수송 재료는 TFB이다.

[0533] 전자 수송 재료

[0534] 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 나노구조체 조성물의 증가된 분산성은 전자 수송 재료가 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있게 한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물에 첨가된 적어도 하나의 추가 재료는 전자 수송 재료이다.

[0535] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다:

[0536] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단;

[0537] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드; 및

[0538] (c) 적어도 하나의 전자 수송 재료.

[0539] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 하나의 전자 수송 재료를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 2 개의 전자 수송 재료를 포함한다.

[0540] 일부 실시형태에서, 전자 수송 재료를 포함하는 나노구조체 조성물은 디바이스에서 방출 층으로서 침착되며 디바이스는 별도의 전자 수송 층을 포함하지 않는다.

[0541] 일부 실시형태에서, 전자 수송 재료는 이미다졸, 피리딘, 피리미딘, 피리다진, 피라진, 옥사디아졸, 퀴놀린, 퀴녹살린, 안트라센, 벤즈안트라센, 피렌, 페릴렌, 벤즈이미다졸, 트리아진, 케톤, 포스핀옥사이드, 페나진, 페난트롤린, 트리아일보란, 금속 옥사이드, 및 이들의 조합물이다.

[0542] 일부 실시형태에서, 전자 수송 재료는 바소페난트롤린, 3-(비페닐-4-일)-5-(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸, 2-(4-비페닐일)-5-페닐-1,3,4-옥사디아졸, 3,5-비스(4-tert-부틸페닐)-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸, 비스(8-히드록시-2-메틸퀴놀린)-(4-페닐페녹시)알루미늄, 2,5-비스(1-나프틸)-1,3,4-옥사디아졸, 3,5-디페닐-4-(1-나프틸)-1H-1,2,4-트리아졸, 1,3,5-트리(m-피리딘-3-일페닐)벤젠 (TmPyPB), 2,2',2''-(1,3,5-벤진트리일)-트리스(1-페닐-1H-벤즈이미다졸) (TPBi), 트리스-(8-히드록시퀴놀린)알루미늄, TiO₂, SnO₂, SiO₂, ZrO₂, ZnO, 또는 ZnMgO 이다.

[0543] 일부 실시형태에서, 전자 수송 재료는 ZnMgO 이다.

[0544] 가공성을 향상시키는 첨가제

[0545] 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 나노구조체 조성물의 증가된 분산성은 가공성을 향상시키기 위해 첨가제가 나노구조체 조성물에 첨가될 수 있게 한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물에 첨가된 적어도 하나의 추가 재료는 가공 첨가제이다.

[0546] 일부 실시형태에서, 본 개시는 다음을 포함하는 나노구조체 조성물을 제공한다::

[0547] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단;

[0548] (b) 나노구조체의 표면에 결합된 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드; 및

[0549] (c) 적어도 하나의 가공 첨가제.

- [0550] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 하나의 가공 첨가제를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 본원에 기재된 적어도 하나의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 2 개의 가공 첨가제를 포함한다.
- [0551] 일부 실시형태에서, 가공 첨가제는 습윤, 레벨링, 분화 및 포획된 공기의 방출과 같은 막의 코팅 특성을 개선시킨다. 일부 실시형태에서, 가공 첨가제는 계면 활성제, 점도 조절제, 중합체 첨가제, 유기 염, 무기 염 및 이들의 조합물이다.
- [0552] 일부 실시형태에서, 가공 첨가제는 계면활성제이다. 일부 실시형태에서, 가공 첨가제는 계면활성제, 예컨대 플루오로계면활성제, 폴리옥시에틸렌 알킬페놀 에테르, 또는 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 계면활성제는 추가 층의 코팅을 용이하게 한다.
- [0553] 일부 실시형태에서, 가공 첨가제는 중합체 첨가제이다. 일부 실시형태에서, 중합체 첨가제는 중합체 첨가제는 인쇄성을 제어하기 위해 나노구조체 조성물의 점도를 증가시키기 위해 사용될 수 있다. 일부 실시형태에서, 중합체 첨가제는 폴리에스테르, 폴리에테르, 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 폴리아크릴레이트, 폴리메타크릴레이트, 폴리알데하이드, 폴리(락타이드-코-글리콜라이드), 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다. 일부 실시형태에서, 중합체 첨가제는 폴리(프로필렌 옥사이드), 폴리(메틸 메타크릴레이트), 폴리(프로필렌 카보네이트), 또는 폴리(에틸렌 카보네이트)이다.
- [0554] **유기 용매**
- [0555] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 유기 용매를 더 포함한다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 클로로포름, 아세톤, 부타논, 에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노프로필 에테르, 1,4-부탄디올 디아세테이트, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 글리세릴 트리아세테이트, 헥실 아세테이트, 헥실 아세테이트, 펜틸 아세테이트, 부틸 아세테이트, 에틸 아세테이트, 디에틸렌 글리콜 부틸 메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디(프로필렌 글리콜) 디메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 에틸 메틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 디에틸 에테르, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 모노메틸 에테르 글리콜 에스테르, 감마-부티롤아세톤, 메틸아세틱-3-에틸 에테르, 부틸 카르비톨, 부틸 카르비톨 아세테이트, 프로판디올 모노메틸 에테르, 프로판디올 모노메틸 에테르 아세테이트, 시클로헥산, 톨루엔, 크실렌, 이소프로필 알코올, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다.
- [0556] 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔, 클로로포름, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 또는 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 클로로포름이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔 및 클로로포름의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 1,4-부탄디올 디아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 헥실 아세테이트이다.
- [0557] **유기 수지**
- [0558] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 적어도 하나의 유기 수지를 더 포함한다.
- [0559] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단 (나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체가 나노구조체에 결합됨); 및 (b) 적어도 하나의 유기 수지를 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자점이다.
- [0560] 일부 실시형태에서, 유기 수지는 열경화성 수지 또는 자외선 (UV) 경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 유기 수지는 롤 투 롤 공정을 용이하게 하는 방법에 의해 경화된다.
- [0561] 열경화성 수지는 수지를 불용성으로 만드는 비가역적 분자 가교 공정을 거친 경화를 필요로 한다. 일부 실시형태에서, 열경화성 수지는 에폭시 수지, 페놀 수지, 비닐 수지, 멜라민 수지, 우레아 수지, 불포화 폴리에스테르 수지, 폴리우레탄 수지, 알릴 수지, 아크릴 수지, 폴리아미드 수지, 폴리아미드-이미드 수지, 페놀아민 축합 중합 수지, 우레아 멜라민 축합 중합 수지, 또는 이들의 조합물이다.
- [0562] 일부 실시형태에서, 열경화성 수지는 에폭시 수지이다. 에폭시 수지는 광범위한 화학물질에 의해 부산물 또는 휘발성 물질을 발생시키지 않고 쉽게 경화된다. 에폭시 수지는 또한 대부분의 기판과 호환되며 표면을 쉽게 습윤시키는 경향이 있다. Boyle, M.A. 등의 "Epoxy Resins," Composites, 제 21 권, ASM 핸드북, 페

이지 78-89 (2001) 를 참고한다.

- [0563] 일부 실시형태에서, 유기 수지는 실리콘 열경화성 수지이다. 일부 실시형태에서, 실리콘 열경화성 수지는 OE6630A 또는 OE6630B (Dow Corning Corporation, Auburn, MI) 이다.
- [0564] 일부 실시형태에서, 열 개시제가 사용된다. 일부 실시형태에서, 열 개시제는 AIBN [2,2'-아조비스(2-메틸프로피오니트릴)] 또는 벤조일 퍼옥사이드이다.
- [0565] UV 경화성 수지는 특정 광 파장에 노출될 때 경화 및 급경화되는 중합체이다. 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 관능기로서 라디칼-중합 기, 예컨대 (메트)아크릴일옥시 기, 비닐옥시 기, 스티릴 기, 또는 비닐 기; 양이온-중합성 기, 예컨대 에폭시 기, 티오에폭시 기, 비닐옥시 기, 또는 옥세타닐 기를 갖는 수지이다. 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 폴리에스테르 수지, 폴리에테르 수지, (메트)아크릴 수지, 에폭시 수지, 우레탄 수지, 알키드 수지, 스피로아세탈 수지, 폴리부타디엔 수지, 또는 폴리티올폴리엔 수지이다.
- [0566] 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 우레탄 아크릴레이트, 알릴옥실화 시클로헥실 디아크릴레이트, 비스(아크릴옥시 에틸)히드록실 이소시아누레이트, 비스(아크릴옥시 네오펜틸글리콜)아디페이트, 비스페놀 디아크릴레이트, 비스페놀 디메타크릴레이트, 1,4-부탄디올 디아크릴레이트, 1,4-부탄디올 디메타크릴레이트, 1,3-부틸렌글리콜 디아크릴레이트, 1,3-부틸렌글리콜 디메타크릴레이트, 디시클로펜타닐 디아크릴레이트, 디에틸렌글리콜 디아크릴레이트, 디에틸렌글리콜 디메타크릴레이트, 디펜타에리트리톨 헥사아크릴레이트, 디펜타에리트리톨 모노히드록시 펜타아크릴레이트, 디(트리메틸올프로판) 테트라아크릴레이트, 에틸렌글리콜 디메타크릴레이트, 글리세롤 메타크릴레이트, 1,6-헥산디올 디아크릴레이트, 네오펜틸글리콜 디메타크릴레이트, 네오펜틸글리콜 히드록시피발레이트 디아크릴레이트, 펜타에리트리톨 트리아크릴레이트, 펜타에리트리톨 테트라아크릴레이트, 인산 디메타크릴레이트, 폴리에틸렌글리콜 디아크릴레이트, 폴리프로필렌글리콜 디아크릴레이트, 테트라에틸렌글리콜 디아크릴레이트, 테트라브로모비스페놀 디아크릴레이트, 트리에틸렌글리콜 디비닐에테르, 트리글리세롤 디아크릴레이트, 트리메틸올프로판 트리아크릴레이트, 트리프로필렌글리콜 디아크릴레이트, 트리스(아크릴옥시에틸)이소시아누레이트, 인산 트리아크릴레이트, 인산 디아크릴레이트, 아크릴산 프로파르길일 에스테르, 비닐 말단의 폴리디메틸실옥산, 비닐 말단의 디페닐실옥산-디메틸실옥산 공중합체, 비닐 말단의 폴리페닐메틸실옥산, 비닐 말단의 트리플루오로메틸실옥산-디메틸실옥산 공중합체, 비닐 말단의 디에틸실옥산-디메틸실옥산 공중합체, 비닐메틸실옥산, 모노메타크릴로일옥시프로필 말단의 폴리디메틸 실옥산, 모노비닐 말단의 폴리디메틸 실옥산, 모노알릴-모노 트리메틸실록시 말단의 폴리에틸렌 옥사이드, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다.
- [0567] 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 UV 경화 조건하에서 이소시아네이트, 에폭시, 또는 불포화 화합물로 가교될 수 있는 메르캅토-관능성 화합물이다. 일부 실시형태에서, 폴리티올은 펜타에리트리톨 테트라(3-메르캅토-프로피오네이트) (PETMP); 트리메틸올-프로판 트리(3-메르캅토-프로피오네이트) (TMPMP); 글리콜 디(3-메르캅토-프로피오네이트) (GDMP); 트리스[25-(3-메르캅토-프로피오닐옥시)에틸]이소시아누레이트 (TEMPIC); 디-펜타에리트리톨 헥사(3-메르캅토-프로피오네이트) (Di-PETMP); 에톡실화된 트리메틸올프로판 트리(3-메르캅토-프로피오네이트) (ETTMP 1300 및 ETTMP 700); 폴리카프로락톤 테트라(3-메르캅토-프로피오네이트) (PCL4MP 1350); 펜타에리트리톨 테트라메르캅토아세테이트 (PETMA); 트리메틸올-프로판 트리머캅토아세테이트 (TMPMA); 또는 글리콜 디메르캅토아세테이트 (GDMA)이다. 이들 화합물은 독일 마샤크트의 Bruno Bock에 의해 상품명 THIOCURE[®] 하에서 판매된다.
- [0568] 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 폴리티올이다. 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 에틸렌 글리콜 비스 (티오글리콜레이트), 에틸렌 글리콜 비스(3-메르캅토프로피오네이트), 트리메틸올 프로판 트리스 (티오글리콜레이트), 트리메틸올 프로판 트리스 (3-메르캅토프로피오네이트), 펜타에리트리톨 테트라키스 (티오글리콜레이트), 펜타에리트리톨 테트라키스(3-메르캅토프로피오네이트) (PETMP), 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된 폴리티올이다. 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 PETMP 이다.
- [0569] 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 폴리티올 및 1,3,5-트리아릴-1,3,5-트리아진-2,4,6 (1H,3H,5H)-트리온 (TTT) 을 포함하는 티올-엔 제형이다. 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 PETMP 및 TTT 을 포함하는 티올-엔 제형이다.
- [0570] 일부 실시형태에서, UV 경화성 수지는 광개시제를 더 포함한다. 광개시제는 광의 노출 동안 감광성 재료의 가교 및/또는 경화 반응을 개시한다. 일부 실시형태에서, 광개시제는 아세토페논계, 벤조인계, 또는 티옥사테논계이다.

- [0571] 일부 실시형태에서, 광개시제는 비닐 아크릴레이트계 수지이다. 일부 실시형태에서, 광개시제는 MINS-311RM (한국의 Minuta Technology Co., Ltd) 이다.
- [0572] 일부 실시형태에서, 광개시제는 이르가큐어® 127, 이르가큐어® 184, 이르가큐어® 184D, 이르가큐어® 2022, 이르가큐어® 2100, 이르가큐어® 250, 이르가큐어® 270, 이르가큐어® 2959, 이르가큐어® 369, 이르가큐어® 369 EG, 이르가큐어® 379, 이르가큐어® 500, 이르가큐어® 651, 이르가큐어® 754, 이르가큐어® 784, 이르가큐어® 819, 이르가큐어® 819Dw, 이르가큐어® 907, 이르가큐어® 907 FF, 이르가큐어® 0xe01, 이르가큐어® TPO-L, 이르가큐어® 1173, 이르가큐어® 1173D, 이르가큐어® 4265, 이르가큐어® BP, 또는 이르가큐어® MBF (미시간 와이언도트의 BASF Corporation) 이다. 일부 실시형태에서, 광개시제는 TPO (2,4,6-트리메틸벤조일-디페닐-포스핀 옥사이드) 또는 MBF (메틸 벤조일포르메이트) 이다.
- [0573] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물 중 적어도 하나의 유기 수지의 중량 백분율은 약 5% 내지 약 99%, 약 5% 내지 약 95%, 약 5% 내지 약 90%, 약 5% 내지 약 80%, 약 5% 내지 약 70%, 약 5% 내지 약 60%, 약 5% 내지 약 50%, 약 5% 내지 약 40%, 약 5% 내지 약 30%, 약 5% 내지 약 20%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 99%, 약 10% 내지 약 95%, 약 10% 내지 약 90%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 70%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 50%, 약 10% 내지 약 40%, 약 10% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 99%, 약 20% 내지 약 95%, 약 20% 내지 약 90%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 70%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 50%, 약 20% 내지 약 40%, 약 20% 내지 약 30%, 약 30% 내지 약 99%, 약 30% 내지 약 95%, 약 30% 내지 약 90%, 약 30% 내지 약 80%, 약 30% 내지 약 70%, 약 30% 내지 약 60%, 약 30% 내지 약 50%, 약 30% 내지 약 40%, 약 40% 내지 약 99%, 약 40% 내지 약 95%, 약 40% 내지 약 90%, 약 40% 내지 약 80%, 약 40% 내지 약 70%, 약 40% 내지 약 60%, 약 40% 내지 약 50%, 약 50% 내지 약 99%, 약 50% 내지 약 95%, 약 50% 내지 약 90%, 약 50% 내지 약 80%, 약 50% 내지 약 70%, 약 50% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 99%, 약 60% 내지 약 95%, 약 60% 내지 약 90%, 약 60% 내지 약 80%, 약 60% 내지 약 70%, 약 70% 내지 약 99%, 약 70% 내지 약 95%, 약 70% 내지 약 90%, 약 70% 내지 약 80%, 약 80% 내지 약 99%, 약 80% 내지 약 95%, 약 80% 내지 약 90%, 약 90% 내지 약 99%, 약 90% 내지 약 95%, 또는 약 95% 내지 약 99% 이다.
- [0574] 일부 실시형태에서, 나노구조체 성형품 중 유기 수지의 중량 백분율은 약 5% 내지 약 99%, 약 5% 내지 약 95%, 약 5% 내지 약 90%, 약 5% 내지 약 80%, 약 5% 내지 약 70%, 약 5% 내지 약 60%, 약 5% 내지 약 50%, 약 5% 내지 약 40%, 약 5% 내지 약 30%, 약 5% 내지 약 20%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 99%, 약 10% 내지 약 95%, 약 10% 내지 약 90%, 약 10% 내지 약 80%, 약 10% 내지 약 70%, 약 10% 내지 약 60%, 약 10% 내지 약 50%, 약 10% 내지 약 40%, 약 10% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 99%, 약 20% 내지 약 95%, 약 20% 내지 약 90%, 약 20% 내지 약 80%, 약 20% 내지 약 70%, 약 20% 내지 약 60%, 약 20% 내지 약 50%, 약 20% 내지 약 40%, 약 20% 내지 약 30%, 약 30% 내지 약 99%, 약 30% 내지 약 95%, 약 30% 내지 약 90%, 약 30% 내지 약 80%, 약 30% 내지 약 70%, 약 30% 내지 약 60%, 약 30% 내지 약 50%, 약 30% 내지 약 40%, 약 40% 내지 약 99%, 약 40% 내지 약 95%, 약 40% 내지 약 90%, 약 40% 내지 약 80%, 약 40% 내지 약 70%, 약 40% 내지 약 60%, 약 40% 내지 약 50%, 약 50% 내지 약 99%, 약 50% 내지 약 95%, 약 50% 내지 약 90%, 약 50% 내지 약 80%, 약 50% 내지 약 70%, 약 50% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 99%, 약 60% 내지 약 95%, 약 60% 내지 약 90%, 약 60% 내지 약 80%, 약 60% 내지 약 70%, 약 70% 내지 약 99%, 약 70% 내지 약 95%, 약 70% 내지 약 90%, 약 70% 내지 약 80%, 약 80% 내지 약 99%, 약 80% 내지 약 95%, 약 80% 내지 약 90%, 약 90% 내지 약 99%, 약 90% 내지 약 95%, 또는 약 95% 내지 약 99% 이다.
- [0575] **나노구조체 조성물의 제조**
- [0576] 본 개시는 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 적어도 하나의 유기 수지를 혼합하는 단계를 포함하는 나노구조체 조성물의 제조 방법을 제공한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함한다.
- [0577] 본 개시는 하기 단계를 포함하는 나노구조체 조성물의 제조 방법에 관한 것이다:
- [0578] (a) 나노구조체의 적어도 하나의 집단을 포함하는 조성물을 제공하는 단계, 여기서 나노구조체의 적어도 하나의 집단에서의 약 10% 내지 약 100%의 나노구조체는 나노구조체에 결합된 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하며, 다만 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드)는 티올 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드)가 아님; 및
- [0579] (b) (a) 의 조성물과 적어도 하나의 유기 수지를 혼합하는 단계.

- [0580] 일부 실시형태에서, (a)에서 제공하는 단계는:
- [0581] (1) 나노구조체의 집단에 비공유적으로 결합된 제 1 리간드를 관능기 말단의 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드로 대체하는 단계;
- [0582] (2) (1)에서 제조된 나노구조체를 정제하는 단계; 및
- [0583] (3) (2)의 나노구조체를 반응성 희석제 또는 유기 용매에 분산시키는 단계.
- [0584] 일부 실시형태에서, (2)에서 정제하는 단계는:
- [0585] (4) (1)에서 제조된 나노구조체를 비극성 용매에서 침전시키는 단계; 및
- [0586] (5) (4)에서 조성물을 원심 분리하고 상청액을 제거하는 단계.
- [0587] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 집단은 적색, 녹색 또는 청색 광을 방출한다. 일부 실시형태에서, 적색, 녹색 및 청색 광의 각각의 부분은 나노구조체 막을 포함하는 디스플레이 디바이스에 의해 방출된 백색광에 대해 원하는 백색 점을 달성하도록 제어될 수 있다.
- [0588] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체 재료의 적어도 하나의 집단을 포함한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 1 내지 5, 1 내지 4, 1 내지 3, 1 내지 2, 2 내지 5, 2 내지 4, 2 내지 3, 3 내지 5, 3 내지 4, 또는 4 내지 5 개의 나노구조체의 집단을 포함한다. 나노구조체의 집단의 임의의 적합한 비율을 조합하여 원하는 나노구조체 조성물 특성을 생성할 수 있다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 양자 점이다.
- [0589] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 약 100 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 1,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 500 rpm, 약 500 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 1,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 3,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 3,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 또는 약 5,000 rpm 내지 약 10,000 rpm 의 진탕 속도로 적어도 하나의 유기 수지와 혼합된다.
- [0590] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 약 10 분 내지 약 24 시간, 약 10 분 내지 약 20 시간, 약 10 분 내지 약 15 시간, 약 10 분 내지 약 10 시간, 약 10 분 내지 약 5 시간, 약 10 분 내지 약 1 시간, 약 10 분 내지 약 30 분, 약 30 분 내지 약 24 시간, 약 30 분 내지 약 20 시간, 약 30 분 내지 약 15 시간, 약 30 분 내지 약 10 시간, 약 30 분 내지 약 5 시간, 약 30 분 내지 약 1 시간, 약 1 시간 내지 약 24 시간, 약 1 시간 내지 약 20 시간, 약 1 시간 내지 약 15 시간, 약 1 시간 내지 약 10 시간, 약 1 시간 내지 약 5 시간, 약 5 시간 내지 약 24 시간, 약 5 시간 내지 약 20 시간, 약 5 시간 내지 약 15 시간, 약 5 시간 내지 약 10 시간, 약 10 시간 내지 약 24 시간, 약 10 시간 내지 약 20 시간, 약 10 시간 내지 약 15 시간, 약 15 시간 내지 약 24 시간, 약 15 시간 내지 약 20 시간, 또는 약 20 시간 내지 약 24 시간의 시간 동안 적어도 하나의 유기 수지와 혼합된다.
- [0591] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단은 약 -5℃ 내지 약 100℃, 약 -5℃ 내지 약 75℃, 약 -5℃ 내지 약 50℃, 약 -5℃ 내지 약 23℃, 약 23℃ 내지 약 100℃, 약 23℃ 내지 약 75℃, 약 23℃ 내지 약 50℃, 약 50℃ 내지 약 100℃, 약 50℃ 내지 약 75℃, 또는 약 75℃ 내지 약 100℃의 온도에서 적어도 하나의 유기 수지와 혼합된다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 유기 수지는 약 23℃ 내지 약 50℃의 온도에서 나노구조체의 적어도 하나의 집단과 혼합된다.
- [0592] 일부 실시형태에서, 하나 초과 유기 수지가 사용되는 경우, 유기 수지는 함께 첨가 및 혼합된다. 일부 실시형태에서, 제 1 유기 수지는 약 100 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 1,000 rpm, 약 100 rpm 내지 약 500 rpm, 약 500 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 500 rpm 내지 약 1,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 5,000 rpm, 약 1,000 rpm 내지 약 3,000 rpm, 약 3,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 3,000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 또는 약 5,000 rpm 내지 약 10,000 rpm 의 진탕 속도로 제 2 유기 수지와 혼합된다.
- [0593] 일부 실시형태에서, 제 1 유기 수지는 약 10 분 내지 약 24 시간, 약 10 분 내지 약 20 시간, 약 10 분 내지 약 15 시간, 약 10 분 내지 약 10 시간, 약 10 분 내지 약 5 시간, 약 10 분 내지 약 1 시간, 약 10 분 내지 약

30 분, 약 30 분 내지 약 24 시간, 약 30 분 내지 약 20 시간, 약 30 분 내지 약 15 시간, 약 30 분 내지 약 10 시간, 약 30 분 내지 약 5 시간, 약 30 분 내지 약 1 시간, 약 1 시간 내지 약 24 시간, 약 1 시간 내지 약 20 시간, 약 1 시간 내지 약 15 시간, 약 1 시간 내지 약 10 시간, 약 1 시간 내지 약 5 시간, 약 5 시간 내지 약 24 시간, 약 5 시간 내지 약 20 시간, 약 5 시간 내지 약 15 시간, 약 5 시간 내지 약 10 시간, 약 10 시간 내지 약 24 시간, 약 10 시간 내지 약 20 시간, 약 10 시간 내지 약 15 시간, 약 15 시간 내지 약 24 시간, 약 15 시간 내지 약 20 시간, 또는 약 20 시간 내지 약 24 시간 동안 제 2 유기 수지와 혼합된다.

[0594] 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 0℃ 내지 약 200℃, 약 0℃ 내지 약 150℃, 약 0℃ 내지 약 100℃, 약 0℃ 내지 약 80℃, 약 20℃ 내지 약 200℃, 약 20℃ 내지 약 150℃, 약 20℃ 내지 약 100℃, 약 20℃ 내지 약 80℃, 약 50℃ 내지 약 200℃, 약 50℃ 내지 약 150℃, 약 50℃ 내지 약 100℃, 약 50℃ 내지 약 80℃, 약 80℃ 내지 약 200℃, 약 80℃ 내지 약 150℃, 약 80℃ 내지 약 100℃, 약 100℃ 내지 약 200℃, 약 100℃ 내지 약 150℃, 또는 약 150℃ 내지 약 200℃의 온도에서 수행된다. 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 50℃ 내지 약 100℃의 온도에서 수행된다. 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 80℃의 온도에서 수행된다.

[0595] 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 1 분 내지 약 6 시간, 약 1 분 내지 약 2 시간, 약 1 분 내지 약 1 시간, 약 1 분 내지 약 40 분, 약 1 분 내지 약 30 분, 약 1 분 내지 약 20 분, 약 1 분 내지 약 10 분, 약 10 분 내지 약 6 시간, 약 10 분 내지 약 2 시간, 약 10 분 내지 약 1 시간, 약 10 분 내지 약 40 분, 약 10 분 내지 약 30 분, 약 10 분 내지 약 20 분, 약 20 분 내지 약 6 시간, 약 20 분 내지 약 2 시간, 약 20 분 내지 약 1 시간, 약 20 분 내지 약 40 분, 약 20 분 내지 약 30 분, 약 30 분 내지 약 6 시간, 약 30 분 내지 약 2 시간, 약 30 분 내지 약 1 시간, 약 30 분 내지 약 40 분, 약 40 분 내지 약 6 시간, 약 40 분 내지 약 2 시간, 약 40 분 내지 약 1 시간, 약 1 시간 내지 약 6 시간, 약 1 시간 내지 약 2 시간, 또는 약 2 시간 내지 약 6 시간의 기간에 걸쳐서 수행된다. 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 40 분 내지 약 2 시간의 기간에 걸쳐서 수행된다. 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 1 시간의 기간에 걸쳐서 수행된다. 일부 실시형태에서, 대체하는 단계는 약 2 시간의 기간에 걸쳐서 수행된다.

[0596] 일부 실시형태에서, 정제하는 단계는 비극성 용매에서 나노구조체 조성물을 침전시키고, 침전에 의해 생성된 생성된 혼합물을 원심 분리하고, 원심 분리에서 상청액을 제거함으로써 수행된다. 일부 실시형태에서, 비극성 용매는 펜탄, 헥산, 헵탄, 옥탄 또는 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 비극성 용매는 헥산이다.

[0597] 일부 실시형태에서, 원심 분리하는 단계는 약 1000 rpm 내지 약 100,000 rpm, 약 1000 rpm 내지 약 75,000 rpm, 약 1000 rpm 내지 약 50,000 rpm, 약 1000 rpm 내지 약 25,000 rpm, 약 1000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 1000 rpm 내지 약 5000 rpm, 약 5000 rpm 내지 약 100,000 rpm, 약 5000 rpm 내지 약 75,000 rpm, 약 5000 rpm 내지 약 50,000 rpm, 약 5000 rpm 내지 약 25,000 rpm, 약 5000 rpm 내지 약 10,000 rpm, 약 10,000 rpm 내지 약 100,000 rpm, 약 10,000 rpm 내지 약 75,000 rpm, 약 10,000 rpm 내지 약 50,000 rpm, 약 10,000 rpm 내지 약 25,000 rpm, 약 25,000 rpm 내지 약 100,000 rpm, 약 25,000 rpm 내지 약 75,000 rpm, 약 25,000 rpm 내지 약 50,000 rpm, 약 50,000 rpm 내지 약 100,000 rpm, 약 50,000 rpm 내지 약 75,000 rpm, 또는 약 75,000 rpm 내지 100,000 rpm의 속도에서 수행된다.

[0598] 일부 실시형태에서, 원심 분리하는 단계는 약 1 분 내지 약 6 시간, 약 1 분 내지 약 2 시간, 약 1 분 내지 약 1 시간, 약 1 분 내지 약 40 분, 약 1 분 내지 약 30 분, 약 1 분 내지 약 20 분, 약 1 분 내지 약 10 분, 약 10 분 내지 약 6 시간, 약 10 분 내지 약 2 시간, 약 10 분 내지 약 1 시간, 약 10 분 내지 약 40 분, 약 10 분 내지 약 30 분, 약 10 분 내지 약 20 분, 약 20 분 내지 약 6 시간, 약 20 분 내지 약 2 시간, 약 20 분 내지 약 1 시간, 약 20 분 내지 약 40 분, 약 20 분 내지 약 30 분, 약 30 분 내지 약 6 시간, 약 30 분 내지 약 2 시간, 약 30 분 내지 약 1 시간, 약 30 분 내지 약 40 분, 약 40 분 내지 약 6 시간, 약 40 분 내지 약 2 시간, 약 40 분 내지 약 1 시간, 약 1 시간 내지 약 6 시간, 약 1 시간 내지 약 2 시간, 또는 약 2 시간 내지 약 6 시간의 기간에 걸쳐서 수행된다.

[0599] 일부 실시형태에서, 원심 분리로부터 상청액을 제거한 후, 나노구조체는 반응성 희석제 또는 유기 용매에 분산된다. 일부 실시형태에서, 반응성 희석제는 라디칼 중합성 기를 갖는다. 일부 실시형태에서, 반응성 희석제는 적어도 하나의 유기 수지와 혼화성이다. 일부 실시형태에서, 반응성 희석제는 이소보르닐 아크릴레이트이다.

[0600] 일부 실시형태에서, 유기 용매는 적어도 하나의 유기 수지를 용해시킬 수 있다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 클로로포름, 아세톤, 부타논, 에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노프로필 에테르, 1,4-

부탄디올 디아세테이트, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르 아세테이트, 글리세릴 트리아세테이트, 헵틸 아세테이트, 헥실 아세테이트, 펜틸 아세테이트, 부틸 아세테이트, 에틸 아세테이트, 디에틸렌 글리콜 부틸 메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디(프로필렌 글리콜) 디메틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 에틸 메틸 에테르, 에틸렌 글리콜 모노부틸 에테르, 디에틸렌 글리콜 디에틸 에테르, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소부틸 케톤, 모노메틸 에테르 글리콜 에스테르, 감마-부티롤아세톤, 메틸아세틱-3-에틸 에테르, 부틸 카르비톨, 부틸 카르비톨 아세테이트, 프로판디올 모노메틸 에테르, 프로판디올 모노메틸 에테르 아세테이트, 시클로헥산, 톨루엔, 크실렌, 이소프로필 알코올, 및 이들의 조합물로 이루어지는 군으로부터 선택된다. 일부 실시형태에서, 유기 용매는 톨루엔, 클로로포름, 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트, 또는 이들의 조합물이다. 일부 실시형태에서, 용매는 톨루엔이다. 일부 실시형태에서, 용매는 클로로포름이다. 일부 실시형태에서, 용매는 톨루엔 및 클로로포름의 혼합물이다. 일부 실시형태에서, 용매는 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 용매는 1,4-부탄디올 디아세테이트이다. 일부 실시형태에서, 용매는 헥실 아세테이트이다.

[0601] 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 포토레지스트 및 UV-경화성 제형에서 나노구조체의 분산을 향상시킨다. 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드는 유기 수지에서 나노구조체의 집단에 증가된 안정성을 제공하고 연장된 기간 동안 나노구조체의 저장을 허용한다. 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단 및 적어도 하나의 유기 수지를 포함하는 조성물은 약 1 분 내지 약 3 년, 약 1 분 내지 약 12 개월, 약 1 분 내지 약 6 개월, 약 1 분 내지 약 3 개월, 약 1 분 내지 약 1 개월, 약 1 분 내지 약 15 일, 약 1 분 내지 약 1 일, 약 1 일 내지 약 3 년, 약 1 일 내지 약 12 개월, 약 1 일 내지 약 6 개월, 약 1 일 내지 약 3 개월, 약 1 일 내지 약 1 개월, 약 1 일 내지 약 15 일, 약 15 일 내지 약 3 년, 약 15 일 내지 약 12 개월, 약 15 일 내지 약 6 개월, 약 15 일 내지 약 3 개월, 약 15 일 내지 약 1 개월, 약 1 개월 내지 약 3 년, 약 1 개월 내지 약 12 개월, 약 1 개월 내지 약 6 개월, 약 1 개월 내지 약 3 개월, 약 3 개월 내지 약 3 년, 약 3 개월 내지 약 12 개월, 약 3 개월 내지 약 6 개월, 약 6 개월 내지 약 3 년, 약 6 개월 내지 약 12 개월, 또는 약 12 개월 내지 약 3 년 동안 약 10℃ 내지 약 90℃의 온도에서 안정하게 저장될 수 있다.

[0602] 일부 실시형태에서, 나노구조체의 적어도 하나의 집단, 적어도 하나의 반응성 희석제, 및 적어도 하나의 유기 수지를 포함하는 조성물은 약 1 분 내지 약 3 년, 약 1 분 내지 약 12 개월, 약 1 분 내지 약 6 개월, 약 1 분 내지 약 3 개월, 약 1 분 내지 약 1 개월, 약 1 분 내지 약 15 일, 약 1 분 내지 약 1 일, 약 1 일 내지 약 3 년, 약 1 일 내지 약 12 개월, 약 1 일 내지 약 6 개월, 약 1 일 내지 약 3 개월, 약 1 일 내지 약 1 개월, 약 1 일 내지 약 15 일, 약 15 일 내지 약 3 년, 약 15 일 내지 약 12 개월, 약 15 일 내지 약 6 개월, 약 15 일 내지 약 3 개월, 약 15 일 내지 약 1 개월, 약 1 개월 내지 약 3 년, 약 1 개월 내지 약 12 개월, 약 1 개월 내지 약 6 개월, 약 1 개월 내지 약 3 개월, 약 3 개월 내지 약 3 년, 약 3 개월 내지 약 12 개월, 약 3 개월 내지 약 6 개월, 약 6 개월 내지 약 3 년, 약 6 개월 내지 약 12 개월, 또는 약 12 개월 내지 약 3 년 동안 약 10℃ 내지 약 90℃의 온도에서 안정하게 저장될 수 있다.

[0603] 일부 실시형태에서, 열 개시제, 광개시제 또는 광산 발생제가 나노구조체 조성물에 첨가되어 경화를 촉진할 수 있다.

[0604] 나노구조체 층의 제조

[0605] 본 개시에 사용된 나노구조체는 임의의 적합한 방법을 사용하여 중합성 매트릭스에 내포될 수 있다. 본원에 사용된 바와 같이, 용어 "내포된"은 나노구조체 집단이 매트릭스의 성분의 대부분을 구성하는 중합체로 둘러싸이거나 인케이스되어 있음을 나타내는데 사용된다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 나노구조체 집단은 매트릭스 전체에 적합하게 균일하게 분포된다. 일부 실시형태에서, 적어도 하나의 나노구조체 집단은 애플리케이션-특정적 분포에 따라 분포된다. 일부 실시형태에서, 나노구조체는 중합체에서 혼합되고 기관의 표면에 도포된다.

[0606] 나노구조체 조성물은, 비제한적으로, 페인팅, 스프레이 코팅, 용매 분사, 웨트 코팅, 접착제 코팅, 스핀 코팅, 테이프-코팅, 롤 코팅, 플로우 코팅, 잉크젯 기상 제팅, 드롭 캐스팅, 블레이드 코팅, 미스트 침착, 또는 이들의 조합을 포함하는 당업계에서 알려진 임의의 적합한 방법에 의해 침착될 수 있다. 바람직하게는, 나노구조체 조성물은 침착후 경화된다. 적합한 경화 방법은 UV 경화와 같은 광 경화, 및 열 경화를 포함한다. 전통적인 라미네이트 막 가공 방법, 테이프-코팅 방법 및/또는 롤-투-롤 제작 방법이 본 개시의 나노구조체 막을 형성하는데 사용될 수 있다. 나노구조체 조성물은 기관의 요망되는 층 상에 직접 코팅될 수 있다. 대안적으로, 나노구조체 조성물은 독립적 엘리먼트로서 교체 층으로 형성되고 후속하여 기관 상에 적용될 수 있

다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 하나 이상의 배리어 층 상에서 침착될 수 있다.

[0607] **스핀 코팅**

[0608] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 스핀 코팅을 이용하여 기판 상에 침착된다. 스핀 코팅에서, 소량의 재료는 통상적으로 진공에 의해 고정되는 스피너 (spinner) 라 불리는 기계가 로딩된 기판의 중앙에 침착된다. 재료를 기판의 중앙으로부터 에지로 스프레드하기 위해 구심력을 야기하는 스피너를 통해 기판에 대해 고속의 회전이 적용된다. 대부분의 재료가 분리되는 동안, 일정량이 기판에 남아, 회전이 계속되면서 표면에 재료의 박막이 형성된다. 막의 최종 두께는 스핀 속도, 가속도, 및 스핀 시간과 같은 스핀 프로세스에 대해 선택된 파라미터에 추가하여 기판 및 침착된 재료의 성질에 의해 결정된다. 통상적인 막의 경우, 스핀 시간이 10 내지 60 초의 경우 1500 내지 6000 rpm의 스핀 속도가 사용된다.

[0609] **미스트 침착**

[0610] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 미스트 침착을 이용하여 기판 상으로 침착된다. 미스트 침착은 실온 및 대기압에서 발생하고, 프로세스 조건을 변경함으로써 막 두께에 대한 정밀한 제어를 허용한다. 미스트 침착 동안, 액체 소스 재료가 매우 미세한 미스트로 바뀌고, 질소 가스에 의해 침착 챔버로 이송된다. 그 후, 미스트는 필드 스크린과 홀더 사이의 고전압 전위에 의해 표면으로 끌어당겨진다. 액적이 표면에서 합쳐지면, 표면은 챔버로부터 제거되고 열 경화되어 용매가 증발되도록 한다. 액체 전구체는 침착될 재료와 용매의 혼합물이다. 그것은 압축된 질소 가스에 의해 분무기로 이송된다. Price, S.C. 등의, "Formation of Ultra-Thin Quantum Dot Films by Mist Deposition," *ESC Transactions* 11:89-94 (2007).

[0611] **스핀 코팅**

[0612] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 스프레이 코팅을 이용하여 기판 상으로 침착된다. 스프레이 코팅을 위한 통상적인 장비는 스프레이 노즐, 분무기, 전구체 용액 및 캐리어 가스를 포함한다. 스프레이 침착 프로세스에서, 전구체 용액은 캐리어 가스에 의해 또는 분무화 (atomization) (예컨대, 초음파, 에어 블래스트, 정전기) 에 의해 마이크로 사이즈의 드롭으로 파쇄된다. 원하는 바에 따라 제어되고 조정되는 캐리어 가스의 도움으로 노즐을 통해 분무기로부터 나오는 작은 액적은 기판 표면에 의해 가속화된다. 스프레이 노즐과 기판 사이의 상대적인 운동은 기판 상의 전체 커버리지의 목적을 위해 설계에 의해 정의된다.

[0613] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물의 도포는 용매를 더 포함한다. 일부 실시형태들에서, 나노구조체 조성물의 도포를 위한 용매는 물, 유기 용매, 무기 용매, 할로겐화 유기 용매, 또는 이들의 혼합물이다. 예시적인 용매는, 비제한적으로, 물, D₂O, 아세톤, 에탄올, 디옥산, 에틸아세테이트, 메틸에틸케톤, 이소프로판올, 아니솔, γ-부티롤아세톤, 디메틸포름아미드, N-메틸피롤리딘, 디메틸아세트아미드, 헥사메틸포스포아미드, 톨루엔, 디메틸술폰사이드, 시클로펜타논, 테트라메틸렌술폰사이드, 크실렌, ε-카프롤아세톤, 테트라히드로푸란, 테트라클로로에틸렌, 클로로포름, 클로로벤젠, 디클로로메탄, 1,2-디클로로에탄, 1,1,2,2-테트라클로로에탄, 또는 이들의 혼합물을 포함한다.

[0614] 일부 실시형태에서, 조성물은 열 경화되어 나노구조체 층을 형성한다. 일부 실시형태에서, 그 조성물들은 UV 광을 이용하여 경화된다. 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물은 나노구조체 막의 배리어 층 상으로 직접 코팅되고, 추가적인 배리어 층이 후속하여 나노구조체 층 상에 침착되어 나노구조체 막을 형성한다. 부가된 강도, 안정성, 및 코팅 균일성을 위해, 그리고, 배리어 층 또는 다른 재료들의 재료 불일치, 에어 버블 형성, 및 주름 또는 접힘을 방지하기 위해, 배리어 막 아래에 지지 기재가 채용될 수 있다. 추가적으로, 상부 및 저부 배리어 층들 사이에 재료를 밀봉하기 위해 나노구조체 층 위에 바람직하게는 하나 이상의 배리어 층이 침착된다. 적합하게, 배리어 층은 적층 막으로서 침착되고 선택적으로 밀봉되거나 추가로 프로세싱될 수 있고, 이어서 특정 조명 디바이스 내로의 나노구조체 막의 통합이 뒤따른다. 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 나노구조체 조성물 침착 프로세스는 추가적인 또는 변화된 컴포넌트들을 포함할 수 있다. 이러한 실시형태는 나노구조체 막 두께 및 다른 특성뿐만 아니라 (예를 들어, 양자막 백색 점을 조정하기 위해) 밝기 및 색상과 같은 나노구조체 방출 특성의 인라인 프로세스 조정을 허용할 것이다. 추가적으로, 이들 실시형태는 제조 동안의 나노구조체 막 특성들의 주기적 테스트, 및 정밀한 나노구조체 막 특성들을 달성하기 위한 임의의 필요한 토글링을 허용할 것이다. 이러한 테스트 및 조정은 또한, 나노구조체 막을 형성함에 있어서 사용될 혼합물들의 각각의 양들을 전자적으로 변화시키기 위해 컴퓨터 프로그램이 채용될 수 있음에 따라, 프로세싱 라인의 기계적 구성을 변경시키지 않고 달성될 수 있다.

- [0615] **잉크젯 인쇄**
- [0616] 유기 용매에서 나노구조체의 분산액을 사용하여 박막을 형성하는 것은 종종 스핀 코팅과 같은 코팅 기술에 의해 달성된다. 그러나, 이들 코팅 기술은 일반적으로 넓은 면적에 걸쳐 박막을 형성하기에 적합하지 않으며, 침착된 층을 패턴화하는 수단을 제공하지 않으므로 제한적으로 사용된다. 잉크젯 인쇄를 사용하면 저렴한 비용으로 대규모로 박막을 정확하게 패턴 배치할 수 있다. 잉크젯 인쇄는 또한 양자점 층의 정확한 패터닝을 가능하게 하고, 디스플레이의 픽셀을 인쇄할 수 있게 하며, 광 패턴을 제거한다. 따라서 잉크젯 인쇄는 산업 분야, 특히 디스플레이 분야에서 매우 매력적이다.
- [0617] 잉크젯 인쇄에 일반적으로 사용되는 용매는 디프로필렌 글리콜 모노메틸 에테르 아세테이트 (DPMA), 폴리글리시딜 메타크릴레이트 (PGMA), 디에틸렌 글리콜 모노에틸 에테르 아세테이트 (EDGAC) 및 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA) 이다. 휘발성 용매는 또한 빠른 건조를 허용하기 때문에 잉크젯 인쇄에 자주 사용된다. 휘발성 용매는 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소 부틸 케톤, 에틸 아세테이트 및 테트라하이드로푸란을 포함한다. 통상적인 양자점은 일반적으로 이들 용매에 용해될 수 없다. 그러나, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 양자점의 친수성을 증가시키면 이들 용매에서 용해도를 증가시킬 수 있다.
- [0618] 일부 실시형태에서, 잉크젯 인쇄에 사용되는 본원에 기재된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체는 PMA, PGMA, EDGAC, PGMEA, 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소 부틸 케톤, 에틸 아세테이트, 테트라하이드로푸란, 클로로포름, 클로로벤젠, 시클로헥산, 헥산, 헵탄, 옥탄, 헥사데칸, 운데칸, 데칸, 도데칸, 크실렌, 톨루엔, 벤젠, 옥타데칸, 테트라데칸, 부틸 에테르, 또는 이들의 조합물로부터 선택된 용매에 분산된다. 일부 실시형태에서, 잉크젯 인쇄에 사용되는 본원에 기재된 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체는 DPMA, PGMA, EDGAC, PGMEA, 에탄올, 메탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 아세톤, 메틸 에틸 케톤, 메틸 이소 부틸 케톤, 에틸 아세테이트, 테트라하이드로푸란 또는 이들의 조합물로부터 선택된 용매에 분산된다.
- [0619] 잉크젯 인쇄 또는 미세 분배에 의해 적용되기 위해, 나노구조체를 포함하는 잉크젯 조성물은 적합한 용매에 용해되어야 한다. 용매는 나노구조체 조성물을 분산시킬 수 있어야 하며 선택된 프린트 헤드에 어떠한 영향도 미치지 않아야 한다.
- [0620] 일부 실시형태에서, 잉크젯 조성물은 하나 이상의 추가 성분, 예를 들어 표면 활성 화합물, 윤활제, 습윤제, 분산제, 소수화제, 접착제, 유동 개선제, 소포제, 탈기제, 희석제, 보조제, 착색제, 염료, 안료, 증감제, 안정화제 및 억제제를 더 포함한다.
- [0621] 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 나노구조체 조성물은 잉크젯 조성물의 중량을 기준으로 약 0.01% 내지 약 20%를 포함한다. 일부 실시형태에서, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 포함하는 나노구조체는 잉크젯 조성물의 중량비로 약 0.01% 내지 약 20%, 약 0.01% 내지 약 15%, 약 0.01% 내지 약 10%, 약 0.01% 내지 약 5%, 약 0.01% 내지 약 2%, 약 0.01% 내지 약 1%, 약 0.01% 내지 약 0.1%, 약 0.01% 내지 약 0.05%, 약 0.05% 내지 약 20%, 약 0.05% 내지 약 15%, 약 0.05% 내지 약 10%, 약 0.05% 내지 약 5%, 약 0.05% 내지 약 2%, 약 0.05% 내지 약 1%, 약 0.05% 내지 약 0.1%, 약 0.1% 내지 약 20%, 약 0.1% 내지 약 15%, 약 0.1% 내지 약 10%, 약 0.1% 내지 약 5%, 약 0.1% 내지 약 2%, 약 0.1% 내지 약 1%, 약 0.5% 내지 약 20%, 약 0.5% 내지 약 15%, 약 0.5% 내지 약 10%, 약 0.5% 내지 약 5%, 약 0.5% 내지 약 2%, 약 0.5% 내지 약 1%, 약 1% 내지 약 20%, 약 1% 내지 약 15%, 약 1% 내지 약 10%, 약 1% 내지 약 5%, 약 1% 내지 약 2%, 약 2% 내지 약 20%, 약 2% 내지 약 15%, 약 2% 내지 약 10%, 약 2% 내지 약 5%, 약 5% 내지 약 20%, 약 5% 내지 약 15%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 20%, 약 10% 내지 약 15%, 또는 약 15% 내지 20% 를 포함한다.
- [0622] 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 나노구조체 조성물을 포함하는 잉크젯 조성물은 전자 디바이스의 제법에 사용된다. 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 나노구조체 조성물을 포함하는 잉크젯 조성물은 나노구조체 막, 디스플레이 디바이스, 조명 디바이스, 백라이트 유닛, 컬러 필터, 표면 발광 디바이스, 전극, 자기 메모리 디바이스 또는 배터리로 이루어진 군으로부터 선택된 전자 디바이스의 제법에 사용된다. 일부 실시형태에서, 본원에 기재된 나노구조체 조성물을 포함하는 잉크젯 조성물은 발광 디바이스의 제법에 사용된다.
- [0623] **배리어 층**
- [0624] 일부 실시형태에서, 나노구조체 성형품은 나노구조체 층의 하나 또는 양측에 배치된 하나 이상의 배리어 층을 포함한다. 적합한 배리어 층은 고온, 산소 및 수분과 같은 환경 조건으로부터 나노구조체 층 및 나노구조체

성형품을 보호한다. 적합한 배리어 재료는, 소수성이고, 성형품과 화학적으로 기계적으로 양립가능하며, 광- 및 화학적-안정성을 나타내고, 고온에 견딜 수 있는, 비-황변, 투명 광학 재료를 포함한다. 일부 실시형태에서, 하나 이상의 배리어 층은 나노구조체 성형품과 유사한 굴절률을 갖는다. 일부 실시형태에서, 배리어 층을 통해 성형품 측으로 투과되는 광의 대부분이 배리어 층으로부터 나노구조체 층으로 투과되도록 하나 이상의 인접 배리어 층 및 성형품의 매트릭스 재료는 유사한 굴절률을 갖는다. 유사한 굴절률을 갖는 재료의 사용으로 배리어와 매트릭스 재료 사이의 계면에서의 광학적 손실을 감소시킨다.

[0625] 배리어 층은 솔리드 재료인 것이 적합하고, 경화된 액체, 겔, 또는 중합체일 수 있다. 배리어 층은 특정 애플리케이션에 따라 연성 또는 비-연성 재료를 포함할 수 있다. 배리어 층은 바람직하게는 평면형 층이고, 특정 조명 애플리케이션에 의존하여, 임의의 적합한 형상 및 표면 면적 구성을 포함할 수 있다. 바람직한 실시형태에서, 하나 이상의 배리어 층은 적층막 제조 프로세스 기법과 양립가능할 것이고, 이에 의해 나노구조체 층은 적어도 제 1 배리어 층 상에 배치되고, 적어도 제 2 배리어 층은 나노구조체 층 반대 측의 나노구조체 층 상에 배치되어, 본 개시의 하나의 실시형태에 따른 나노구조체 성형품을 형성한다. 적합한 배리어 재료는 업계에 알려져 있는 임의의 적합한 배리어 재료를 포함한다. 예를 들어, 적합한 배리어 재료는 유리, 중합체, 및 산화물을 포함한다. 적합한 배리어 층 재료는, 비제한적으로, 폴리에틸렌 테레프탈레이트 (PET) 와 같은 중합체; 산화 규소, 산화 티타늄, 또는 산화 알루미늄과 같은 산화물 (예컨대, SiO_2 , Si_2O_3 , TiO_2 , 또는 Al_2O_3); 및 이들의 적합한 조합물을 포함한다. 바람직하게는, 나노구조체 성형품의 각각의 배리어 층은, 다층 배리어가 배리어 층에서의 편광 결함 정렬을 제거하거나 감소시켜 나노구조체 층 내로의 산소 및 수분 침투에 대한 유효한 장벽을 제공하도록, 상이한 재료 또는 조성물을 포함하는 적어도 2 개의 층을 포함한다. 나노구조체 층은, 나노구조체 층의 어느 일측 또는 양측에 임의의 적합한 재료 또는 재료와 배리어 층의 임의의 적합한 수의 조합을 포함할 수 있다. 배리어 층의 재료, 두께, 및 수는 특정 애플리케이션에 의존할 것이고, 나노구조체 성형품의 두께를 최소화하면서 나노구조체 층의 밝기 및 배리어 보호를 최대화하기 위해 적합하게 선택될 것이다. 바람직한 실시형태에서, 각 배리어 층은 적층막, 바람직하게는 이중 적층막을 포함하고, 여기서 각각의 배리어 층의 두께는 물-투-물 또는 적층 제조 프로세스에서의 주름을 제거하기 위해 충분히 두껍다. 배리어의 수 또는 두께는 나노구조체가 중금속 또는 다른 독성 재료를 포함하는 실시형태에서 법적 독성 가이드라인에 추가로 의존할 수도 있고, 이 가이드라인은 더 많은 또는 더 두꺼운 배리어 층을 필요로 할 수도 있다. 배리어에 대한 추가적인 고려사항은 비용, 이용가능성, 및 기계적 강도를 포함한다.

[0626] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막은 나노구조체 층의 각 측에 인접한 2 개 이상의 배리어 층, 예를 들어, 나노구조체 층의 각 측 상의 2 개 또는 3 개의 층 또는 각 층 상의 2 개의 배리어 층을 포함한다. 일부 실시형태에서, 각각의 배리어 층은 얇은 유리 시트, 예컨대, 약 $100\ \mu\text{m}$, $100\ \mu\text{m}$ 이하, 또는 $50\ \mu\text{m}$ 이하, 바람직하게는 $50\ \mu\text{m}$ 또는 약 $50\ \mu\text{m}$ 의 두께를 갖는 유리 시트를 포함한다.

[0627] 본 개시의 나노구조체 막의 각 배리어 층은 임의의 적합한 두께를 가질 수 있고, 이 두께는, 당업자에 의해 이해되는 바와 같이, 조명 디바이스 및 애플리케이션의 특정 요건 및 특성 뿐만 아니라, 배리어 층 및 나노구조체 층과 같은 개별 막 컴포넌트에 의존할 것이다. 일부 실시형태들에서, 각각의 배리어 층은 $50\ \mu\text{m}$ 이하, $40\ \mu\text{m}$ 이하, $30\ \mu\text{m}$ 이하, $25\ \mu\text{m}$ 이하, $20\ \mu\text{m}$ 이하, 또는 $15\ \mu\text{m}$ 이하의 두께를 가질 수 있다. 특정 실시형태에서, 배리어 층은 산화 규소, 산화 티타늄, 및 산화 알루미늄과 같은 재료 (예컨대, SiO_2 , Si_2O_3 , TiO_2 , 또는 Al_2O_3) 를 포함할 수 있는 산화물 코팅을 포함한다. 산화물 코팅은 약 $10\ \mu\text{m}$ 이하, $5\ \mu\text{m}$ 이하, $1\ \mu\text{m}$ 이하, 또는 $100\ \text{nm}$ 이하의 두께를 가질 수 있다. 특정 실시형태에서, 배리어는 약 $100\ \text{nm}$ 이하, $10\ \text{nm}$ 이하, $5\ \text{nm}$ 이하, 또는 $3\ \text{nm}$ 이하의 두께를 갖는 얇은 산화물 코팅을 포함한다. 상부 및/또는 저부 배리어는 얇은 산화물 코팅으로 이루어질 수 있거나, 또는 얇은 산화물 코팅 및 하나 이상의 추가적인 재료 층을 포함할 수도 있다.

[0628] 나노구조체 막 피쳐 및 실시형태

[0629] 일부 실시형태에서, 나노구조체 막은 디스플레이 디바이스를 형성하기 위해 사용된다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 디스플레이 디바이스는 조명 디스플레이를 갖는 임의의 시스템을 지칭한다. 이러한 디바이스는, 비제한적으로, 액정 디스플레이 (LCD) 를 포함하는 디바이스, 텔레비전, 컴퓨터, 모바일 폰, 스마트 폰, 개인용 디지털 보조기 (PDA), 게이밍 디바이스, 전자적 판독 디바이스, 디지털 카메라 등을 포함한다.

[0630] 일부 실시형태에서, 나노구조체 조성물을 함유하는 광학 막에는 실질적으로 카드뮴이 없다. 본원에서 사용되는 바와 같이, 용어 "실질적으로 카드뮴이 없음" 은, 나노구조체 조성물이 $100\ \mu\text{g/g}$ 미만의 카드뮴을 함

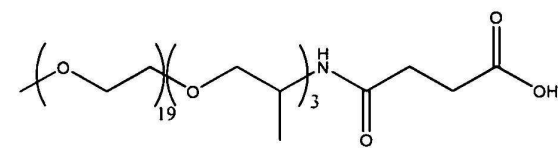
유하는 것으로 의도된다. RoHS 준수 정의는 원시 균질성 전구체 재료에서 카드뮴이 중량 기준으로 0.01% (100 ppm) 이하이어야 한다는 것을 필요로 한다. 카드뮴 농도는 유도 결합형 플라즈마 질량 분광학 (ICP-MS) 분석에 의해 측정될 수 있으며, 10 억분의 1 (ppb) 수준이다. 일부 실시형태에서, "실질적으로 카드뮴이 없는" 광학 막은 10 내지 90 ppm의 카드뮴을 함유한다. 다른 실시형태에서, 실질적으로 카드뮴이 없는 광학 막은 약 50 ppm 미만, 약 20 ppm 미만, 약 10 ppm 미만 또는 약 1 ppm 미만의 카드뮴을 함유한다.

실시예

하기 예는 본원에 기재된 제품 및 방법의 예시적이고 비제한적인 예이다. 필드에서 통상적으로 부딪히게 되고 본 개시의 측면에서 당업자에게 명백한 다양한 조건, 제법 및 다른 파라미터에 대한 적합한 변형 및 개조들은 본 발명의 사상 및 범위 내에 있다.

실시예 1

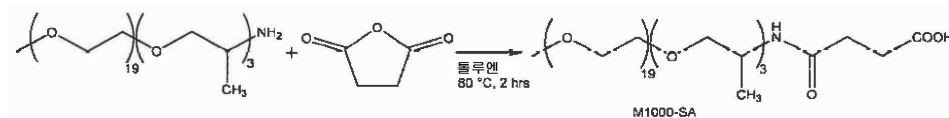
카르복실산 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드/프로필렌 옥사이드) 리간드의 제조



M1000-SA

카르복실산 말단의 폴리(에틸렌 옥사이드/프로필렌 옥사이드) 리간드 (M1000-SA) 는, 스킴 3에 나타난 바와 같이, 숙신산 무수물과의 반응에 의한 아민-말단의 폴리((에틸렌 옥사이드/프로필렌 옥사이드) 리간드 (제파민[®] M-1000 폴리에테르아민, 텍사스 헌츠만)로부터 합성되었다.

스킴 3



427.6 g (416 mmol) 제파민[®] M-1000을 가운하면서 (> 40°C) 둥근 바닥 플라스크로 옮기고, 진공하 (100 mTorr) 80°C에서 1 시간 동안 탈기시켰다. 플라스크를 43.76g (436.8mmol, 1.05 당량)의 숙신산 무수물 분말 (SAFC 제조) 및 142ml 톨루엔을 첨가하기 전에 질소로 퍼지하였다. 플라스크에 진공을 간단히 적용하여 공기를 제거하고 플라스크를 질소로 퍼지하였다. 반응 혼합물을 질소하 80°C에서 2 시간 동안 교반하였다. 숙신산 무수물의 대부분은 5-10 분 내에 눈에 띄게 소비되었다. 생성물을 질소하에 밤새 냉각시켰다. 플라스크를 글로브박스로 옮기고, 생성물을 실온에서 톨루엔 중의 액체로서 저장 병으로 옮겼다.

실시예 2

폴리(알킬렌 옥사이드) 양자점의 제조

도 1은 합성된 양자점에 결합된 소수성 리간드 (예컨대 올리에이트 리간드와 같은) 및 친수성 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드 (예컨대 M1000-SA) 사이의 일반적인 리간드 교환 과정을 도시한다.

예를 들어, 적색 InP 양자점 샘플을 M1000-SA 리간드와 조합하고 불활성 분위기하의 톨루엔에서 80°C로 1 시간 동안 가열하여 10 mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하였다. 적색 InP/SiO₂ 양자점 샘플을 M1000-SA 리간드와 조합하고 불활성 대기하에 톨루엔 및 클로로포름의 혼합물 중에서 1 시간 동안 80°C로 가열하여 10 mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하였다.

10mL 적색 InP/SiO₂ 양자점 샘플을 40mL 바이알에서 0.9mL M1000-SA 리간드와 조합하고, 톨루엔과 클로로포름의 혼합물에서 2 시간 동안 80°C로 가열하여 10mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하였다. 클로로포름의 일부를 증발에 의해 제거하였다. 양자점 조성물을 8 mL 헥산으로 침전시켰다. 침전된 M1000-SA 양자점을 클로로포름 및 헥산의 혼합물로 2 회 세척하였다. 생성된 양자점을 진공 하에서 건조시켰다. 건조 후, M1000-

SA 양자점을 추가 테스트를 위해 3 mL 클로로포름으로 분산시켰다.

[0645] 1mg/mL/OD₄₅₀의 리간드 비율을 달성하기 위해, (1 cm 경로 길이 큐벳에서 450 nm의 파장에서 측정된) 101의 광학 밀도를 갖는 40 mL 녹색 InP 양자점 샘플을 원심 분리 병에서 160 mL 에탄올에 침전시키고 4000 rpm에서 10 분 동안 원심 분리하였다. 글로브 박스 내에서 상청액을 디켄팅한 후, 20mL 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA) 및 5.5mL M1000-SA 리간드를 2 시간 동안 InP 양자점과 혼합하였다. 생성된 M1000-SA InP 양자점 조성물을 80 mL 헥산에서 침전시키고 4000 rpm에서 10 분 동안 원심 분리하여 분리하였다. 글로브 박스 내에서 상청액을 디켄팅한 후, M1000-SA InP 양자점을 추가 테스트를 위해 40 mL PGMEA에 분산시켰다.

[0646] 0.5 mg/mL/OD₄₅₀의 리간드 비율을 달성하기 위해, (1 cm 경로 길이 큐벳에서 450 nm의 파장에서 측정된) 229의 광학 밀도를 갖는 35 mL 적색 InP 양자점 샘플을 원심 분리 병에서 160 mL 에탄올에 침전시키고 4000 rpm에서 10 분 동안 원심 분리하였다. 글로브 박스 내에서 상청액을 디켄팅한 후, 20mL 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA) 및 5.5mL M1000-SA 리간드를 2 시간 동안 InP 양자점과 혼합하였다. 생성된 M1000-SA InP 양자점 조성물을 80 mL 헥산에서 침전시키고 4000 rpm에서 10 분 동안 원심 분리하여 분리하였다. 글로브 박스 내에서 상청액을 디켄팅한 후, M1000-SA InP 양자점을 추가 테스트를 위해 40 mL PGMEA에 분산시켰다.

[0647] **실시예 3**

[0648] **유기 수지를 사용한 폴리(알킬렌 옥사이드) 양자점의 제조**

[0649] 10mL 양자점 샘플을 바이알에서 2 mL M1000-SA 리간드와 조합하고, 글로브 박스에서 2 시간 동안 80°C로 가열하여 5 mg/mL/OD₄₆₀의 리간드 비를 달성하였다. 생성된 M1000-SA 양자점 조성물을 25 mL 헥산에서 침전시키고 3000 rpm에서 5 분 동안 원심 분리하여 분리하였다. 상청액을 디켄팅한 후, 2mL 1,3,5-트리알릴-1,3,5-트리아진-2,4,6 (1H,3H,5H)-트리온 (TTT) 을 추가 테스트를 위해 바이알에서 M1000-SA 양자점과 혼합하였다.

[0650] 리간드 교환의 영향은 도 2 의 사진에 도시된 바와 같이, 양자점과 유기 수지 성분을 용액에서 함께 혼합하고 스핀 코팅하여 막을 형성함으로써 관찰할 수 있다. 도 2 는 포토레지스트 제형에서 네이티브 올리에이트 리간드를 갖는 양자점 (왼쪽) 및 M1000-SA 리간드를 갖는 양자점 (오른쪽) 을 사용하여 제조된 박막을 나란히 비교한 것이다. 왼쪽의 박막 (네이티브 올리에이트 리간드를 갖는 양자점 사용) 은 양자점과 불균일한 형태의 응집을 분명히 보여준다. 대조적으로, 양자점이 M1000-SA 리간드에 의해 결합될 때, 이들은 포토레지스트와 훨씬 더 상용성이 있고, 결과적인 막은 훨씬 더 균일하다.

[0651] 포토레지스트 제형에서 M1000-SA 양자점의 개선된 분산은 막의 초기 양자 수율 (QY) 을 더 높게 한다. 도 3 은 두 가지 상이한 포토레지스트 제형 (PR-1 및 PR-2) 에서 4 개의 상이한 리간드 조성물 - 네이티브 (합성된 양자점), M1000-SA, PEG350-CA (카복실산 말단의 메톡시 폴리에틸렌 글리콜), 및 Zn (M1000-SA)₂ - 을 갖는 양자점을 사용하여 제조된 나노복합체의 100°C 및 180°C에서 측정된 QY 값의 플롯을 도시한다. 모든 경우에, 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 양자점을 사용하여 제조된 막의 100°C에서 측정된 초기 QY는 합성된 양자점을 사용하여 제조된 막보다 높다. PR-2 포토레지스트 제형에서, 광 유지율 (QY_{180° C}/QY_{100° C}) 은 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드를 갖는 양자점을 사용하여 제조된 막의 경우 합성된 양자점을 사용하여 제조된 막보다 높다.

[0652] 나노복합체 막의 신뢰성은 가속 조건하에서 조사시 외부 양자 효율 (EQE) 을 측정함으로써 테스트되었다. 도 4 는 유리 기판에 캡슐화되고 10x 광 플럭스에 노출된 샘플에 대한 시간의 함수로서 EQE의 플롯을 도시한다. 도 4 에 도시된 바와 같이, M1000-SA ("변형 1") 를 이용한 관능화는 변인 공정 후에 나노복합체 막이 초기에 20% EQE를 달성하고 거의 35% EQE를 달성할 수 있게 한다. 그런 다음 이 성능은 800 시간 이상 유지되므로 실제 조건에서는 8000 시간으로 해석된다. 임의의 이론에 구속되고 싶지는 않지만, 변형 1의 인상적인 수명은 폴리(알킬렌 옥사이드) 리간드에 의한 양자점 표면의 효율적인 패시베이션의 결과인 것으로 여겨진다.

[0653] **실시예 4**

[0654] **ZnSe 양자점 LED**

[0655] ZnSe 양자점 상의 네이티브 리간드 (주로 올레산) 와 과량의 PEG350-CA (M_w 350) 를 혼합함으로써 리간드 교환을 수행하였다. 가열 후, 리간드를 교환하고 용액으로부터 PEG350-CA 리간드를 갖는 ZnSe 양자점을 분리하는 것이 가능하였다. PEG350-CA 리간드를 갖는 ZnSe 양자점은 극성 용매에서의 분산성을 크게 향상시켰다.

양자점을 에탄올에 분산시키고 스핀 코팅하여 양자점 층을 제조하였다. PEG350-CA 리간드를 갖는 ZnSe 양자점을 갖는 풀 디바이스는 네이티브 리간드를 갖는 ZnSe 양자점을 사용하여 제조된 것과 비교할만한 성능을 나타낸다.

[0656] 패터화된 인듐 주석 산화물 (ITO, 95 nm) 유리 기판을 연속적으로 물 및 이소프로판올/아세톤으로 초음파 처리한 다음, 공기 중에서 UV-오존으로 20 분 동안 처리하였다. 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 폴리스티렌 설포네이트 (PEDOT:PSS) 를 3000 rpm으로 스핀 코팅한 다음, 공기 중에서 200℃에서 15 분 동안 베이킹하여 적용하였다. 기판을 불활성 대기 글로브박스로 옮기고 정공 수송층 (HTL) 을 N₄,N₄'-디(1-나프탈렌-1-일)-N₄,N₄'-비스(4-비닐페닐)비페닐)-4,4'-디아민 (VNPB) 의 4 mg/mL 톨루엔 용액으로부터 스핀 코팅한 다음, 200℃에서 20 분 동안 베이킹하여 HTL을 가교 결합시켰다. 에탄올 중의 PEG350-CA 리간드를 갖는 ZnSe 양자점을 3000 rpm으로 스핀 코팅하여 ~ 23 nm 두께의 막을 형성하였다. ZnSe 을 5 분 동안 180℃ 에서 베이킹하였다. ZnMgO 나노입자 (에탄올에 8 mg/mL로 분산) 로 구성된 전자 수송층 (ETL) 을 3000 rpm에서 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 열 증발에 의해 알루미늄 (150nm) 을 침착하여 음극을 형성하였다. 디바이스는 에폭시 밀봉 캐비티 유리 및 건조제/산소 게터로 캡슐화되었다. Hamamatsu 포토다이오드 (Hamamatsu Photonics) 에 커플링된 Keithley 2400 소스 미터 (Keithley Instruments, Inc., 클리블랜드, 오하이오주) 및 Keithley 6485 피코암미터 (Keithley Instruments, Inc., 클리블랜드, 오하이오주) 를 사용하여 전류 전압 및 광 출력 데이터를 획득하였다. 포토다이오드는 SPECTRASCAN PR-655 분광 방사계 (Photo Research, Inc., 시라큐스, 뉴욕주) 에 대하여 보정되었다.

[0657] 실시예 5

[0658] 양자점 층으로 혼합된 정공 수송 재료

[0659] 본 발명의 다른 장점은 계면 재료를 양자점 층과 혼합하거나 등급을 매기는 능력이다. 예를 들어, 본 발명을 사용하여 양자점을 갖는 정공 수송 분자의 향상된 혼화성을 입증하여, 갑작스런 계면이 될 수 있는 것에서 혼합의 제어를 가능하게 하였다.

[0660] ZnSe 양자점 상의 네이티브 리간드 (주로 올레산) 와 과량의 PEG350-CA (M_w 350) 를 혼합함으로써 리간드 교환을 수행하였다. 예를 들어 N₄,N₄'-디(나프탈렌-1-일)-N₄,N₄'-비스(4-비닐페닐)비페닐)-4,4'-디아민 (VNPB) 을 정공 수송 재료로서 사용하여 유리/ITO/PEDOT/VNPB 기판을 제조하였다. 디바이스 A와 B의 두 디바이스는 다음과 같이 준비되었다.

[0661] 디바이스 A의 경우, 양자점을 톨루엔으로 희석하여 2000 rpm에서 스핀 코팅후 20 nm 막을 제조하였다. 디바이스 B의 경우, 양자점을 4mg/mL 폴리[(9,9-디옥틸플루오렌-2,7-디일)-코-(4,4'-(N-(4-sec-부틸페닐)디페닐아민)] (TFB) 및 톨루엔과 혼합하여 양자점의 농도가 디바이스 A의 농도와 일치하도록 하였다. 총 TFB+양자점 막 두께가 디바이스 B에서 38 nm가 되도록 양자점 및 TFB의 혼합물에 18 nm 두께를 기여하기 위해 TFB를 제어하였다. 양자점 또는 양자점/TFB 혼합물을 코팅한 후, 막을 5 분 동안 70 ℃에서 베이킹하였다. (에탄올에 8mg/mL로 분산된) ZnMgO 나노입자로 구성된 전자 수송층 (ETL) 을 3000 rpm으로 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 열 증발에 의해 알루미늄 (150nm) 을 침착하여 캐소드를 형성하였다.

[0662] 도 6 에 도시된 바와 같이, PEG350-CA 리간드 InP 양자점과 혼합된 TFB (개별 정공 수송 층 (HTL) 없음) 는 TFB를 포함하는 개별 HTL 층을 갖는 디바이스와 유사한 성능을 제공한다.

[0663] 실시예 6

[0664] 양자점 층으로 혼합된 전자 수송 재료로서의 ZnMgO

[0665] 적색-방출 InP 양자점을 표준 공정에 의해 PEG350-CA와 교환하였다. 디바이스 A와 B의 두 디바이스는 다음과 같이 준비되었다.

[0666] 유리/ITO/PEDOT/VNPB 기판을 실시예 4에 기재된 바와 같이 준비하였다. 톨루엔 중의 PEG350-CA InP 양자점의 10X 스톡은, 이 스톡의 10 배 희석물 ("1X") 로부터 코팅된 막 스핀이 2000 rpm에서 20 nm 막 두께를 생성하도록 보다 농축된 스톡으로부터 준비되었다. 디바이스 A의 경우, 막은 1X 농도로부터 직접 형성되었다. 디바이스 B의 경우, 10 uL의 10X PEG350-CA InP 양자점 스톡 및 45 uL의 8 mg/mL ZnMgO를 45 uL 톨루엔과 조합하고 2000 rpm에서 스핀 코팅하였다. 발광층 (EML) 막을 코팅한 후, 막을 70℃에서 5 분 동안 베이킹하였다. (에탄올에 8mg/mL로 분산된) ZnMgO 나노입자로 구성된 ETL을 3000 rpm으로 스핀 코팅에 의해 적용하였

다. 열 증발에 의해 알루미늄 (150nm) 을 침착하여 음극을 형성하였다.

[0667] 도 7 에 도시된 바와 같이, 발광층에 ZnMgO 및 InP 양자점을 갖는 디바이스 (디바이스 B) 는 발광층에 InP 양자점만을 갖는 디바이스 (디바이스 A) 보다 성능이 우수하다.

[0668] 실시예 7

[0669] E02CA로 변형된 InP

[0670] InP를 소분자 (2-[2-(2-메톡시에톡시)에톡시]아세트산) (E02CA) 와 리간드 교환하였다. 유리 /ITO/PEDOT/VNPB 기판을 실시예 4에 기재된 바와 같이 준비하였다. 2000 rpm에서 스핀 코팅된 막의 두께가 20 nm가 되도록 E02CA InP 양자점을 프로필렌 글리콜 메틸 에테르 아세테이트 (PGMEA) 로 희석하였다.

[0671] 네이티브 리간드 양자점은 PGMEA에 분산될 수 없지만 대신 2000 rpm에서 옥탄 중 18mg/mL 용액으로부터 코팅되었다. (에탄올에 8mg/mL로 분산된) ZnMgO 나노입자로 구성된 ETL을 3000 rpm에서 스핀 코팅에 의해 적용하였다. 열 증발에 의해 알루미늄 (150nm) 을 침착하여 디바이스를 형성하였다.

[0672] 도 8 에 도시된 바와 같이, PGMEA 용액으로부터 제조된 디바이스는 스핀 코팅된 용매로서 옥탄으로부터 침착된 네이티브 리간드 양자점에 필적하는 성능을 가졌다.

[0673] PGMEA는 옥탄보다 높은 비점을 갖는다 (146℃ 대 125℃). 잉크젯 인쇄에는 여전히 더 높은 비점 용매 (200℃ 이상) 가 필요하다. PEG350-CA 리간드 양자점은 인쇄에 통상적으로 사용되는 적어도 하나의 용매와 양립 가능할 것으로 예상된다.

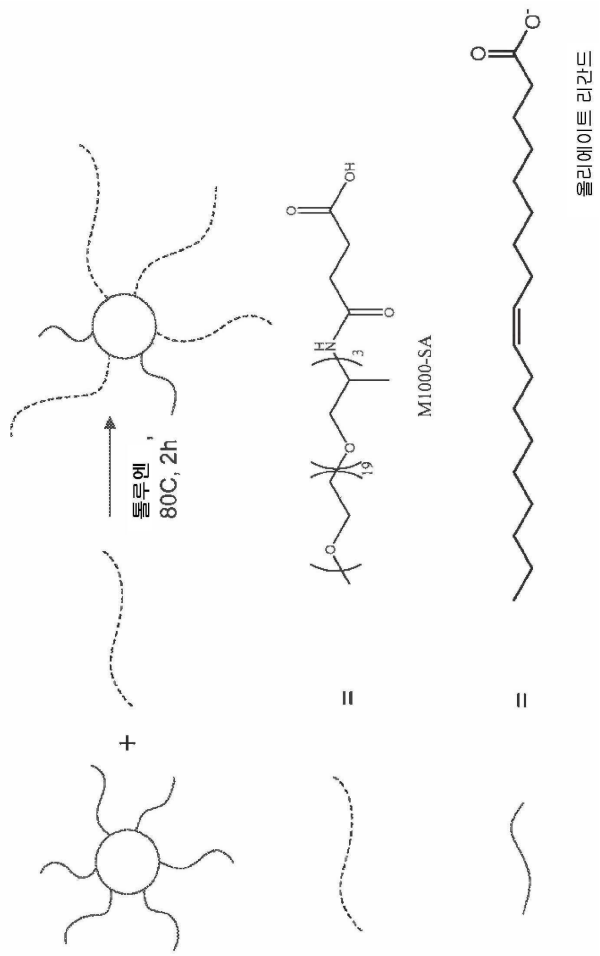
[0674] 본 개시에 따른 다양한 실시형태가 위에 설명되었지만, 이들은 제한이 아닌 예시 및 예에 의해서만 제시되었다는 것을 이해해야 한다. 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않으면서 형태 및 상세에 있어서의 다양한 변경들이 본 명세서에서 행해질 수 있음이 당업자에게 명백할 것이다. 따라서, 본 개시의 너비 및 범위는 상기 설명된 예시적인 실시형태 중 임의의 실시형태에 의해 제한되지 않아야 하며, 오직 후속하는 청구항들 및 그 균등물들에 따라서만 정의되어야 한다.

[0675] 당업자에게 이해되는 바와 같이, 전술한 디바이스 및/또는 처리 컴포넌트 중 임의의 것이 본 개시의 QD 막을 형성하기 위해 임의의 적절한 조합으로 사용될 수 있다.

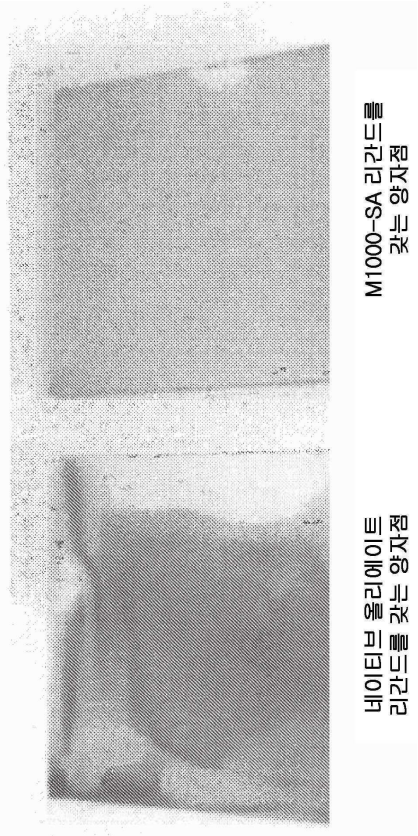
[0676] 본 명세서에 언급된 모든 공개물, 특허 및 특허 출원은 본 발명이 속하는 당업계의 수준을 나타내고, 각각의 개별적 공개물, 특허 또는 특허 출원이 본원에 참조로 포함되는 것으로 구체적이고 개별적으로 표시되는 것과 동일한 정도로 본원에 참조로 포함된다.

도면

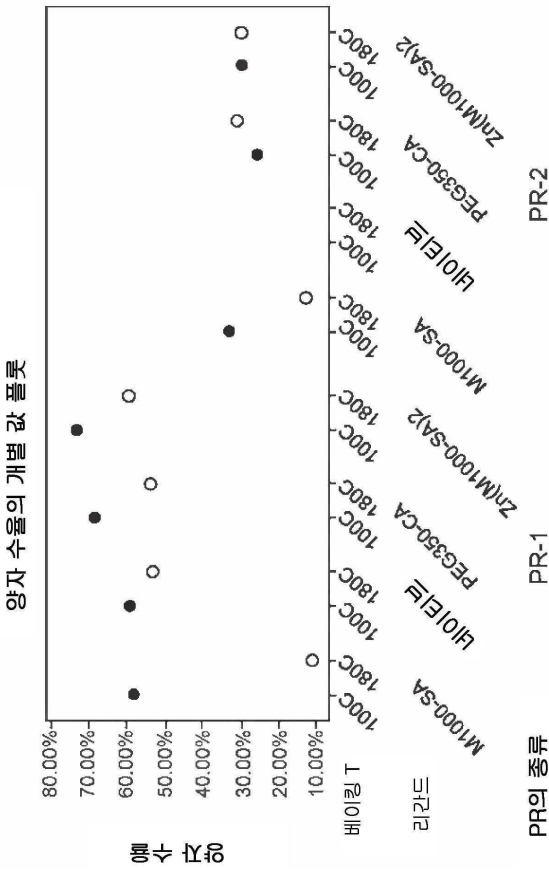
도면1



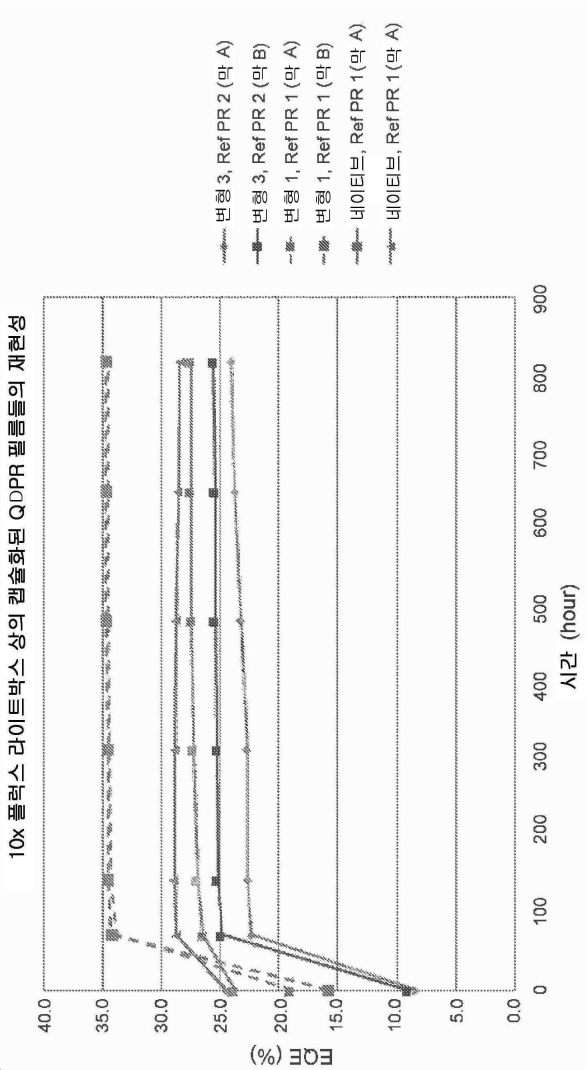
도면2



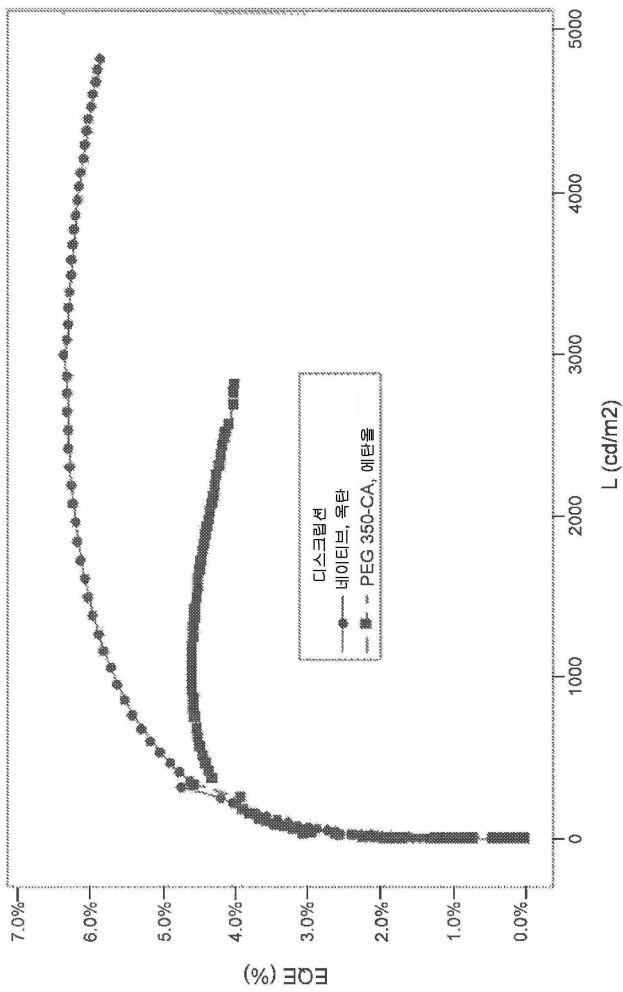
도면3



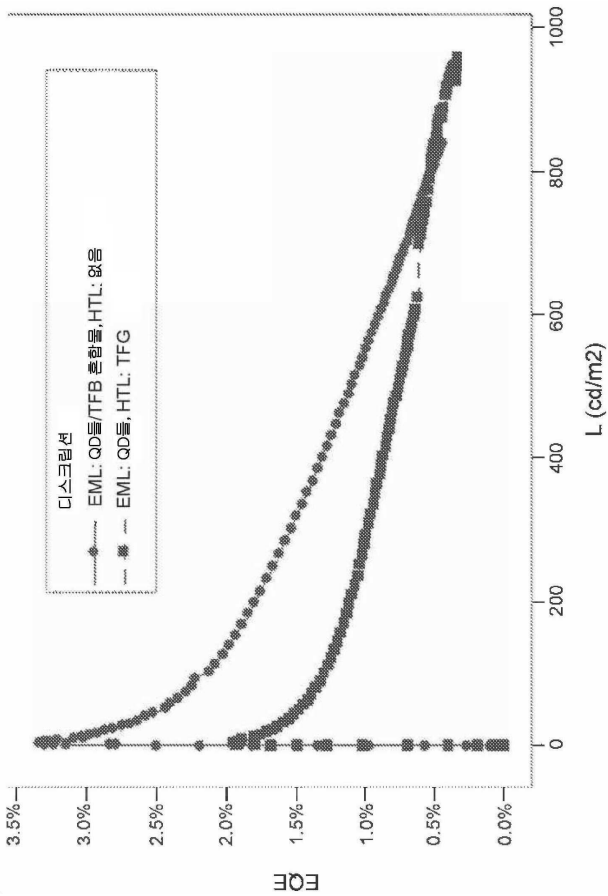
도면4



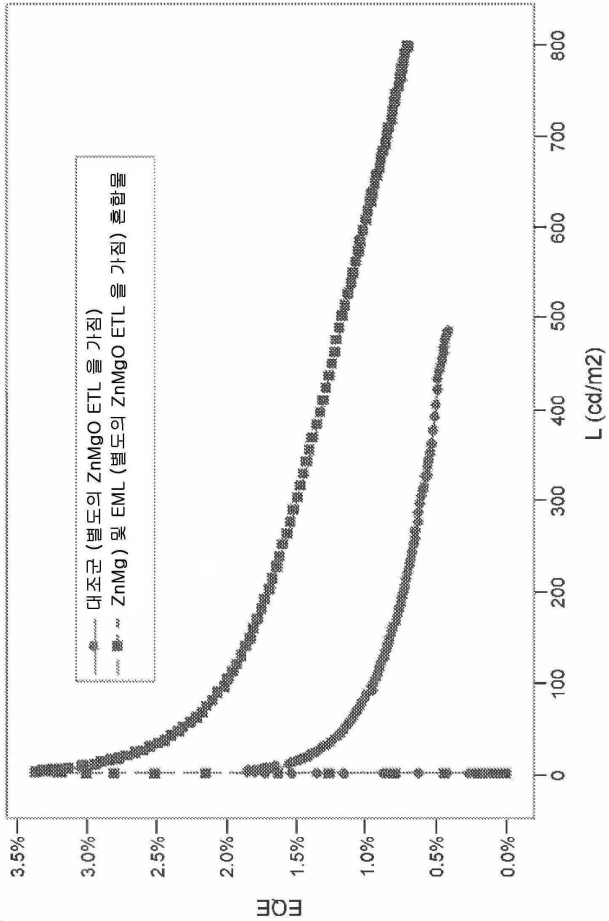
도면5



도면6



도면7



도면8

