(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0077656
(43) 공개일자 2022년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/00 (2010.01) *H01L 33/04* (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/005 (2013.01)
H01L 33/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0166804
(22) 출원일자 2020년12월02일
심사청구일자 2021년11월23일

(71) 출원인
재단법인대구경북과학기술원
대구 달성군 현풍읍 테크노중앙대로 333
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
양지웅
대구광역시 달성군 현풍읍 테크노중앙대로 333, DGIST 비슬빌리지 401동 303호
최문기
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

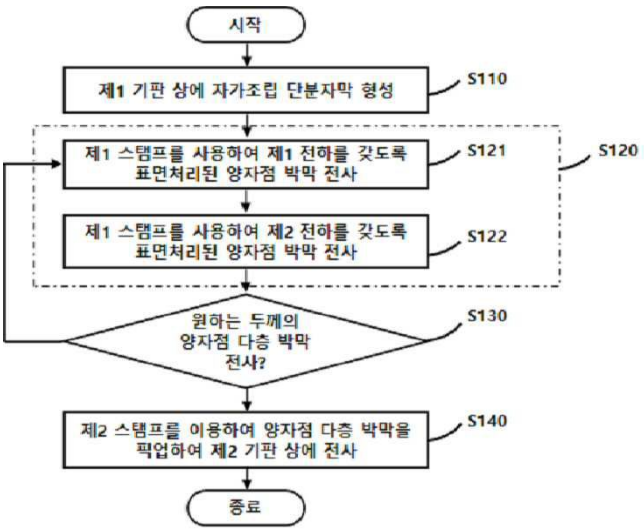
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 **양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막**

(57) 요 약

본 발명은 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막을 개시한다. 본 발명은 제1 기판 상에 자가조립 단분자막을 형성하는 단계; 상기 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계; 및 상기 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계; 를 포함하는 것을 특징를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

박수익

부산광역시 금정구 금강로 503, 605동 2201호(구서동, 롯데캐슬골드2단지)

이승민

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711120271
과제번호	2020M3D1A2102677
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래소재디스커버리지원(R&D)
연구과제명	고해상도 양자점 음각전사 공정과 미세화소 양자점 자발광 소자 기술 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	대구경북과학기술원
연구기간	2020.07.23 ~ 2021.01.22

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1 기판 상에 자가조립 단분자막(SAM)을 형성하는 단계;

상기 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계; 및

상기 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 쿨롱 인력에 의해 적층되는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 상기 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 무기 리간드 및 두 기능기(bifunctional) 리간드 중 적어도 어느 하나로 표면 처리된 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 무기 리간드는 금속-칼코게나이드(metal-chalcogenide) 화합물, 금속-할라이드(metal-halide) 화합물, 금속-옥사이드(metal-oxide) 화합물, 칼코게나이드(chalcogenide), 할라이드(halide) 및 슈도할라이드(pseudohalide), 하이드록시 이온 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 5

제3항에 있어서,

상기 두 기능기 리간드는 카르복시기, 아인산기, 하이드록시기, 사이올기, 아민기, 포스핀기 및 산화포스핀기 중 적어도 둘 이상의 작용기가 C_1-C_{24} 탄화수소에 결합된 리간드를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 자가조립 단분자막은 상기 제1 기판과 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 사이의 쿨롱 인력

을 감소시키는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 자가조립 단분자막은 PFS(Perfluorodecyltrichlorosilane), OTS (Trichloro(octyl)silane), ODTS(Octadecyltrichlorosilane), OTMS(Octadecyltrimethoxysilane), HDT(1-Hexadecanethiol), FDTS((Heptadecafluoro-1,1,2,2-tetrahydrodecyl)trichlorosilane), FOTS(1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilneperfluorodecyltrichlorosilane), PFBT (Pentafluorobenzenethiol), APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane), hydroxy terminated PDMS(polydimethylsiloxane) 및 vinyl terminated PDMS 및 DDMS(Dichlorodimethylsilane) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 스탬프는 표면에 양각 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제2 기판이 음각 트랜치를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계를 진행한 다음,

상기 제2 스탬프를 이용하여 상기 제2 기판으로부터 상기 양자점 다층 패턴을 픽업하는 단계; 및

상기 제2 스탬프를 이용하여 상기 양자점 다층 패턴을 제3 기판에 전사하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제2 기판은 표면에서 내부로 들어간 리세스 영역을 갖는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제2 스탬프가 상기 제2 기판으로부터 분리될 때 상기 양자점 다층 박막 중에서 상기 제2 기판과 접촉하는 부분은 상기 제2 기판에 남고, 상기 리세스 영역에 대응하는 부분은 상기 제2 스탬프에 의해 픽업되는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 양자점 다층 박막의 두께는 2 ㎚ 내지 1000 ㎛ 인 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법.

청구항 14

제1항 내지 제13항 중 적어도 어느 하나의 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법으로 제조된 양자점 다층 박막은,

제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막이 적어도 1회 이상 교차하여 적층된 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 쿨롱 인력에 의해 적층된 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 상기 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 무기 리간드 및 두 기능기(bifunctional) 리간드 중 적어도 어느 하나로 표면 처리된 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막.

청구항 17

제14항에 있어서,

상기 양자점 다층 박막은, 양각 패턴 또는 음각 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막.

청구항 18

제14항에 있어서,

상기 양자점 다층 박막의 두께는 2 ㎚ 내지 1000 ㎛ 인 것을 특징으로 하는 양자점 다층 박막.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 양자점 다층 박막의 두께를 제어하여 고해상도 패터닝 전사 인쇄가 가능하고 수백 나노미터 이상의 후막 형성이 가능한 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근, 양자점은 여러 종류의 양자점 물질들의 광 발광 현상과 전계 발광 현상을 이용하여 디스플레이 분야에 적용되고 있으며, 특히 광 발광을 이용한 색변환 및 휘도 향상을 목적으로 제품에 적용되어 상품화되고 있다.

[0004] 더하여, 양자점은 태양전지의 광흡수층, 바이오 센서, 광센서, 조명 등 폭넓은 분야에 적용되어 활발한 연구가 진행되고 있으며, 디스플레이 분야의 성과가 크게 두드러지고 있는 상황이다.

[0005] 종래에는 도너 기판에 코팅된 양자점 나노입자 박막을 양각 스탬프 혹은 전면 스탬프로 픽업하여 최종 기판에 전사하는 방식으로, 양자점 패턴을 형성할 때, 실리콘 고무인 폴리디메틸실록산(PDMS; 19.8 mJm^{-2})을 사용한다.

[0006] 일반적인 발광소자용 양자점은 긴 탄소사슬의 유기 리간드로 둘러싸여 있으며 양각 스탬프 혹은 전면 스탬프를 이용하여 빠르게 양자점 박막을 도너 기판에서 픽업하여 최종 기판에 전사된다.

[0007] 종래에는 전사된 최종 양자점 패턴의 두께는 도너 기판에 코팅한 양자점 나노입자 박막의 패턴과 거의 유사하며, 이 두께는 대략 수십 나노미터이다.

[0008] 또한, 양자점 간의 상호인력은 양자점을 둘러싼 유기 리간드간의 반 데르 발스 힘이며 이 힘은 약하기 때문에 전사된 양자점 박막위에 추가적으로 양자점을 전사하여 적층하는 것이 어려운 문제가 있다.

[0009] 따라서, 종래에는 수십 나노미터 이하의 얇은 두께의 양자점 박막의 전사인쇄만 가능하나, 광발광 기반의 디스플레이 혹은 포토디텍터, 태양전지 등에 사용되기 위해서는 수백 nm 이상의 두께를 지니는 양자점 박막이 필요하기 때문에, 양자점 박막을 후막으로 형성하는 기술에 대한 연구가 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0011] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제2010-0093858호, "양자층 제조 방법 및 이를 적용하여 제조된 양자점 발광소자"

비특허문헌

[0012] (비특허문헌 0001) Tae-Ho Kim 외 13, "Full-colour quantum dot displays fabricated by transfer printing", Nature Photon. 2011, 5, 176-182.

(비특허문헌 0002) Moon Kee Choi 외 11"Wearable red-green-blue quantum dot light-emitting diode array using high-resolution intaglio transfer printing", Nature Commun. 2015, 6, 7149.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 실시예는 전하를 띄는 양자점을 사용하여 양자점 박막 간의 쿨롱 인력을 제어함으로써, 양자점 대층 박막의 두께를 제어할 수 있는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막을 제공하고자 한다.

[0014] 따라서, 본 발명의 실시예는 양자점 다층 박막의 두께를 제어하여 고해상도 패터닝 전사 인쇄가 가능하고, 수백 나노미터 이상의 후막 형성이 가능한 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 제1 기판 상에 자가조립 단분자막(SAM)을 형성하는 단계; 상기 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계; 및 상기 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계;를 포함한다.

[0017] 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 쿨롱 인력에 의해 적층될 수 있다.

[0018] 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 상기 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 무기 리간드 및 두 작용기 리간드(bifunctional ligand) 중 적어도 어느 하나로 표면 처리될 수 있다.

[0019] 상기 무기 리간드는 금속-칼코게나이드(metal-chalcogenide) 화합물, 금속-할라이드(metal-halide) 화합물, 금속-옥사이드(metal-oxide) 화합물, 칼코게나이드(chalcogenide), 할라이드(halide) 및 슈도할라이드(pseudohalide), 하이드록시 이온 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0020] 두 기능기 리간드는 카르복시기, 아인산기, 하이드록시기, 사이올기, 아민기, 포스핀기 및 산화포스핀기 중 적어도 둘 이상의 작용기가 C_1-C_{24} 탄화수소에 결합된 리간드를 포함할 수 있다.

[0021] 상기 자가조립 단분자막은 상기 제1 기판과 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 사이의 쿨롱 인력을 감소시킬 수 있다.

[0022] 상기 자가조립 단분자막은 PFS(Perfluorodecyltrichlorosilane), OTS (Trichloro(octyl)silane), ODTS(Octadecyltrichlorosilane), OTMS(Octadecyltrimethoxysilane), HDT(1-Hexadecanethiol), FDTS((Heptadecafluoro-1,1,2,2-tetrahydrodecyl)trichlorosilane), FOTS(1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilneperfluorodecyltrichlorosilane), PFBT (Pentafluorobenzenethiol), APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane), hydroxy terminated PDMS(polydimethylsiloxane) 및 vinyl terminated PDMS 및 DDMS(Dichlorodimethylsilane) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0023] 상기 제1 스탬프는 표면에 양각 패턴을 포함할 수 있다.

[0024] 상기 제2 기판이 음각 트랜치를 포함할 수 있다.

[0025] 상기 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계를 진행한 다음, 상기 제2 스탬프를 이용하여 상기 제2 기판으로부터 상기 양자점 다층 패턴을 픽업하는 단계; 및 상기 제2 스탬프를 이용하여 상기 양자점 다층 패턴을 제3 기판에 전사하는 단계;를 포함할 수 있다.

[0026] 상기 제2 기판은 표면에서 내부로 들어간 리세스 영역을 가질 수 있다.

[0027] 상기 제2 스탬프가 상기 제2 기판으로부터 분리될 때 상기 양자점 다층 박막 중에서 상기 제2 기판과 접촉하는 부분은 상기 제2 기판에 남고, 상기 리세스 영역에 대응하는 부분은 상기 제2 스탬프에 의해 픽업될 수 있다.

[0028] 상기 양자점 다층 박막의 두께는 2 nm 내지 1000 μm 일 수 있다.

[0029] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막은, 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막이 적어도 1회 이상 교차하여 적층된다.

[0030] 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 쿨롱 인력에 의해 적층될 수 있다.

[0031] 상기 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 상기 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 무기 리간드 및 두 기능기(bifunctional) 리간드 중 적어도 어느 하나로 표면 처리될 수 있다.

[0032] 상기 양자점 다층 박막은, 양각 패턴 또는 음각 패턴을 포함할 수 있다.

[0033] 상기 양자점 다층 박막의 두께는 2 nm 내지 1000 μm일 수 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명의 실시예에 따르면, 전하를 띄는 양자점을 사용하여 양자점 박막 간의 쿨롱 인력을 제어함으로써, 양자

점 다층 박막의 두께를 제어할 수 있는 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막을 제공할 수 있다.

[0036] 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면, 양자점 다층 박막의 두께를 제어하여 고해상도 패터닝 전사 인쇄가 가능하고, 수백 나노미터 이상의 후막 형성이 가능한 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법 및 이를 통해 제조된 양자점 다층 박막을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 전사 인쇄 방법을 도시한 흐름도이다.

도 2 내지 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 전사 인쇄 방법을 도시한 단면도이다.

도 6은 비교예에 따른 양자점 다층 박막의 패턴을 도시한 전자 현미경 이미지이다.

도 7은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 패턴을 도시한 전자 현미경 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0041] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

[0042] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0043] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

[0044] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.

[0045] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.

[0046] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.

[0047] 한편, 본 발명의 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.

[0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 전사 인쇄 방법을 도시한 흐름도이다.

[0050] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 제1 기판 상에 자가조립 단분자막(self-assembled monolayer; SAM)을 형성하는 단계(S110), 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S120, S130) 및 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계(S140)를 포함한다.

[0051] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 제1 기판 상에 자가조립 단분자막(SAM)을 형성하는 단계(S110)를 진행한다.

[0052] 제1 기판은 유리, 석영, Al_2O_3, SiC, 폴리디메틸실록산(Polydimethlysiloxane, PDMS), 에코플렉스(ecoflex(Polybutylene adipate terephthalate, PBAT)), 폴리우레탄 (polyurethane, PU), 폴리에틸렌테레프탈레이트 (PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트 (PBT), 폴리실란 (polysilane), 폴리실록산 (polysiloxane), 폴리실라잔 (polysilazane), 폴리카르보실란 (polycarbosilane), 사이클릭 올레핀 코폴리머 (Cyclic olefin copolymer, COC), 사이클릭 올레핀 폴리머 (Cyclic olefin polymer, COP), 폴리에틸렌 (PE), 폴리프로필렌 (PP), 폴리이미드 (PI), 폴리테트라플루오로에틸렌 (PTFE), 폴리비닐클로라이드 (PVC), 폴리카보네이트 (PC), 폴리비닐리덴플로라이드 (PVDF), 퍼플루오로알킬 고분자 (PFA) 및 스타이렌아크릴나이트릴코폴리머 (SAN) 중 적어도 어느 하나의 재질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0053] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 제1 기판 상에 형성된 양자점 다층 박막이 제2 기판으로 전사(Transfer)되기 용이하도록 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막이 제1 기판 상에 전사되기 전에 제1 기판을 자가조립 단분자막으로 표면처리 할 수 있다.

[0054] 자가조립 단분자막은 자기조립 물질의 유도체 등을 사용하여 솔루션 딥핑(Solution dipping) 또는 열 처리 방법으로 제1 기판을 표면 처리할 수 있으며, 이러한 표면 처리를 통해 형성된 자가조립 단분자막은 제1 기판의 표면 에너지를 크게 감소시킬 수 있다.

[0055] 자가조립 단분자막에 의해 제1 기판과 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 사이의 상호 작용이 약해져 제2 스탬프에 의한 양자점 다층 박막의 픽업(pick-up)이 더욱 효과적으로 이루어질 수 있다.

[0056] 따라서, 자가조립 단분자막은 제1 기판과 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 사이의 쿨롱 인력을 감소시킬 수 있다.

[0057] 즉, 자가조립 단분자막은 제1 기판과 공유결합으로 결합되어 있으며 표면 에너지를 극도로 낮추어 주는 역학을 하기 때문에, 제2 스탬프로 양자점 다층 박막을 픽업하면, 자가조립 단분자막과 양자점 다층 박막 사이가 분리되어 양자점 다층 박막만 제2 스탬프에 픽업될 수 있다.

[0058] 자가조립 단분자막은 소수성의 성질을 가질 수 있으며, 자가조립 단분자막은 PFS(Perfluorodecyltrichlorosilane), OTS (Trichloro(octyl)silane), ODTS(Octadecyltrichlorosilane), OTMS(Octadecyltrimethoxysilane), HDT(1-Hexadecanethiol), FDTS((Heptadecafluoro-1,1,2,2-tetrahydrodecyl)trichlorosilane), FOTS(1H,1H,2H,2H-perfluorodecyltrichlorosilneperfluorodecyltrichlorosilane), PFBT (Pentafluorobenzenethiol), APTES(3-Aminopropyltriethoxysilane), hydroxy terminated PDMS(polydimethylsiloxane) 및 vinyl terminated PDMS 및 DDMS(Dichlorodimethylsilane) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0059] 바람직하게는, 자가조립 단분자막은 트리클로로실란기(-$SiCl_3$)를 머리기로 가지는 옥타데실트라이클로로실레인(Octadecyltrichlorosilane, ODTS)을 포함할 수 있다.

[0060] 이 후, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S120, S130)를 진행한다.

[0061] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 양자점(quantum dot)을 포함하는 콜로이드 나노결정 물질로 형성될 수 있다.

[0062] 양자점은 Ⅱ-Ⅵ족, Ⅲ-Ⅴ족, Ⅰ-Ⅲ-Ⅵ족, Ⅳ-Ⅵ족 반도체 화합물 또는 이들의 혼합물일 수 있다. 대표적으로 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, HgS, HgSe, HgTe, CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe, CdHgZnTe, CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe; GaN, GaP, GaAs, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb, GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb; SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe, SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe, SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe; Si, Ge, SiC, SiGe 및 Cu-In-Se 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 바람직하게는 양자점은 CdSe/Zns 양자점, CdSe/CdS/ZnS 양자점, InP/ZnS 양자점, InP/ZnSe 양자점, ZnSeTe 양자점, Cu-In-Se 양자점, 또는 PbS 양자점을 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0063] 실시예에 따라, 나열한 양자점들 중 2 이상의 혼합물을 사용할 수 있다. 예를 들어, 2 종 이상의 양자점이 단순 혼합상태로 존재하는 양자점 혼합물, 혹은, 코어-쉘(core-shell) 구조를 가진 결정 또는 그래디언트(gradient) 구조를 가진 결정과 같이 동일 결정 내에 2 종 이상의 화합물 결정이 부분적으로 나뉘어져 존재하는 혼합결정, 또는 2 종 이상의 나노결정 화합물을 사용할 수도 있다. 예를 들어, 양자점은 홀이 외부로 잘 빠져나갈 수 있도록 하는 코어 구조를 가지거나, 코어 및 코어를 덮는 쉘을 포함한 코어/쉘 구조를 가질 수 있다.

[0064] 실시예에 따라, 양자점 이 외에 콜로이드 나노결정 물질은 금속, 구형 금속 산화물, 선형 금속 산화물 및 판형 금속 산화물 중 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들어, 금 나노 입자는 나노와이어를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0065] 또한, 콜로이드 나노결정 물질은 구형 산화물, 선형 산화물, 판상형 산화물 및 다각형 산화물 중 적어도 어느 하나의 나노결정을 포함할 수 있고, 바람직하게는, ITO, ZnO, TiO_2, CeOx 및 FeOx 중 적어도 어느 하나의 나노입자를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0066] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막의 양자점은 서로 같거나 다를 수 있다. 또한, 복수의 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막들 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막의 양자점 박막들은 서로 같거나 다를 수 있다.

[0067] 제1 전하가 양전하인 경우, 제2 전하는 음전하일 수 있고, 제1 전하가 음전하인 경우, 제2 전하는 양전하일 수 있다.

[0068] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막은 무기 리간드 및 두자리(bifunctional) 리간드 중 적어도 어느 하나로 표면 처리될 수 있다.

[0069] 무기 리간드는 금속-칼코게나이드(metal-chalcogenide) 화합물, 금속-할라이드(metal-halide) 화합물, 금속-옥사이드(metal-oxide) 화합물, 칼코게나이드(chalcogenide), 할라이드(halide) 및 슈도할라이드(pseudohalide), 하이드록시 이온 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 슈도 할라이드는 O^{2-}, C^{N-}, N^{3-}, SCN^- 및 OCN^- 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0070] 바람직하게는, 무기 리간드는 금속-칼코게나이드 화합물이 사용될 수 있고, 예를 들어, 금속-칼코게나이드 화합물은 AsS_4^{2-}, NH_4S^{2-}, MoS_4^{2-}, WS_4^{2-}, Zn_2S_2, Zn_2Se_2, Zn_2Te_2, Cu_2S_2, Cu_2Se_2, Cu_2Te_2, Mn_2S_2, Mn_2Se_2, Mn_2Te_2, Fe_2S_2, Fe_2Se_2, Fe_2Te_2, Co_2S_2, Co_2Se_2, Co_2Te_2, Sn_2S_6, Sn2Se6, In_2Se_4, In_2Te_3, Ga_2Se_3, $CuInSe_2$, Cu_7S_4, Hg_3Se_4, Ge_2S, Sb_2S_3, Sb_2Se_3, Sb_2Te_3 및 ZnTe의 하이드라진 수화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0071] 두 기능기 리간드는 한 쪽의 작용기는 양자점 표면에 결합될 수 있고, 나머지 작용기는 극성을 띄어 양자점에 양전하 또는 음전하를 부여할 수 있다.

[0072] 두 기능기 리간드는 카르복시기, 아인산기, 하이드록시기, 사이올기, 아민기, 포스핀기 및 산화포스핀기 중 적어도 둘 이상의 작용기가 C_1-C_{24} 탄화수소에 결합된 리간드를 포함할 수 있다.

[0073] 바람직하게는, 두 기능기 리간드는 시스테아민(cysteamine), 아미노-옥탄싸이올(amino-octanethiol), 아미노-도데칸싸이올(amino-dodecanethiol), 머캅토프로피온산(mercaptopropionic acid), 머캅토운데카노산

(mercaptoundecanoic acid), 머캅토헥사데칸산(mercaptohexadecanoic acid), 에탄올 아민(ethanol amine), 메탄올 아민(methanol amine), 프로판올 아민(propanol amine), 부탄올 아민(butanol amine), 디아미노옥탄(diaminooctane), 디아미노헥산(diaminohexane), 헥산디오산(hexanedioic acid), 펜탄디오산(pentanedioic acid), 부탄디오산(butanedioic acid) 및 프로판디오산(propanedioic acid) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0074] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막의 무기 리간드 또는 두 자리(bifunctional) 리간드는 서로 같거나 다를 수 있다. 또한, 복수의 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막들 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막의 양자점 박막들은 서로 같거나 다를 수 있다.

[0075] 제1 스탬프는 실록산(siloxane)계, 아크릴(acryl)계, 에폭시(epoxy)계열의 탄성체 또는 이들의 복합체이거나 다른 강화재료들을 혼합하여 재료의 강도를 조절하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 제1 스탬프는 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있다.

[0076] 또한, 제1 스탬프는 표면에 양각 패턴을 포함할 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 제2 기판 상에 양자점 다층 박막을 패턴으로 형성할 수 있다.

[0077] 따라서, 양자점 다층 박막은 양각 패턴 또는 음각 패턴을 포함할 수 있다.

[0078] 보다 구체적으로, 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S120, S130)는 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S121), 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S122) 및 양자점 다층 박막이 원하는 두께가 될 때까지 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.

[0079] 먼저, 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S121)를 진행할 수 있다.

[0080] 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S121)를 진행하는 단계는 도 2를 참고하여 설명하기로 한다.

[0081] 도 2는 자가조립 단분자막 상에 제1 스탬프를 사용하여 전사된 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 도시한 단면도이다.

[0082] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131)은 양전하를 갖도록 양이온으로 표면처리된 양자점일 수 있고, 양이온으로 표면처리된 양자점은 양자점 표면에 양이온성 무기 리간드 또는 양이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드로 표면처리될 수 있다.

[0083] 양이온성 무기 리간드는 양이온성 금속-칼코게나이드 화합물이 사용될 수 있고, 예를 들어, 양이온성 무기 리간드는 Zn_2S_2, Zn_2Se_2, Zn_2Te_2, Cu_2S_2, Cu_2Se_2, Cu_2Te_2, Mn_2S_2, Mn_2Se_2, Mn_2Te_2, Fe_2S_2, Fe_2Se_2, Fe_2Te_2, Co_2S_2, Co_2Se_2, Co_2Te_2 및 Sn_2S_6 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0084] 양이온성 금속-칼코게나이드 화합물에 있어서, 금속 원자는 양의 전하를 띠게 된다. 예를 들어, Zn-S-S-Zn의 결합구조를 갖는 Zn_2S_2의 경우, Zn의 최외곽 전자 중 하나는 S와 공유결합을 이루고 있지만 다른 하나의 전자는 S와 결합을 이루고 있지 않다. Zn은 2족 원소로서 전자를 주기 쉬운 성질을 갖는다. 그에 따라, Zn은 용액 중에서, S와 결합하지 않고 있는 최외곽 전자를 잃게 된다.

[0085] 그에 따라, Zn-S-S-Zn의 결합구조 중의 Zn은 용액 중에서 양의 전하를 띠게 된다. 이러한 메카니즘에 의하여 또는 이와 유사한 메카니즘에 의하여, 양이온성 금속-칼코게나이드 화합물은 용액 중에서 양이온성을 띠게 된다.

[0086] Zn_2Se_2의 Zn 원자가 양이온의 형태로 양자점의 표면에 결합되어 Zn 원자가 양의 전하를 띠고 있기 때문에, 양자점의 음이온 성분(예를 들어, CdSe 양자점의 Se 원자)과 결합되거나 오비탈의 형태로 결합될 수 있다.

[0087] 양이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드는 -아미노기 또는 -하이드록시기 등의 양전하를 띠는 작용기가 C_1-C_{24} 탄화수소에 결합된 리간드를 포함할 수 있고, -아미노기 또는 -하이드록시기 등의 양전하를 띠는 작용기는 양자점에 결합되지 않는다.

[0088] 바람직하게는, 양이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드는 시스테아민(cysteamine), 아미노-옥탄싸이올(amino-octanethiol), 아미노-도데칸싸이올(amino-dodecanethiol), 에탄올 아민(ethanol amine), 메탄올 아민(methanol amine), 프로판올 아민(propanol amine), 부탄올 아민(butanol amine), 디아미노옥탄(diaminooctane) 및 디아미노헥산(diaminohexane) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0089] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131)은 제1 스탬프에 의해 도너 기판(donor substrate)으로부터 분리되어 픽업될 수 있고, 제1 스탬프를 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131)에 접촉시킨 후 약 10cm/s의 속도로 분리시키면 제1 스탬프의 하부면과 접촉한 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131)이 도너 기판으로부터 분리되어 픽업될 수 있다.

[0090] 제1 스탬프는 예를 들어 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있다. 도너 기판위에 잔존하는 물질은 피라나 용액(piranha solution) 등으로 제거될 수 있다.

[0091] 이 후, 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S122)를 진행할 수 있다.

[0092] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 상에 제1 스탬프를 사용하여 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 전사하는 단계(S122)는 도 3을 참고하여 설명하기로 한다.

[0093] 도 3은 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 상에 제1 스탬프를 사용하여 전사된 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막을 도시한 단면도이다.

[0094] 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 음전하를 갖도록 음이온으로 표면처리된 양자점일 수 있고, 음이온으로 표면처리된 양자점은 양자점 표면에 음이온성 무기 리간드 또는 음이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드로 표면처리될 수 있다.

[0095] 음이온성 무기 리간드는 음이온성 금속-칼코게나이드 화합물이 사용될 수 있고, 예를 들어, 음이온성 무기 리간드는 AsS_4^{2-}, NH_4S^{2-}, MoS_4^{2-}, WS_4^{2-}, Sn_2S_6, Sn_2Se6, In_2Se_4, In_2Te_3, Ga_2Se_3, $CuInSe_2$, Cu_7S_4, Hg_3Se_4, Ge_2S, Sb_2S_3, Sb_2Se_3, Sb_2Te_3 및 ZnTe의 하이드라진 수화물, 하이드록시 이온 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0096] 음이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드는 카르복시기 또는 아인산기 등의 음전하를 띠는 작용기를 포함할 수 있고, 바람직하게는, 음이온성 두 기능기(bifunctional) 리간드는 머캅토프로피온산(mercaptopropionic acid), 머캅토운데카노산(mercaptoundecanoic acid), 머캅토헥사데칸산(mercaptohexadecanoic acid), 에탄올 아민(ethanol amine), 메탄올 아민(methanol amine), 프로판올 아민(propanol amine), 부탄올 아민(butanol amine), 헥산디오산(hexanedioic acid), 펜탄디오산(pentanedioic acid), 부탄디오산(butanedioic acid) 및 프로판디오산(propanedioic acid) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되지 않는다.

[0097] 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 제1 스탬프에 의해 도너 기판(donor substrate)으로부터 분리되어 픽업될 수 있고, 제1 스탬프를 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)에 접촉시킨 후 약 10cm/s의 속도로 분리시키면 제1 스탬프의 하부면과 접촉한 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)이 도너 기판으로부터 분리되어 픽업될 수 있다.

[0098] 따라서, 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 쿨롱 인력(C)에 의해 적층될 수 있다.

[0099] 보다 구체적으로, 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 정전기적 인력, 이온 결합, 또는 반데르발스 힘에 의하여 결합될 수 있다. 따라서, 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)의 계면에 강한 접착력이 생성되어 손쉽게 적층되는 동시에 매우 우수한 기계적 강도를 가질 수 있다.

[0100] 종래의 양자점 박막 형성 방법인 스프레이 코팅, 스핀코팅, 드롭코팅 또는 잉크젯 코팅 방식으로 구현되는 양자점 박막의 두께는 수 나노미터 내지 수십 나노미터 미만으로 양자점 박막을 적층할 경우, 기존 형성된 양자점 박막이 용매에 의해 녹아 마이크로 미터 수준의 두꺼운 박막을 균일하게 형성하는 것이 제한적이다.

[0101] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 양자점 다층 박막(131, 132)의 두

께가 컬러필터 형성 시 요구되는 조건인 10 마이크로미터 이상으로 두껍게 형성하여도 양자점 박막이 쿨롱인력에 의해 강하게 결합되어 있기 때문에 양자점 다층 박막이 무너지지 않으며, 추후 패터닝 과정에서도 높은 종횡비의 패턴을 안정적으로 유지할 수 있다.

[0102] 이 후, 양자점 다층 박막이 원하는 두께가 될 때까지 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S130)를 포함할 수 있다.

[0103] 양자점 다층 박막이 원하는 두께가 될 때까지 적어도 1회 이상 교차 적층 전사하여 양자점 다층 박막을 형성하는 단계(S130)는 도 4를 참고하여 설명하기로 한다.

[0104] 도 4는 제1 기판 상에 형성된 양자점 다층 박막을 도시한 단면도이다.

[0105] 양자점 다층 박막(131, 132)의 두께는 2 nm 내지 1000 μm 일 수 있고, 양자점 다층 박막(131, 132)의 두께는 양자점의 크기에 따라 조절될 수 있고, 양자점의 두께는 2 nm 내지 20 nm이므로, 양자점 다층 박막(131, 132)의 두께는 2nm 미만일 수 없다.

[0106] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 전하를 띄는 양자점을 사용하여 양자점 박막 간의 쿨롱 인력을 제어함으로써, 양자점 다층 박막의 두께를 제어할 수 있다.

[0107] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 양자점 다층 박막의 두께를 제어하여 고해상도 패터닝 전사 인쇄가 가능하고, 기존에 얻을 수 없었던 수백 나노미터 이상의 후막 형성이 가능하다.

[0108] 마지막으로, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 적층 전사 인쇄 방법은 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계(S140)를 진행한다.

[0109] 양자점 다층 박막을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판 상에 전사하는 단계(S140)는 도 5를 참고하여 설명하기로 한다.

[0110] 도 5는 제2 스탬프를 사용하여 제2 기판 상에 전사된 양자점 다층 박막을 도시한 단면도이다.

[0111] 제2 스탬프를 양자점 다층 박막(130)에 접촉시킨 후 약 10cm/s의 속도로 분리시키면 제2 스탬프의 하부면과 접촉한 양자점 다층 박막(130)이 제1 기판으로부터 분리되어 픽업될 수 있다.

[0112] 제2 스탬프는 실록산(siloxane)계, 아크릴(acryl)계, 에폭시(epoxy)계열의 탄성체 또는 이들의 복합체이거나 다른 강화재료들을 혼합하여 재료의 강도를 조절하여 형성될 수 있다. 예를 들어, 제2 스탬프는 PDMS(polydimethylsiloxane)로 형성될 수 있다. 제1 기판 위에 잔존하는 물질은 피라나 용액(piranha solution) 등으로 제거될 수 있다.

[0113] 제2 기판(140)은 금속, 금속 산화물, 반도체 및 절연체 중 적어도 어느 하나의 재질로 이루어질 수 있으나, 이에 한정되지 않는다. 구체적으로 용도에 따라 금, 팔라듐, 백금, 유리, 세라믹, 게르마늄, 실리콘, 플라스틱 등으로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 양자점 다층 박막(130)이 전기 발광 소자에 사용될 경우 제2 기판은 투명하고 표면이 편평한 유리 기판 또는 투명 플라스틱 기판일 수 있다.

[0114] 제2 기판(140)은 오염 물질의 제거를 위해 이소프로필알코올, 아세톤, 메탄올 등의 용매로 초음파 세척하고 UV-오존 처리를 한 후 사용할 수 있다.

[0115] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)의 적층 전사 인쇄 방법은 양각 패턴을 포함하는 제1 스탬프를 사용하는 경우, 제2 기판(140) 상에 패턴화된 양자점 다층 박막(130)을 형성할 수 있고, 패턴을 형성하지 않은 평면 형태의 제1 스탬프를 사용하는 경우, 제2 기판(140) 상에 컨포멀(conformal)한 전면 양자점 다층 박막(130)을 형성할 수 있다.

[0116] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)의 적층 전사 인쇄 방법은 양자점 다층 박막(130)을 제2 스탬프를 사용하여 픽업하여 제2 기판(140) 상에 전사하는 단계(S140)를 진행한 다음, 제2 스탬프를 제2 기판(140)으로부터 분리하여 양자점 다층 패턴을 픽업하는 단계(S150) 및 제2 스탬프를 이용하여 양자점 다층 패턴을 제3 기판에 전사하는 단계(S160)를 포함할 수 있다.

[0117] 제2 기판(140)은 음각 트랜치를 포함할 수 있고, 예를 들어, 제2 기판(140)은 표면에서 내부로 들어간 리세스 영역을 가질 수 있다.

[0118] 보다 구체적으로, 양자점 다층 박막(130)이 형성된 제2 스탬프가 음각 트랜치를 포함하는 제2 기판(140) 위에

정렬되도록 배치될 수 있고, 제2 기판(140)은 제2 스탬프의 표면 에너지(PDMS 스탬프의 표면 에너지는 19.8mJ/㎡)보다 큰 표면 에너지를 갖는 물질, 예를 들어 실리콘, 고분자, 유리, 유기물, 산화물 등으로 형성될 수 있다.

[0119] 양자점 다층 박막(130)이 제2 기판과 균일하게 접촉되도록 제2 스탬프에 전체적으로 약간의 압력이 가해질 수 있고, 이때, 양자점 다층 박막(130)은 제2 기판(140)의 리세스 영역 이외의 부분에서 제2 기판과 접촉하고, 리세스 영역에 대응하는 부분은 제2 기판(140)과 접촉하지 않는다.

[0120] 제2 기판(140)의 표면 에너지가 제2 스탬프의 표면 에너지보다 크기 때문에 제2 기판(140)과 접촉된 양자점 다층 박막(130)의 부분은 제2 스탬프로부터 분리되어 제2 기판(140)의 표면 위에 잔존하게 되고, 리세스 영역에 대응하는 부분은 제2 스탬프에 그대로 접착된 채로 픽업되어 양자점 다층 패턴을 형성할 수 있다. 제2 기판(140) 위에 잔존하는 물질은 피라나 용액 등으로 제거될 수 있다.

[0121] 따라서, 제2 스탬프가 제2 기판(140)으로부터 분리될 때 양자점 다층 박막(130) 중에서 제2 기판(140)과 접촉하는 부분은 제2 기판(140)에 남고, 리세스 영역에 대응하는 부분은 제2 스탬프에 의해 픽업될 수 있다.

[0122] 제3 기판에 제2 스탬프가 얼라인되고, 양자점 다층 패턴이 제3 기판으로 전사될 수 있다. 양자점 다층 패턴이 형성된 제2 스탬프를 제3 기판에 접촉시킨 후 분리시킴으로써 양자점 다층 패턴이 제2 스탬프로부터 제3 기판으로 전사될 수 있다.

[0123] 제3 기판은 웨어러블 기판, 플렉시블 기판, 또는 플라스틱 기판일 수 있으며, 제3 기판에서 양자점 다층 패턴과 접촉하는 부분은 제2 스탬프의 표면 에너지보다 큰 표면 에너지를 갖는 물질로 형성되는 것이 바람직하다.

[0124] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)의 전사 인쇄 방법은 다양한 밀도와 해상도를 갖는 양자점 다층 패턴 형상으로 전사하여, 두께가 제어된 초고해상도 양자점 다층 패턴을 형성할 수 있다

[0125] 앞서 전술한 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)의 전사 인쇄 방법에 의해 제조된 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)은 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)이 적어도 1회 이상 교차하여 적층된다.

[0126] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)의 전사 인쇄 방법과 동일한 구성요소를 포함하고 있으므로, 동일한 구성 요소에 대해서는 설명을 생략하기로 한다,

[0127] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 쿨롱 인력에 의해 적층될 수 있다.

[0128] 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(131) 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막(132)은 무기 리간드 및 두 기능기(bifunctional) 리간드 중 적어도 어느 하나로 표면 처리될 수 있다.

[0129] 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(130)은 양각 패턴 또는 음각 패턴을 포함할 수 있다.

[0130] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막(131, 132)의 두께는 양자점 1 단층(monolayer) 이상의 두께를 가질 수 있고, 양자점 다층 박막(131, 132)의 두께는 양자점 크기에 비례할 수 있다.

[0131] 양자점 크기는 2 nm 내지 20 nm)일 수 있다.

[0133] [비교예]

[0134] 먼저, 실리콘 기판 표면을 octadecyltrichlorosilane으로 자가조립 박막을 전처리하였다. 전처리 과정은 다음과 같았다. 실리콘 기판을 자외선-오존으로 20 분 동안 처리하였다. 그 다음, 에탄올 40 ml와 APTES(3-aminopropyl triethoxysilane) 0.5 ml의 혼합용액에, 실리콘 기판을 1 시간 동안 담그었다. 그 다음, 실리콘 기판을 에탄올로 세척하고 건조하였다. 그 다음, 실리콘 기판을 120 ℃에서 30 분 동안 가열하여, 잔류 용매를 제거하였다. 그 결과, 양전하를 띠도록 전처리된 실리콘 기판을 얻었다.

[0135] 그 다음, 실리콘 기판위에 음이온성 리간드로 치환된 고농축 양자점 콜로이드를 스핀 코팅하고, 이를 스탬프를 이용하여 픽업하여 음각 패턴된 트랜치에 접촉시키고 남은 부분을 타겟 기판에 전사하였다.

[0137] [실시예]

[0138] 먼저, 실리콘 기판 표면을 octadecyltrichlorosilane으로 자가조립 박막을 전처리하였다. 전처리 과정은 다음과 같았다. 실리콘 기판을 자외선-오존으로 20 분 동안 처리하였다. 그 다음, 에탄올 40 ml와 APTES(3-aminopropyl triethoxysilane) 0.5 ml의 혼합용액에, 실리콘 기판을 1 시간 동안 담그었다. 그 다음, 실리콘 기판을 에탄올로 세척하고 건조하였다. 그 다음, 실리콘 기판을 120 ℃에서 30 분 동안 가열하여, 잔류 용매를 제거하였다. 그 결과, 양전하를 띠도록 전처리된 실리콘 기판을 얻었다.

[0139] 그 다음, 실리콘 기판위에 음이온성 리간드로 치환된 양자점 콜로이드를 전사 인쇄하였다. 이후 음이온성 리간드로 치환된 양자점 콜로이드를 전사 인쇄하였다. 이렇게 음전하/양전하를 띈 양자점 콜로이드 용액을 번갈아 전사 인쇄하여 원하는 두께의 양자점 다층박막을 형성하고, 이를 스탬프를 이용하여 픽업하여 음각 패턴된 트랜치에 접촉시키고 남은 부분을 타겟 기판에 전사하였다.

[0141] 도 6은 비교예에 따른 전하를 띄는 양자점 박막의 패턴을 도시한 전자 현미경 이미지이다.

[0142] 도 6에서 양자점 다층 박막의 패턴의 크기는 3㎛이다.

[0143] 도 6을 참조하면, 비교예에 따른 양자점 다층 박막의 패턴은 부분적으로 전사 인쇄가 되지 않은 영역이 존재하거나, 패턴이 무너진 영역이 존재하여 양자점 패턴이 고르게 형성되지 않은 것을 알 수 있다.

[0145] 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 패턴을 도시한 전자 현미경 이미지이다.

[0146] 도 7에서 양자점 다층 박막의 패턴의 크기는 3㎛이다.

[0147] 도 7을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 양자점 다층 박막의 패턴은 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막 및 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막이 쿨롱 인력에 의해 적층되어 양자점 다층 패턴이 무너지지 않고, 잘 형성되는 것을 알 수 있다.

[0149] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0151] 110: 제1 기판 120: 자가조립 단분자막

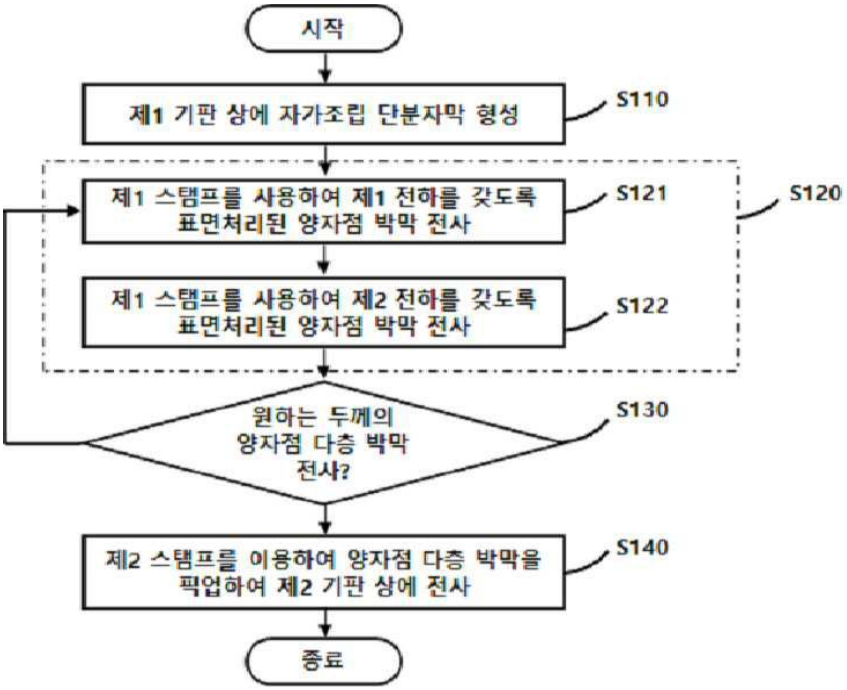
131: 제1 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막

132: 제2 전하를 갖도록 표면처리된 양자점 박막

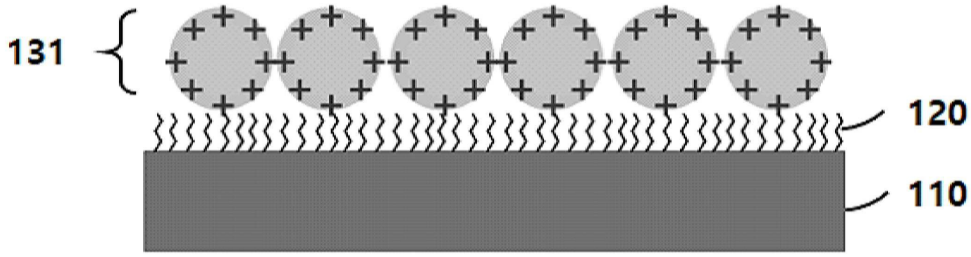
130: 양자점 다층 박막 140: 제2 기판

도면

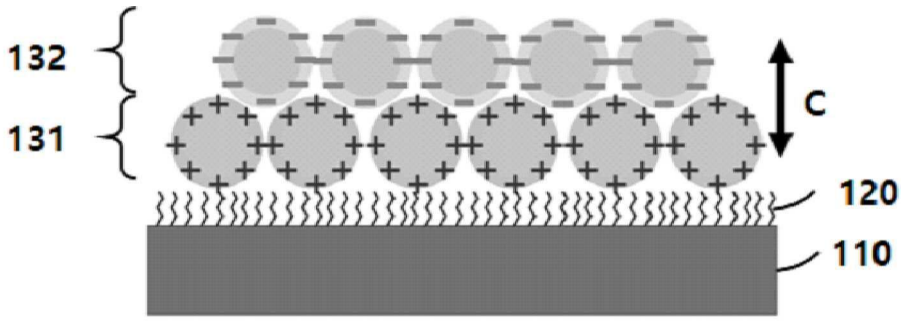
도면1



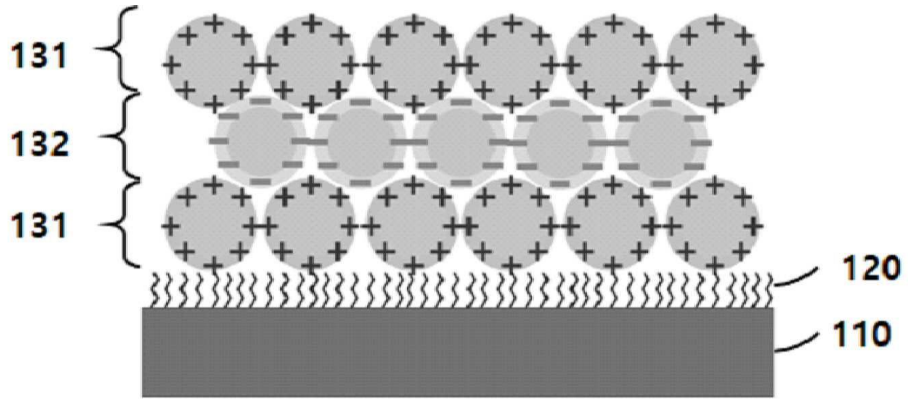
도면2



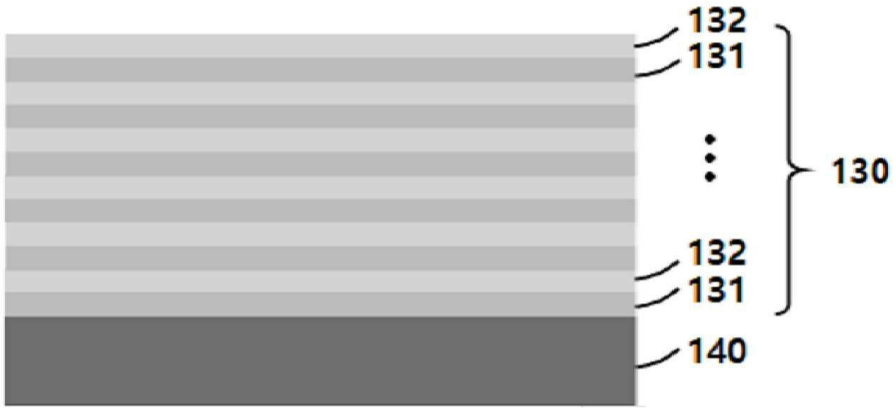
도면3



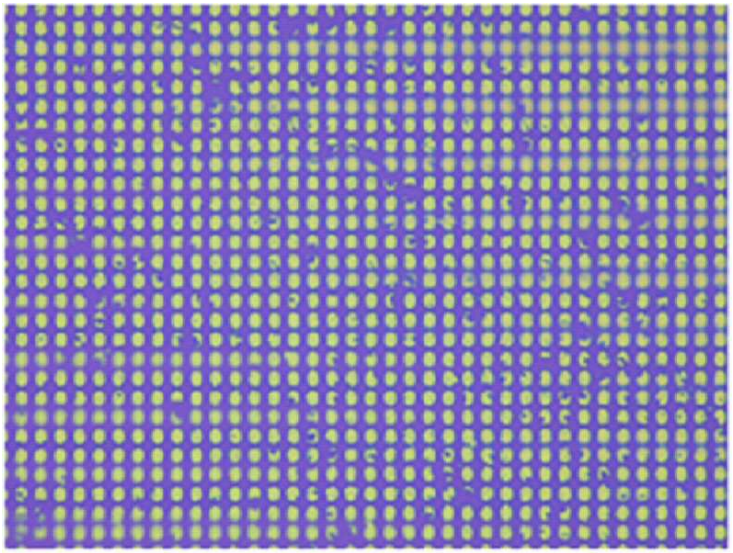
도면4



도면5



도면6



도면7

