(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0110434
(43) 공개일자 2024년07월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 85/50 (2023.01) *H10K 50/11* (2023.01)
H10K 50/15 (2023.01) *H10K 50/17* (2023.01)
H10K 50/81 (2023.01) *H10K 50/82* (2023.01)
H10K 59/123 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10K 85/50 (2023.02)
H10K 50/11 (2023.02)
(21) 출원번호 10-2023-0002508
(22) 출원일자 2023년01월06일
심사청구일자 2023년01월06일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김봉수
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
아민 샤히드
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
리앤목특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

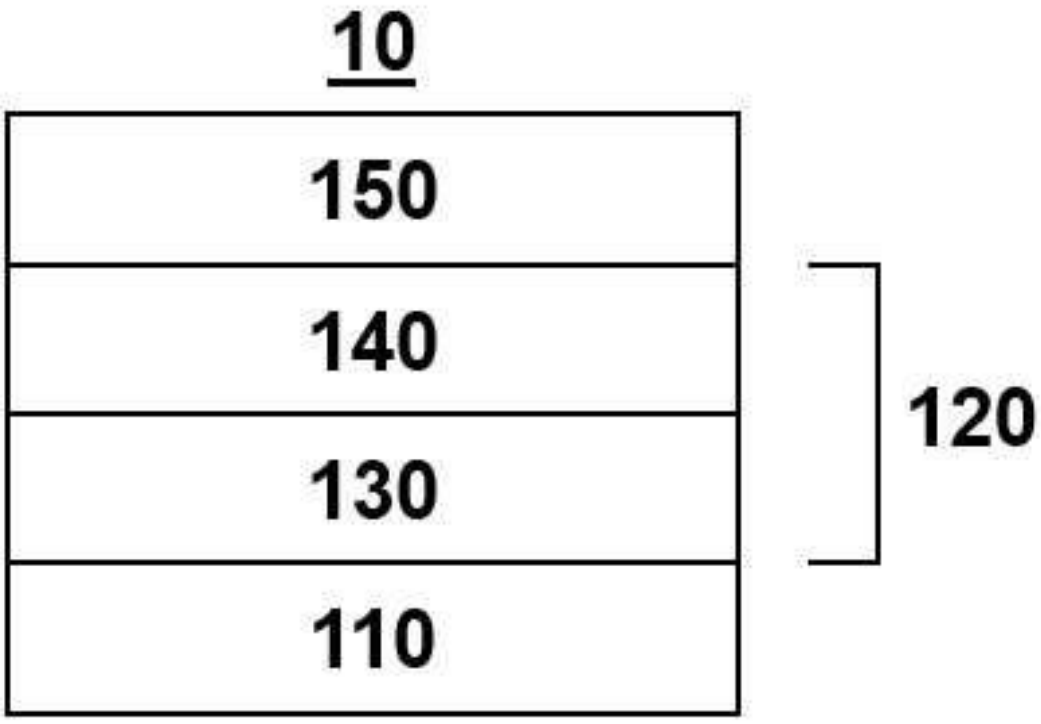
(54) 발명의 명칭 **페로브스카이트 발광 소자 및 이를 포함한 전자 장치**

(57) 요 약

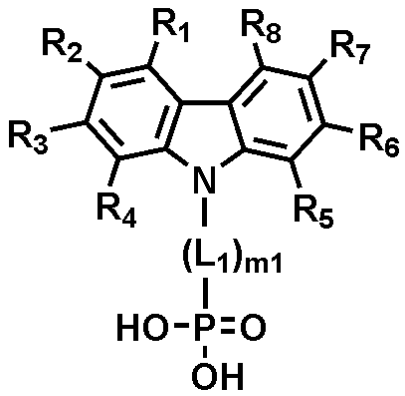
제1전극; 제2전극; 및 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 배치되고, 발광층을 포함한 중간층을 포함하고, 상기 발광층이 페로브스카이트 화합물을 포함하고, 상기 중간층이 정공 수송 영역을 더 포함하고, 상기 정공 수송층이 하기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자가 제공된다:

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



<화학식 1>



상기 화학식 1에 대한 설명은 발명의 설명을 참조한다.

(52) CPC특허분류
H10K 50/15 (2023.02)
H10K 50/17 (2023.02)
H10K 50/81 (2023.02)
H10K 50/82 (2023.02)
H10K 59/123 (2023.02)

(72) 발명자
이영완
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김진영
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
신윤섭
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711132515
과제번호 2020R1A2C2014151
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 플렉시블 동적 비공유결합을 이용한 신축성 고분자 반도체 합성
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711160297
과제번호 2020M1A2A2080746
부처명 기획재정부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 기후변화대응기술개발
연구과제명 고안정,친환경,최고효율 단일접합 태양전지 원천기술 개발
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2022.03.30 ~ 2023.01.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1전극;

제2전극; 및

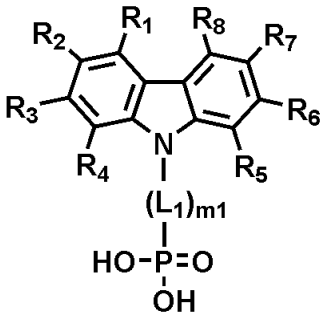
상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 배치되고, 발광층을 포함한 중간층을 포함하고,

상기 발광층이 페로브스카이트 화합물을 포함하고,

상기 중간층이 정공 수송 영역을 더 포함하고,

상기 정공 수송 영역이 하기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자:

<화학식 1>



상기 화학식 1 중,

L_1은 단일 결합, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기이고,

m1은 1, 2, 3, 4 또는 5이고,

R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹이고,

상기 치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기, 치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환된 C_1-C_{30}알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, 치환된 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹, 중 적어도 하나는, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이고,

Q_1 내지 Q_3은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 정공 수송 영역이 상기 제1전극 및 상기 발광층 사이에 배치된, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 정공 수송 영역이 정공 수송층을 포함하고,

상기 정공 수송층이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 정공 수송 영역이 정공 주입층을 포함하고,

상기 정공 주입층이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 정공 수송 영역이 정공 수송층을 더 포함하고,

상기 정공 수송층이 상기 정공 주입층 상에 배치된, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

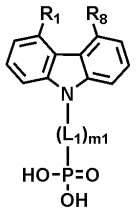
상기 정공 수송 영역이 정공 수송성 자기 조립 단분자막(self-assembled monolayer)을 포함하고,

상기 정공 수송성 자기 조립 단분자막이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자.

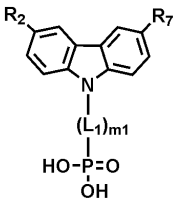
청구항 7

제1항에 있어서,

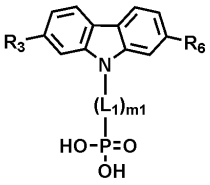
상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자는 하기 화학식 1-1 내지 1-10 중 어느 하나로 표시된, 페로브스카이트 발광 소자:



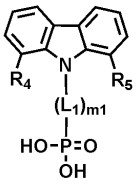
1-1



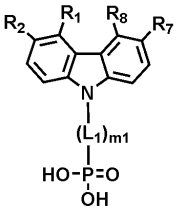
1-2



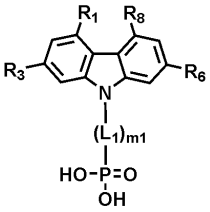
1-3



1-4



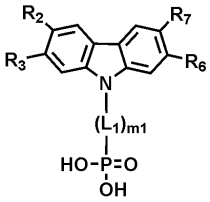
1-5



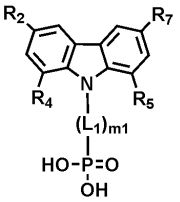
1-6



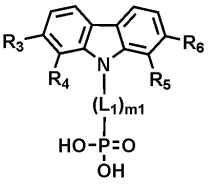
1-7



1-8



1-9



1-10

상기 화학식 1-1 내지 1-10 중,

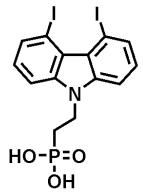
L1, m1 및 R_1 내지 R_8에 대한 설명은 제1항을 참조하고,

R_1 내지 R_8은 각각 수소가 아니다.

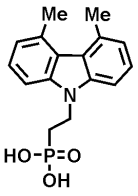
청구항 8

제1항에 있어서,

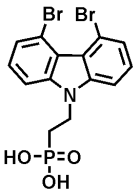
상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자가 하기 화합물 1 내지 112 중에서 선택된, 페로브스카이트 발광 소자:



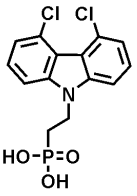
1



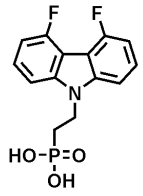
2



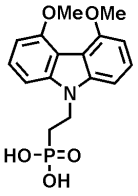
3



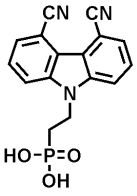
4



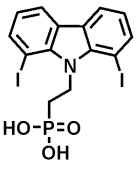
5



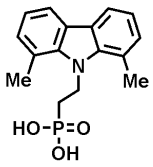
6



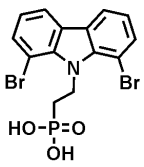
7



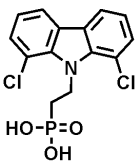
8



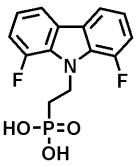
9



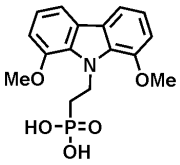
10



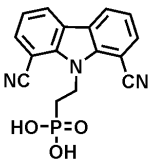
11



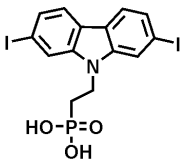
12



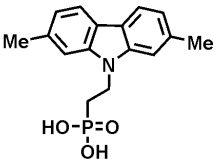
13



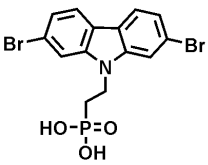
14



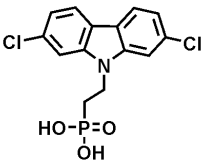
15



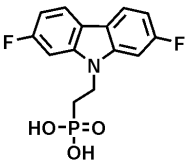
16



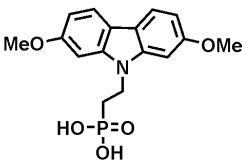
17



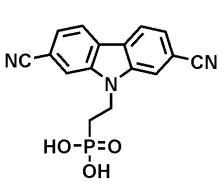
18



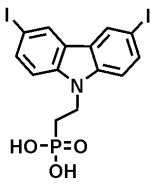
19



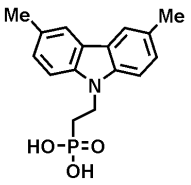
20



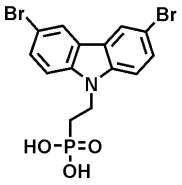
21



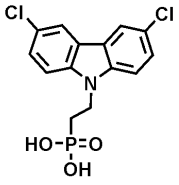
22



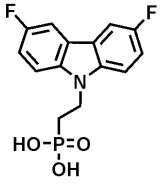
23



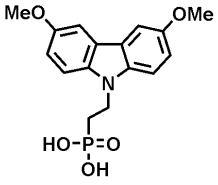
24



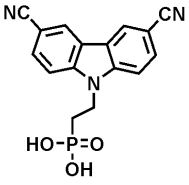
25



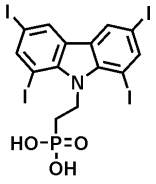
26



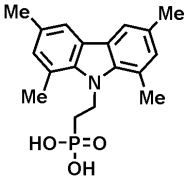
27



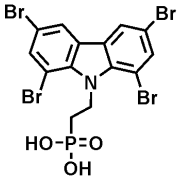
28



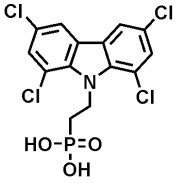
29



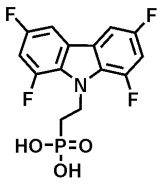
30



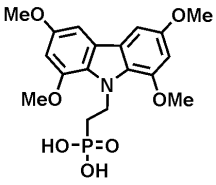
31



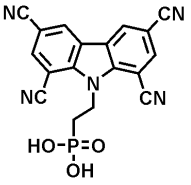
32



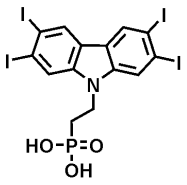
33



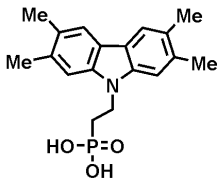
34



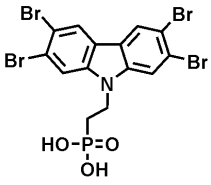
35



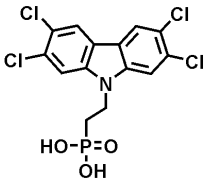
36



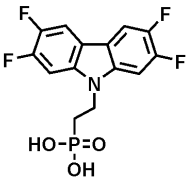
37



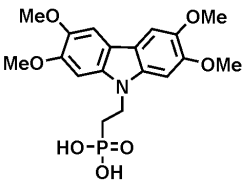
38



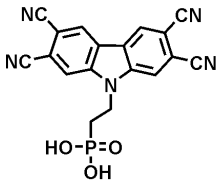
39



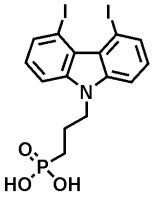
40



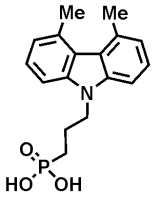
41



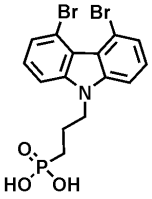
42



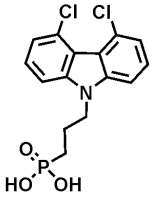
43



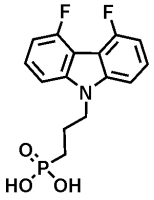
44



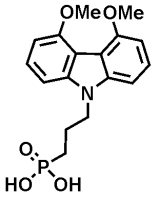
45



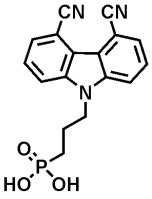
46



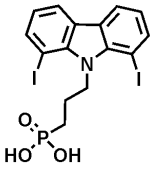
47



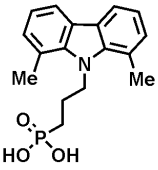
48



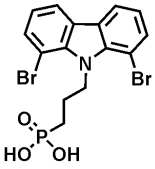
49



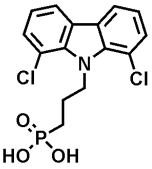
50



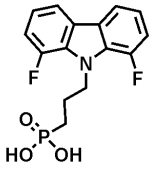
51



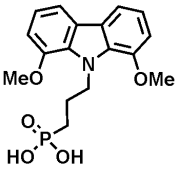
52



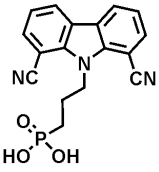
53



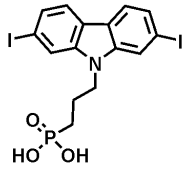
54



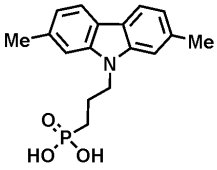
55



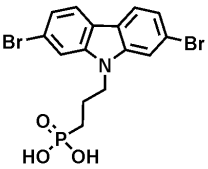
56



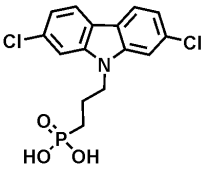
57



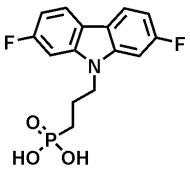
58



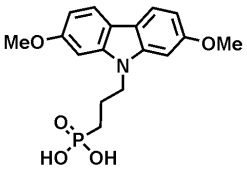
59



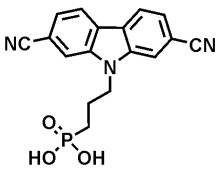
60



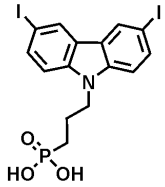
61



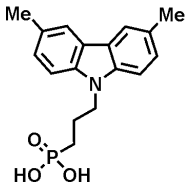
62



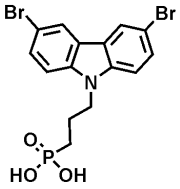
63



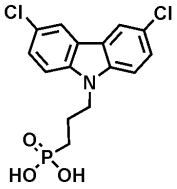
64



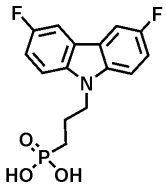
65



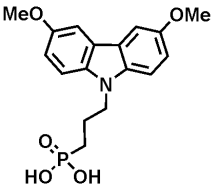
66



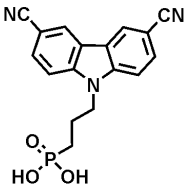
67



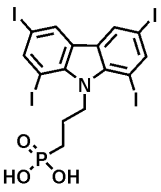
68



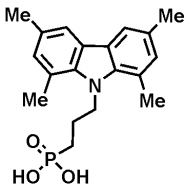
69



70



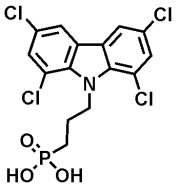
71



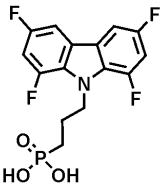
72



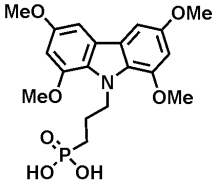
73



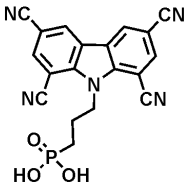
74



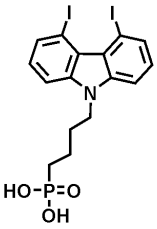
75



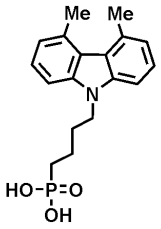
76



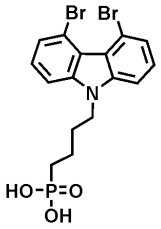
77



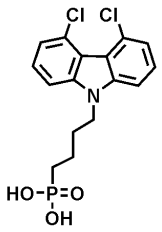
78



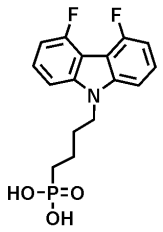
79



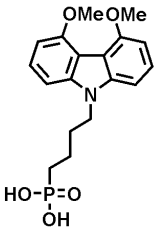
80



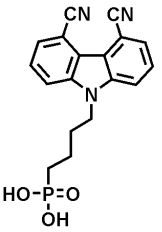
81



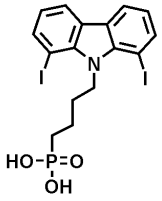
82



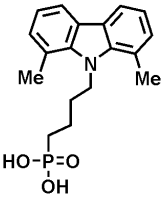
83



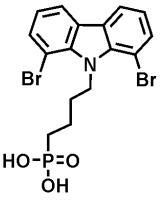
84



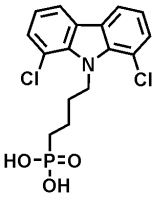
85



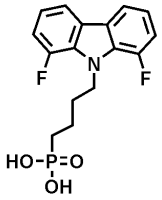
86



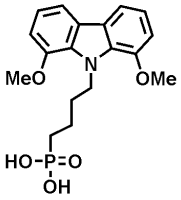
87



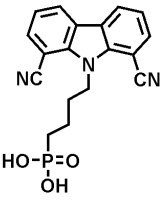
88



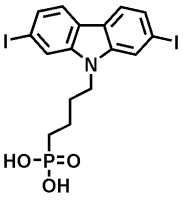
89



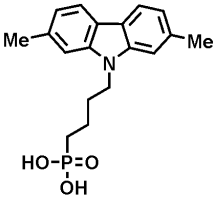
90



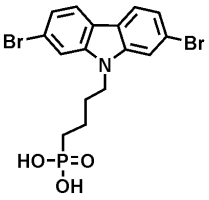
91



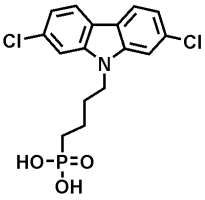
92



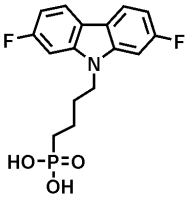
93



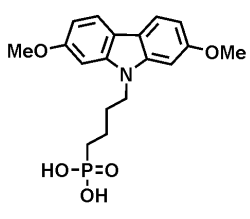
94

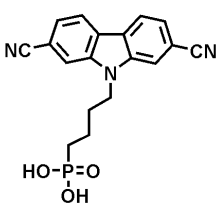


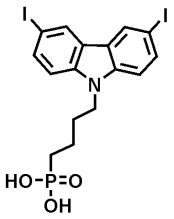
95

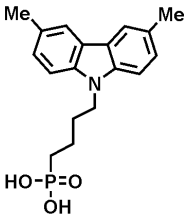


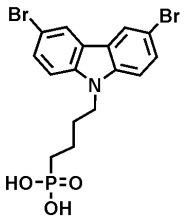
96

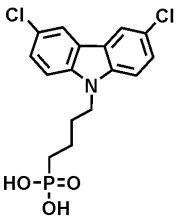

97

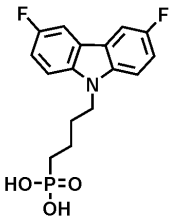

98

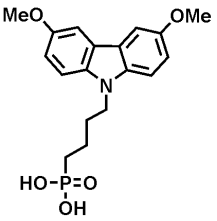

99

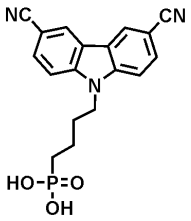

100

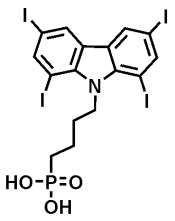

101

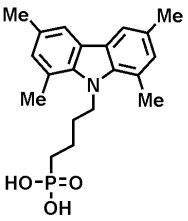

102

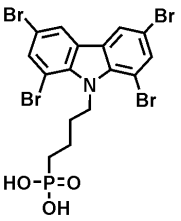

103

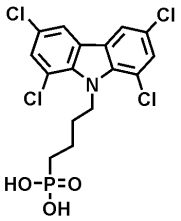

104

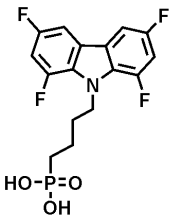

105

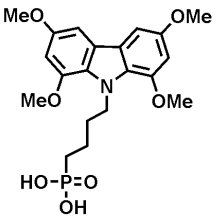

106

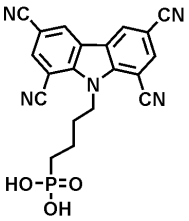

107


108


109


110


111


112

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 페로브스카이트 화합물이 하기 화학식 2로 표시된, 페로브스카이트 발광 소자:

<화학식 2>

$A_1M_1X_n$

상기 화학식 2 중,

A_1은 유기물이고,

M_1은 금속이고,

X는 할로겐 원소이고,

n은 0 내지 3의 실수이다.

청구항 10

제9항에 있어서,

A_1은 $(R_{11}R_{12}R_{13}C)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}N)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}P)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}As)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}Sb)^+$, $(R_{11}R_{12}N=C(R_{13})-NR_{14}R_{15})^+$, 치환 또는 비치환된 시클로헵타트리에늄(cycloheptatrienium), 치환 또는 비치환된 함질소 5원환의 1가 양이온, 치환 또는 비치환된 함질소 6원환의 1가 양이온, Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+, Fr^+ 또는 이의 임의의 조합이고,

R_{11} 내지 R_{15}은 서로 독립적으로, 수소, 중수소(-D), -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{30}아릴기 또는 $-N(Q_{11})(Q_{12})$이고,

Q_{11} 및 Q_{12}는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이다.

청구항 11

제9항에 있어서,

M_1은 희토류 금속의 2가 양이온, 알칼리토 금속의 2가 양이온, 전이 금속의 2가 양이온, 후전이 금속의 2가 양이온 또는 이의 임의의 조합인, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 발광층이 최대 발광 파장이 410 nm 내지 490 nm인 청색광을 방출하는, 페로브스카이트 발광 소자.

청구항 13

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 따른 페로브스카이트 발광 소자를 포함한 전자 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

박막 트랜지스터를 더 포함하고,

상기 박막 트랜지스터는 소스 전극 및 드레인 전극을 포함하고,

상기 페로브스카이트 발광 소자의 제1전극 또는 상기 페로브스카이트 발광 소자의 제2전극이 상기 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 적어도 하나와 전기적으로 연결된, 전자 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 페로브스카이트 발광 소자 및 이를 포함한 전자 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 페로브스카이트 발광 소자는 발광층 재료로서 무기물인 페로브스카이트 화합물을 포함한 발광 소자로서, 일종의 유무기 하이브리드 발광 소자이다. 페로브스카이트 화합물은 합성 방법이 간단하고 재료의 단가가 낮은 광 발광 무기물이고, 용액 공정이 가능하여 발광 소자에 적용하기에 유리한 점이 있다.

[0003] 다만, 페로브스카이트 발광 소자는 유기물층과의 계면에서의 결함이 발생하기 쉽고, 발광 소자 제작 과정에서 페로브스카이트 화합물이 손상되는 등의 문제점으로 인해 발광 효율이나 안정성 측면에서의 개선이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 발광 효율이 높고 열 안정성 및 공기 안정성이 우수한 페로브스카이트 발광 소자 및 이를 포함한 전자 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

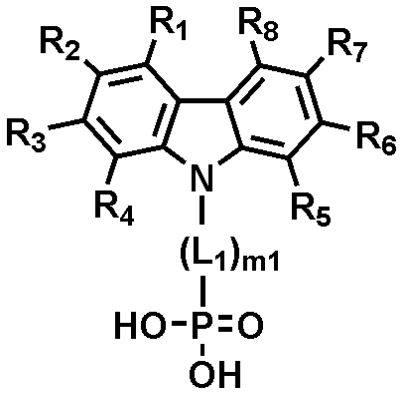
[0005] 일 측면에 따르면, 제1전극; 제2전극; 및 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 배치되고, 발광층을 포함한 중간층을 포함하고,

[0006] 상기 발광층이 페로브스카이트 화합물을 포함하고,

[0007] 상기 중간층이 정공 수송 영역을 더 포함하고,

[0008] 상기 정공 수송 영역이 하기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한, 페로브스카이트 발광 소자가 제공된다:

[0009] <화학식 1>

[0010] 

[0011] 상기 화학식 1 중,

[0012] L_1은 단일 결합, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기이고,

[0013] m1은 1, 2, 3, 4 또는 5이고,

[0014] R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹이고,

[0015] 상기 치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기, 치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환된 C_1-C_{30}알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, 치환된 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹, 중 적어도 하나는, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이고,

[0016] Q_1 내지 Q_3은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이다.

[0017] 다른 측면에 따르면, 상기 페로브스카이트 발광 소자를 포함한 전자 장치가 제공된다.

발명의 효과

[0018] 상기 페로브스카이트 발광 소자는 발광 효율이 높고 열 안정성 및 공기 안정성이 우수하다. 또한, 상기 페로브스카이트 발광 소자를 포함하여 고품위의 전자 장치를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자의 예시를 개략적으로 도시한 것이다.

도 2는 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자 및 비교예의 페로브스카이트 발광 소자의 광 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 3은 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자 및 비교예의 페로브스카이트 발광 소자 각각에 대해 80 ° C에서 열 처리(thermal annealing) 전후의 광 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 4는 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자 및 비교예의 페로브스카이트 발광 소자 각각에 대해 공기 중에서 하루 동안 보관 전후의 광 발광 스펙트럼을 나타낸 것이다.

도 5는 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자 및 비교예의 페로브스카이트 발광 소자 각각에 대해 질소 중에서 하루 동안 보관 전후의 외부 양자 효율 변화를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하, 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.

[0021] 본 명세서 중 "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징 또는 구성 요소가 존재함을 의미하는 것이고, 하나 이상의 다른 특징들 또는 구성 요소가 부가될 가능성을 미리 배제하는 것은 아니다.

[0022] 본 명세서 중 층, 막 등의 각종 구성요소가 다른 구성요소 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 구성요소 "바로 상에" 있는 경우뿐 아니라 그 사이에 다른 구성요소가 개재된 경우도 포함한다.

[0023] [페로브스카이트 발광 소자]

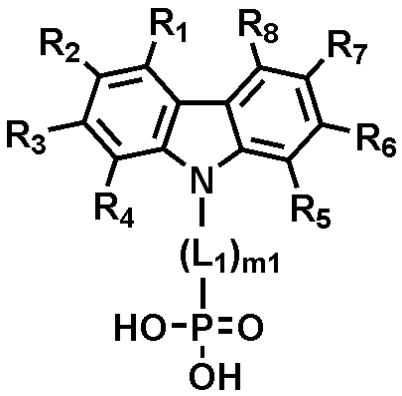
[0024] 본 발명의 일 측면에 따라 제공되는 페로브스카이트 발광 소자는 제1전극; 제2전극; 및 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 배치되고, 발광층을 포함한 중간층을 포함하고,

[0025] 상기 발광층이 페로브스카이트 화합물을 포함하고,

[0026] 상기 중간층이 정공 수송 영역을 더 포함하고,

[0027] 상기 정공 수송 영역이 하기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함한다:

[0028] <화학식 1>

[0029] 

[0030] 상기 화학식 1 중 L_1은 단일 결합, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기이다.

[0031] 상기 화학식 1 중 m1은 1, 2, 3, 4 또는 5이다.

[0032] 상기 화학식 1 중 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-

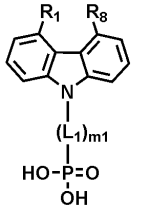
C_{60}카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹이다.

[0033] 일 구현예를 따르면, 상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}알킬기 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}알콕시기일 수 있다.

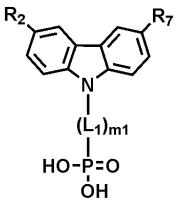
[0034] 상기 치환된 C_1-C_{30}알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐렌기, 치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환된 C_1-C_{30}알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30}알킬티오기, 치환된 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹 및 치환된 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹의 치환기는, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이다.

[0035] Q_1 내지 Q_3은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{30}알키닐기, C_1-C_{30}알콕시기 또는 C_1-C_{30}알킬티오기이다.

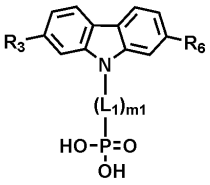
[0036] 일 구현예를 따르면, 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자는 하기 화학식 1-1 내지 1-10 중 어느 하나로 표시될 수 있다:



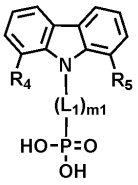
1-1



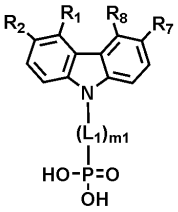
1-2



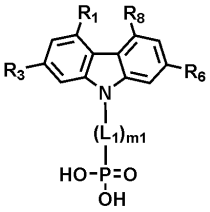
1-3



1-4



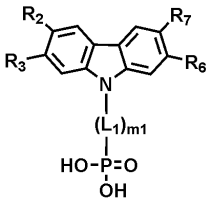
1-5



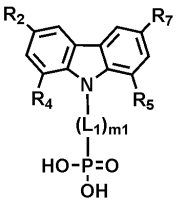
1-6



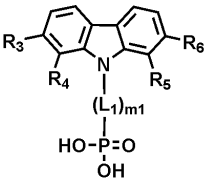
1-7



1-8



1-9



1-10

[0037]

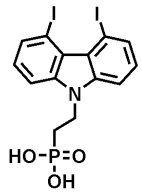
[0038] 상기 화학식 1-1 내지 1-10 중,

[0039] L1, m1 및 R_1 내지 R_8에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조하고,

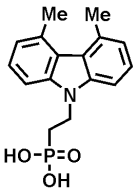
[0040] R_1 내지 R_8은 각각 수소가 아니다.

[0041] 일 구현예를 따르면, 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자가 하기 화합물 1 내지 112 중에서 선택될 수 있다:

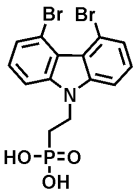
[0042]



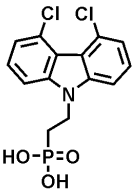
1



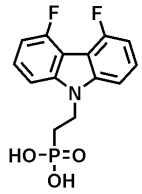
2



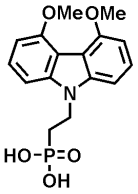
3



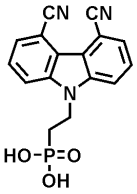
4



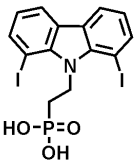
5



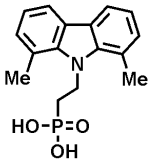
6



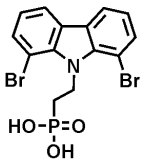
7



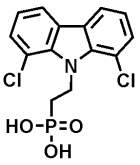
8



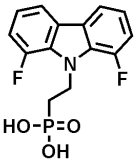
9



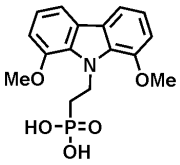
10



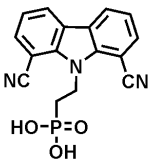
11



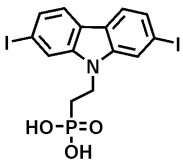
12



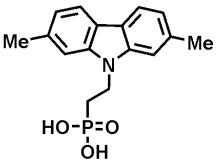
13



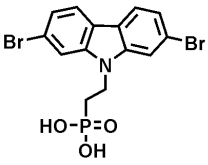
14



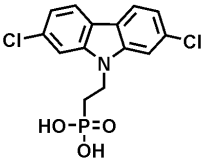
15



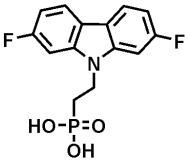
16



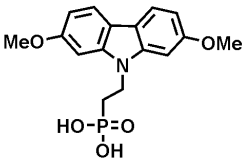
17



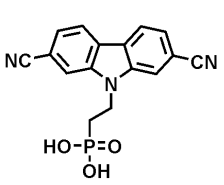
18



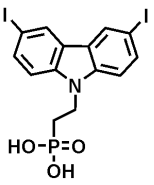
19



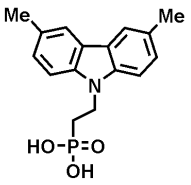
20



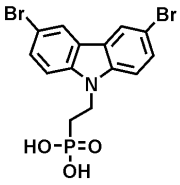
21



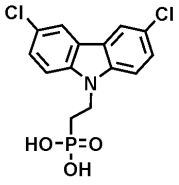
22



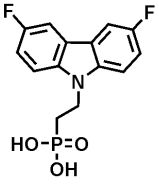
23



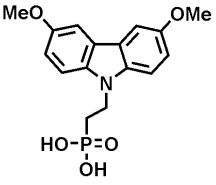
24



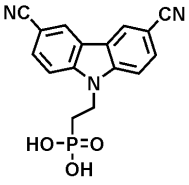
25



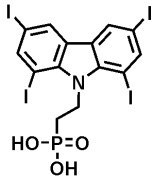
26



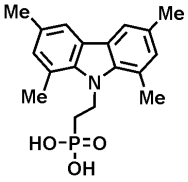
27



28



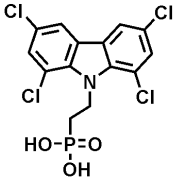
29



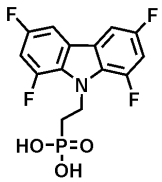
30



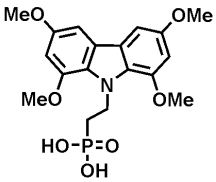
31



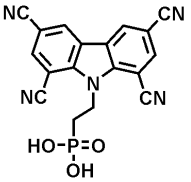
32



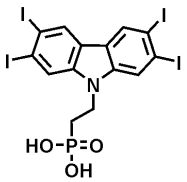
33



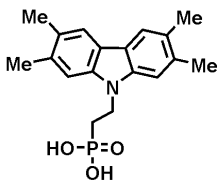
34



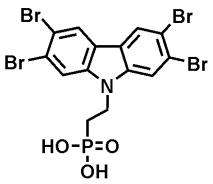
35



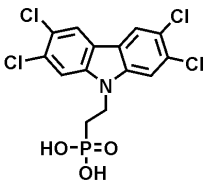
36



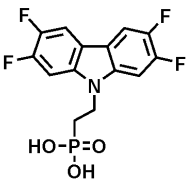
37



38

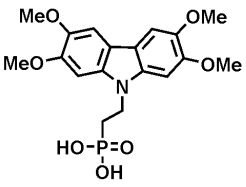


39

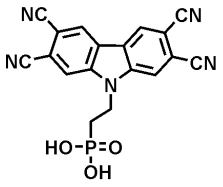


40

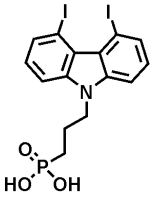
[0043]



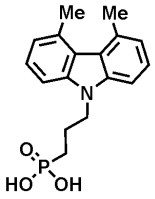
41



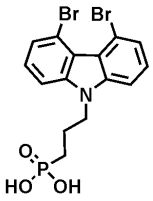
42



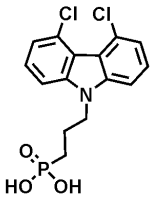
43



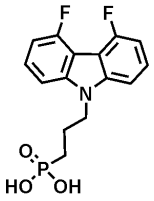
44



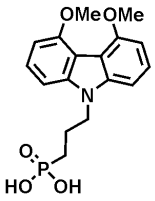
45



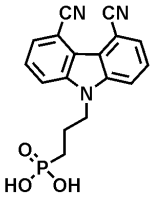
46



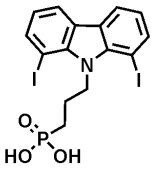
47



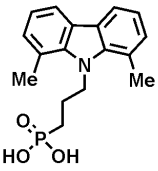
48



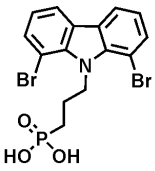
49



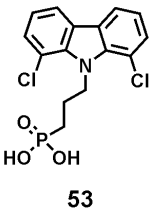
50



51



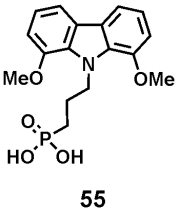
52



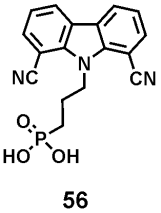
53



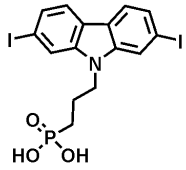
54



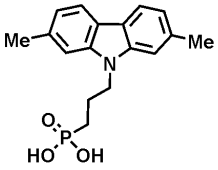
55



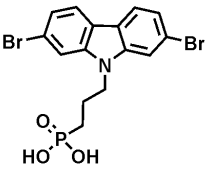
56



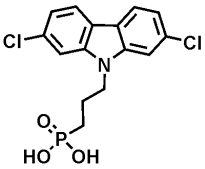
57



58

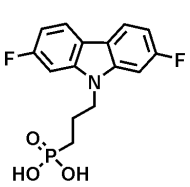


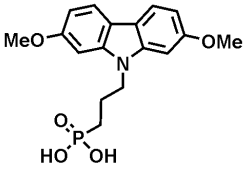
59

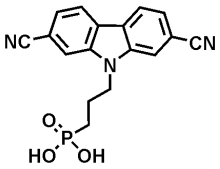


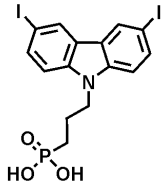
60

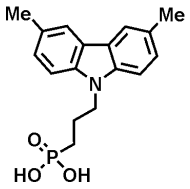
[0044]

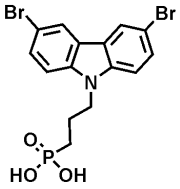

61

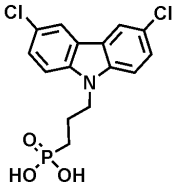

62

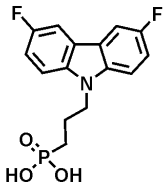

63

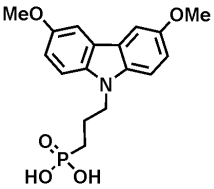

64

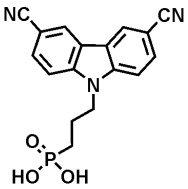

65

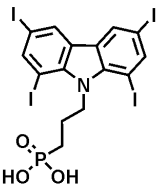

66

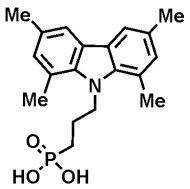

67


68

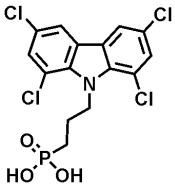

69

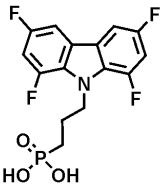

70

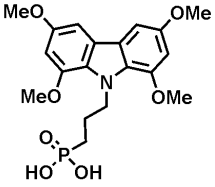

71

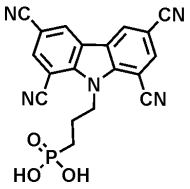

72

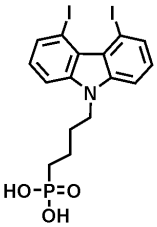

73

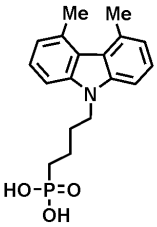

74

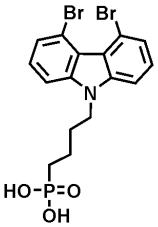

75


76

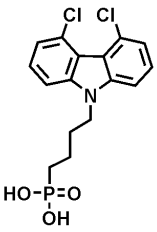

77


78

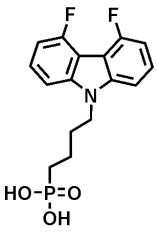

79


80

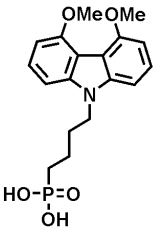
[0045]



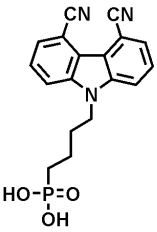
81



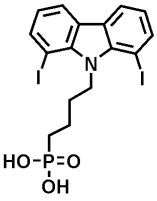
82



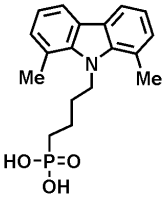
83



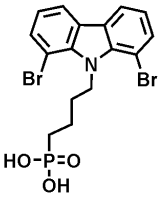
84



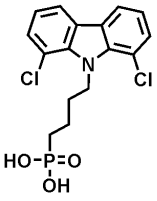
85



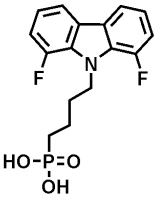
86



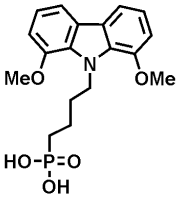
87



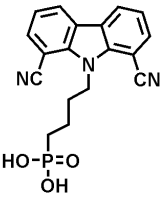
88



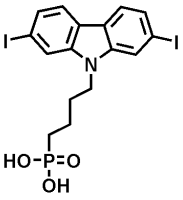
89



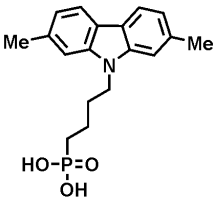
90



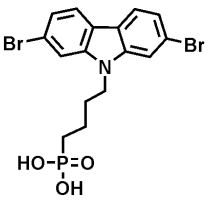
91



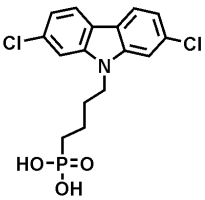
92



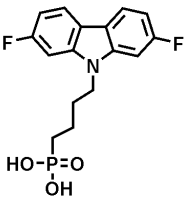
93



94

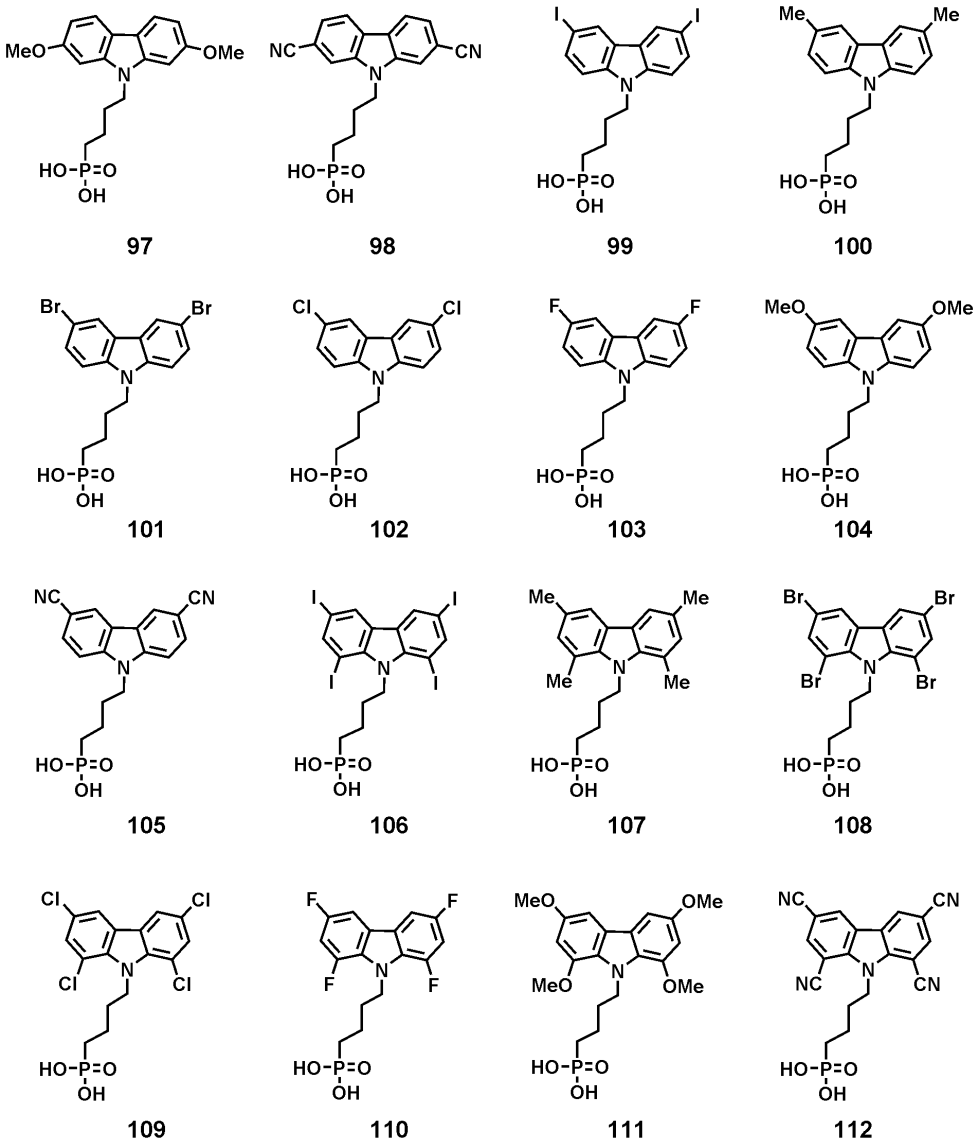


95



96

[0046]



[0047] .

[0048] 상기 자기 조립 단분자는 상기 화학식 1에 나타난 바와 같이 링커 L_1을 통해 아인산 그룹(phosphonic acid group, $-P(=O)(OH)_2$)의 인 원자에 연결된 카바졸 그룹을 포함한다. 이에 따라 상기 자기 조립 단분자는 자기 조립 단분자막을 형성할 수 있고, 또한 카바졸 그룹에 의해 상기 자기 조립 단분자 및 상기 자기 조립 단분자로부터 형성된 자기 조립 단분자막(self-assembled monolayer)은 정공 수송의 특성을 나타낼 수 있다.

[0049] 따라서, 상기 페로브스카이트 발광 소자의 정공 수송 영역에 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자가 포함됨으로써 정공 주입/수송 특성이 향상되고, 고효율 및 고안정성을 갖는 페로브스카이트 발광 소자를 구현할 수 있다.

[0050] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 상기 제1전극 및 상기 발광층 사이에 배치될 수 있다.

[0051] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 정공 수송층을 포함하고, 상기 정공 수송층이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함할 수 있다.

[0052] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 정공 수송성 자기 조립 단분자막을 포함하고,

[0053] 상기 정공 수송성 자기 조립 단분자막이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함할 수 있다.

[0054] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송층이 상기 정공 수송성 자기 조립 단분자막을 포함할 수 있다.

[0055] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송층이 상기 정공 수송성 자기 조립단분자막으로 이루어질 수 있다.

[0056] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송성 자기 조립 단분자막이 상기 발광층에 직접 접할 수 있다.

[0057] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송성 자기 조립 단분자막이 상기 제1전극에 직접 접할 수 있다.

[0058] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 정공 주입층을 포함하고, 상기 정공 주입층이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함할 수 있다.

[0059] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 정공 주입성 자기 조립 단분자막을 포함하고,

[0060] 상기 정공 주입성 자기 조립 단분자막이 상기 화학식 1로 표시된 자기 조립 단분자를 포함할 수 있다.

[0061] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 주입층이 상기 정공 주입성 자기 조립 단분자막을 포함할 수 있다.

[0062] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 주입층이 상기 정공 주입성 자기 조립단분자막으로 이루어질 수 있다.

[0063] 일 구현예를 따르면, 상기 정공 수송 영역이 정공 수송층을 더 포함하고, 상기 정공 수송층이 상기 정공 주입층 상에 배치될 수 있다.일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자는 정공 수송성 자기 조립 단분자막 또는 정공 주입성 자기 조립 단분자막 상에 페로브스카이트 화합물을 포함한 발광층이 형성된 구조로서, 정공 수송 영역과 발광층 사이의 계면에서의 결함이 감소될 수 있고, 제작 과정이 단순화될 수 있으며, 또한 제작 과정에서 발광층 중 페로브스카이트 화합물의 손상이 방지될 수 있다. 이에 따라 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자는 발광 효율이 높고 열 안정성 및 공기 안정성이 우수한 특성을 나타낼 수 있다.

[0064] 일 구현예를 따르면, 상기 페로브스카이트 화합물은 하기 화학식 2로 표시될 수 있다:

[0065] <화학식 2>

[0066] $A_1M_1X_n$

[0067] 상기 화학식 2 중,

[0068] A_1은 유기물이고,

[0069] M_1은 금속이고,

[0070] X는 할로겐 원소이고,

[0071] n은 0 내지 3의 실수이다.

[0072] 일 구현예를 따르면, A_1은 $(R_{11}R_{12}R_{13}C)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}N)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}P)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}As)^+$, $(R_{11}R_{12}R_{13}R_{14}Sb)^+$, $(R_{11}R_{12}N=C(R_{13})-NR_{14}R_{15})^+$, 치환 또는 비치환된 시클로헵타트리에늄(cycloheptatrienium), 치환 또는 비치환된 함질소 5원환의 1가 양이온, 치환 또는 비치환된 함질소 6원환의 1가 양이온, Li^+, Na^+, K^+, Rb^+, Cs^+, Fr^+ 또는 이의 임의의 조합일 수 있다.

[0073] 일 구현예를 따르면 R_{11} 내지 R_{15}은 서로 독립적으로, 수소, 중수소(-D), -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{60}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{60}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{60}아릴기 또는 $-N(Q_{11})(Q_{12})$이고,

[0074] Q_{11} 및 Q_{12}는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, 히드록실기, C_1-C_{30}알킬기, C_2-C_{30}알케닐기, C_2-C_{60}알키닐기, C_1-C_{60}알콕시기 또는 C_6-C_{60}아릴기일 수 있다.

[0075] 상기 치환된 시클로헵타트리에늄, 상기 치환된 함질소 5원환의 1가 양이온 및 상기 치환된 함질소 6원환의 1가 양이온의 치환기는 서로 독립적으로, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{30}아릴기 및 $-N(Q_{13})(Q_{14})$ 중에서 선택될 수 있고, Q_{13} 및 Q_{14}에 대한 설명은 Q_{11}에 대한 설명을 참조할 수 있다.

[0076] 상기 "함질소 5원환" 및 "함질소 6원환"은 고리 구성 원자로서 적어도 하나의 N 및 적어도 하나의 C를 포함한 유기 시클릭 그룹을 의미한다. 예를 들어, 상기 "함질소 5원환"는, 이미다졸, 피라졸, 티아졸, 옥사졸, 피롤리딘, 피롤린, 피롤 또는 트리아졸일 수 있고, 상기 "함질소 6원환"은 피리딘, 피리다진, 피리미딘, 피라진 또는

피페리딘일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0077] 일 구현예를 따르면, A_1은 $(NH_4)^+$, $(PH_4)^+$, $(AsH_4)^+$, $(SbH_4)^+$, $(NF_4)^+$, $(PF_4)^+$, $(NCl_4)^+$, $(PCl_4)^+$, $(CH_3NH_3)^+$, $(CH_3PH_3)^+$, $(CH_3AsH_3)^+$, $(CH_3SbH_3)^+$, $((CH_3)_2NH_2)^+$, $((CH_3)_2PH_2)^+$, $((CH_3)_2AsH_2)^+$, $((CH_3)_2SbH_2)^+$, $((CH_3)_3NH)^+$, $((CH_3)_3PH)^+$, $((CH_3)_3AsH)^+$, $((CH_3)_3SbH)^+$, $((CH_3CH_2)NH_3)^+$, $((CH_3CH_2)PH_3)^+$, $((CH_3CH_2)AsH_3)^+$, $((CH_3CH_2)SbH_3)^+$, $(CH_2N_2H_4)^+$, $(C_7H_7)^+$, $(NH_3OH)^+$, $(NH_3NH_2)^+$, $((CH_2)_3NH_2)^+$, $(CH(NH_2)_2)^+$, $(C_3N_2H_5)^+$, $(NC_4H_8)^+$, $((NH_2)_3C)^+$, K^+, Rb^+, Cs^+ 또는 이의 임의의 조합일 수 있다.

[0078] 일 구현예를 따르면, M_1은 희토류 금속의 2가 양이온, 알칼리토 금속의 2가 양이온, 전이 금속의 2가 양이온, 후전이 금속의 2가 양이온 또는 이의 임의의 조합일 수 있다.

[0079] 일 구현예를 따르면, M_1은 Pb^{2+}, Sn^{2+}, La^{2+}, Ce^{2+}, Pr^{2+}, Nd^{2+}, Pm^{2+}, Eu^{2+}, Gd^{2+}, Tb^{2+}, Ho^{2+}, Er^{2+}, Tm^{2+}, Yb^{2+}, Lu^{2+}, Be^{2+}, Mg^{2+}, Ca^{2+}, Sr^{2+}, Ba^{2+}, Ra^{2+}, 또는 이들의 임의의 조합일 수 있다.

[0080] 일 구현예를 따르면, 상기 발광층이 최대 발광 파장이 410 nm 내지 490 nm인 청색광을 방출할 수 있다.

[0081] 일 구현예에 따르면, 상기 페로브스카이트 화합물은 나노 입자, 나노 와이어, 나노 레이어, 다층 나노 레이어, 마이크로 입자, 마이크로 와이어, 마이크로 레이어 또는 다층 마이크로 레이어의 형태일 수 있다.

[0082] 상기 페로브스카이트 화합물의 형태나 사이즈를 조절함으로써, 또한 상기 페로브스카이트의 에너지 밴드 갭 조정이 가능할 수 있다.

[0083] 일 구현예를 따르면, 상기 페로브스카이트 화합물을 포함한 발광층은 상기 화학식 2로 표시되는 페로브스카이트 화합물들의 전구체를 제공하고 열 처리함으로써 제조될 수 있다. 상기 전구체의 제공과 열 처리는 동시에 또는 순차적으로 진행될 수 있다.

[0084] 일 구현예를 따르면, 상기 페로브스카이트 발광 소자의 중간층은 전자 수송 영역을 더 포함할 수 있다.

[0085] 일 구현예를 따르면, 상기 전자 수송 영역은 상기 발광층과 상기 제2전극 사이에 배치될 수 있다.

[0086] 상기 전자 수송 영역에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조할 수 있다.

[0087] 도 1은 본 발명의 일 측면에 따른 페로브스카이트 발광 소자의 예시를 개략적으로 나타낸 것이다. 상기 발광 소자(10)는 제1전극(110), 중간층(120) 및 제2전극(150)을 포함하고, 중간층(120)은 정공 수송 영역(130) 및 발광층(140)을 포함한다.

[0088] 상기 제1전극(110)의 하부 및/또는 상기 제2전극(150)의 상부에는 기판(미도시)이 추가로 배치될 수 있다. 상기 기판으로는, 기계적 강도, 열안정성, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기판 또는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.

[0089] 상기 제1전극(110)은, 예를 들면 기판 상부에, 제1전극용 물질을 증착법 또는 스퍼터링법 등을 이용하여 제공함으로써 형성될 수 있다.

[0090] 상기 제1전극(110)은 투과형 전극일 수 있다. 투과형 전극인 제1전극(110)을 형성하기 위하여, 제1전극용 물질은, 인듐 주석 산화물(ITO), 인듐 아연 산화물(IZO), 주석 산화물(SnO_2), 아연 산화물(ZnO), 알루미늄 도핑된 아연 산화물(AZO), 갈륨 도핑된 아연 산화물(GZO), 안티몬 주석 산화물(ATO), 플루오린 주석 산화물(FTO), 은 나노 입자, 은 나노 와이어, 탄소 나노 튜브(CNT) 및 이의 임의의 조합 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또는, 반투과형 전극 또는 반사형 전극인 제1전극(110)을 형성하기 위하여, 제1전극용 물질은, 마그네슘(Mg), 은(Ag), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag) 및 이의 임의의 조합 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0091] 상기 제1전극(110) 상에는 정공 수송 영역(130)이 배치될 수 있다.

[0092] 상기 정공 수송 영역은 정공 주입층, 정공 수송층, 발광 보조층, 전자 저지층 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다.

[0093] 예를 들어, 상기 정공 수송 영역이 정공 수송층을 포함하고, 상기 정공 수송층이 전술한 정공 수송성 자기 조립

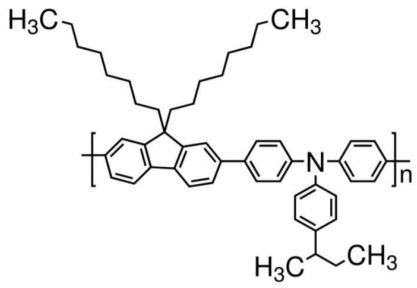
단분자막일 수 있다.

[0094] 다른 예를 들어, 상기 정공 수송 영역이 정공 주입층을 포함하고, 상기 정공 주입층이 전술한 정공 주입성 자기 조립 단분자막이고, 상기 정공 주입층 상에 정공 수송층이 추가로 배치될 수 있다.

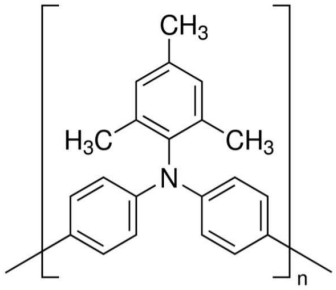
[0095] 상기 정공 수송층은 정공 수송성 화합물을 포함할 수 있다.

[0096] 예를 들어, 상기 정공 수송성 화합물은 TFB(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-(4,4′ -(N-(4-sec-butylphenyl)diphenylamine)]) 또는 PTAA(Poly[bis(4-phenyl)(2,4,6-trimethylphenyl)amine]) 등의 정공 수송성 고분자일 수 있다.

[0097] <TFB>

[0098] 

[0099] <PTAA>

[0100] 

[0101] 상기 정공 수송 영역(130) 상에는 발광층(140)이 배치될 수 있다.

[0102] 상기 발광층은 전술한 페로브스카이트 화합물을 포함할 수 있다.

[0103] 상기 발광층(140)의 두께는 약 100Å 내지 약 1,000Å, 예를 들면 약 200Å 내지 약 600Å일 수 있다. 상기 발광층(140)의 두께가 전술한 바와 같은 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 우수한 발광 특성을 나타낼 수 있다.

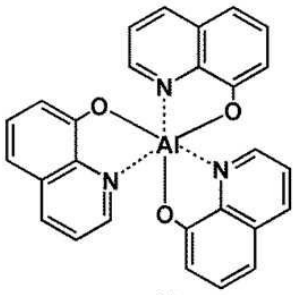
[0104] 상기 발광층(140) 상에는 전자 수송 영역이 추가로 배치될 수 있다.

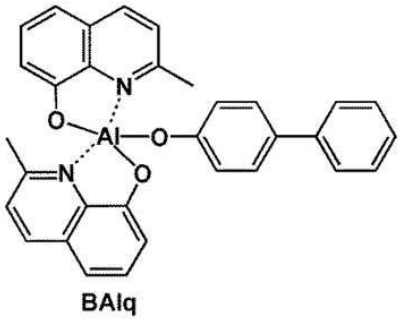
[0105] 상기 전자 수송 영역은, 버퍼층, 정공 저지층, 전자 조절층, 전자 수송층, 전자 주입층 또는 이들의 임의의 조합을 포함할 수 있다.

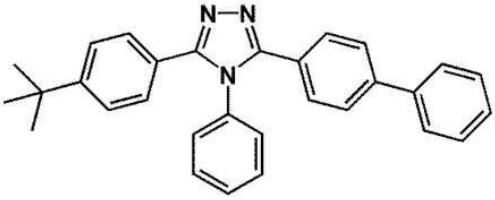
[0106] 예를 들어, 상기 전자 수송 영역은, 전자 수송층/전자 주입층, 정공 저지층/전자 수송층/전자 주입층, 전자 조절층/전자 수송층/전자 주입층, 또는 버퍼층/전자 수송층/전자 주입층 등의 적층 구조를 가질 수 있다.

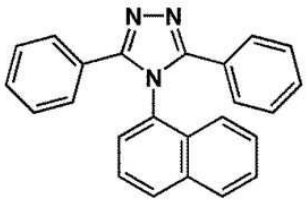
[0107] 상기 전자 수송 영역은 전자 수송성 화합물을 포함할 수 있다.

[0108] 예를 들어, 상기 전자 수송성 화합물은 π 전자 결핍성 함질소 고리를 적어도 하나 포함한 금속-비함유 화합물, BCP(2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline), Bphen(4,7-Diphenyl-1,10-phenanthroline), Alq_3, BAlq, TAZ(3-(Biphenyl-4-yl)-5-(4-*tert*-butylphenyl)-4-phenyl-4*H*-1,2,4-triazole), NTAZ 또는 TPBi일 수 있다.









[0109]

[0110] 상기 "π 전자 결핍성 함질소 고리"는, 고리-형성 모이어티로서, 적어도 하나의 *-N=*' 모이어티를 갖는 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹을 의미한다.

[0111] 예를 들어, 상기 "π 전자 결핍성 함질소 고리"는, i) 적어도 하나의 *-N=*' 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹이거나, ii) 적어도 하나의 *-N=*' 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹 중 2 이상이 서로 축합되어 있는 헤테로폴리시클릭 그룹이거나, 또는 iii) 적어도 하나의 *-N=*' 모이어티를 갖는 5원 내지 7원 헤테로모노시클릭 그룹 중 적어도 하나와, 적어도 하나의 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹이 서로 축합되어 있는 헤테로폴리시클릭 그룹일 수 있다.

[0112] 상기 π 전자 결핍성 함질소 고리는 예시로는, 이미다졸, 피라졸, 티아졸, 이소티아졸, 옥사졸, 이속사졸, 피리딘, 피라진, 피리미딘, 피리다진, 인다졸, 퓨린(purine), 퀴놀린, 이소퀴놀린, 벤조퀴놀린, 프탈라진, 나프티리딘, 퀴녹살린, 퀴나졸린, 시놀린, 페난트리딘, 아크리딘, 페난트롤린, 페나진, 벤조이미다졸, 이소벤조티아졸, 벤조옥사졸, 이소벤조옥사졸, 트리아졸, 테트라졸, 옥사디아졸, 트리아진, 티아디아졸, 이미다조피리딘, 이미다조피리미딘, 아자카바졸 등을 들 수 있다.

[0113] 상기 전자 수송 영역은 전술한 전자 수송성 화합물 외에, 금속 또는 금속 착체를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 전자 수송 영역은 알칼리 금속, 상기 알칼리 토금속 및 희토류 금속의 산화물 및 할로겐화물(예를 들면, 불화물, 염화물, 브롬화물, 요오드화물 등), 알칼리 금속 착체, 알칼리 토금속 착체 또는 이들의 조합을 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 전자 수송 영역은 LiQ를 더 포함할 수 있다.



LiQ

[0114]

[0115] 상기 전자 수송 영역의 두께는 약 100Å 내지 약 2,000Å, 예를 들면 약 150Å 내지 약 100Å일 수 있다. 상기 전자 수송 영역의 두께가 전술한 바와 같은 범위를 만족할 경우, 실질적인 구동 전압 상승없이 만족스러운 정도의 전자 수송 특성을 얻을 수 있다.

[0116] 상기 발광층(140) 상에, 또는 상기 전자 수송 영역 상에 제2전극(150)이 배치된다. 상기 제2전극(150)은 전자 주입 전극인 캐소드(cathode)일 수 있다.

[0117] 상기 제2전극(150)의 재료로는 낮은 일함수를 가지는 금속, 합금, 전기전도성 화합물 또는 이들의 조합을 사용

할 수 있다.

[0118] 상기 제2전극(150)은, 리튬(Li), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘(Ca), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 은-마그네슘(Ag-Mg), ITO 및 IZO 중에서 선택된 적어도 하나를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 제2전극(150)은 투과형 전극, 반투과형 전극 또는 반사형 전극일 수 있다.

[0119] 상기 제2전극(150)은 단일층인 단층 구조 또는 복수의 층을 갖는 다층 구조를 가질 수 있다.

[0120] 상기 페로브스카이트 발광 소자의 각 층은 각각, 진공 증착법, 스핀 코팅법, 캐스트법, LB법(Langmuir-Blodgett), 잉크젯 프린팅법, 레이저 프린팅법, 레이저 열전사법(Laser Induced Thermal Imaging, LITI) 등과 같은 다양한 방법을 이용하여 형성될 수 있다.

[0121] [전자 장치]

[0122] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 상기 페로브스카이트 발광 소자를 포함한 전자 장치가 제공된다.

[0123] 일 구현예를 따르면, 상기 전자 장치가 박막 트랜지스터를 더 포함하고,

[0124] 상기 박막 트랜지스터는 소스 전극 및 드레인 전극을 포함하고,

[0125] 상기 페로브스카이트 발광 소자의 제1전극 또는 상기 페로브스카이트 발광 소자의 제2전극이 상기 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 적어도 하나와 전기적으로 연결될 수 있다.

[0126] 본 명세서 중 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹이란, 고리-형성 원자로서 탄소만을 포함한 탄소수 5 내지 60의 모노시클릭 또는 폴리시클릭 그룹을 의미한다. 상기 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹은 방향족 카보시클릭 그룹 또는 비-방향족 카보시클릭 그룹일 수 있다. 상기 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹은 벤젠과 같은 고리, 페닐기와 같은 1가 그룹 또는 페닐렌기와 같은 2가 그룹일 수 있다. 또는, 상기 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹에 연결된 치환기에 개수에 따라, 상기 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹은 3가 그룹 또는 4가 그룹일 수 있는 등 다양한 변형이 가능하다.

[0127] 본 명세서 중 C_1-C_{60}헤테로시클릭 그룹이란, 상기 C_5-C_{60}카보시클릭 그룹과 동일한 구조를 갖되, 고리-형성 원자로서, 탄소(탄소수는 1 내지 60일 수 있음) 외에, N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 포함한 그룹을 의미한다.

[0128] 본 명세서 중 C_1-C_{30}알킬기는, 탄소수 1 내지 30의 선형(linear) 또는 분지형(branched) 지방족 탄화수소기를 의미하며, 구체적인 예에는, 메틸기, 에틸기, 프로필기, 이소부틸기, sec-부틸기, ter-부틸기, 펜틸기, iso-아밀기, 헥실기, 헵틸기, n-옥틸기, 2-에틸헥실기 등이 포함된다.

[0129] 본 명세서 중 C_2-C_{30}알케닐기는, 상기 C_2-C_{30}알킬기의 중간 또는 말단에 하나 이상의 탄소 이중 결합을 포함한 탄화수소기를 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 에테닐기, 프로페닐기, 부테닐기 등이 포함된다.

[0130] 본 명세서 중 C_2-C_{30}알키닐기는, 상기 C_2-C_{30}알킬기의 중간 또는 말단에 하나 이상의 탄소 삼중 결합을 포함한 탄화수소기를 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 에티닐기, 프로피닐기 등이 포함된다.

[0131] 본 명세서 중 C_1-C_{30}알콕시기는, $-OA_{101}$(여기서, A_{101}은 상기 C_1-C_{30}알킬기이고, 선형 또는 분지형임)의 화학식을 갖는 1가기을 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 메톡시기, 에톡시기, 이소프로필옥시기 등이 포함된다.

[0132] 본 명세서 중 C_1-C_{30}알킬티오기는, $-SA_{101}$(여기서, A_{101}은 상기 C_1-C_{30}알킬기이고, 선형 또는 분지형임)의 화학식을 갖는 1가기을 의미하며, 이의 구체적인 예에는, 메틸티오기, 에틸티오기, 이소프로필티오기 등이 포함된다.

[0133] 본 명세서 중 * 및 *'은, 다른 정의가 없는 한, 해당 화학식 중 이웃한 원자와의 결합 사이트를 의미한다.

[0134] 이하에서, 실시예를 들어 본 발명에 대하여 보다 구체적으로 설명한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 실시예에 의해 한정되지 않는다.

[0135] [실시예]

[0136] **실시예 1: 페로브스카이트 발광 소자의 제조**

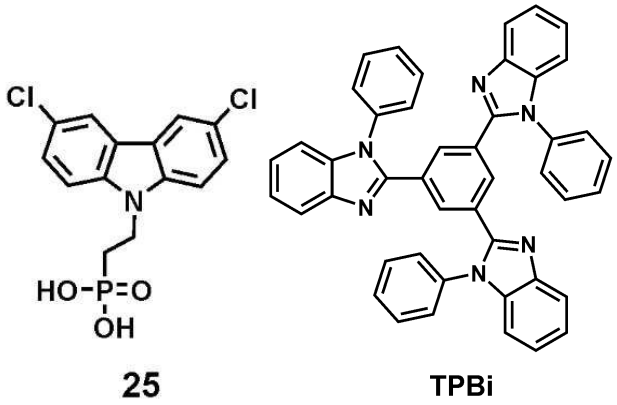
[0137] 기판 및 애노드로서 코닝(corning) 15Ω/cm^2 (1.1 mm 두께) ITO가 형성된 유리 기판을 탈이온수, 아세톤과 이소프로필 알코올을 이용하여 각 15분 동안 순차적으로 초음파 세정한 다음 80 ℃ 의 오븐에서 건조한 후, 30분 동안 자외선을 조사하고 오존에 노출시켜 세정한 다음, 진공 증착 장치에 상기 유리 기판을 설치하였다.

[0138] 상기 ITO 애노드 상에 화합물 25의 용액을 7000 rpm에서 40초 동안 스핀코팅하여 정공 수송층으로서 자기 조립 단분자막을 1 nm 두께로 형성하였다.

[0139] 상기 정공 수송층 상에 CsBr(42.56 mg), $PbBr_2$(44.04 mg), $PbCl_2$(22.24 mg), PEABr(phenethylammonium bromide) (32.33 mg) 및 PABr(propylamine hydrobromide) (5.60 mg)를 포함한 전구체 함유막을 60℃에서 5분간 열처리 하여 25 nm 두께의 페로브스카이트 발광층을 형성하였다.

[0140] 상기 페로브스카이트 발광층 상에 TPBi를 증착하여 40 nm 두께의 전자 수송층을 형성하고, 상기 전자 수송층 상에 LiF를 증착하여 1 nm 두께의 전자 주입층을 형성하여, 전자 수송 영역을 형성하였다.

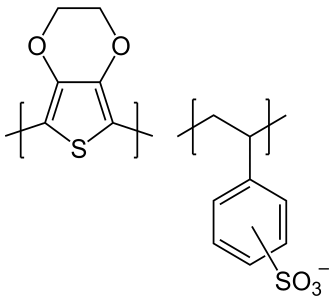
[0141] 상기 전자 수송 영역 상에 Al을 증착하여 100 nm 두께의 캐소드를 형성하여, 페로브스카이트 발광 소자를 제작하였다.

[0142] 

[0143] **비교예 1**

[0144] 정공 수송층 형성시 상기 화합물 25로 자기 조립 단분자막을 형성하는 대신, PEDOT:PSS를 25 nm 두께로 적층한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일한 방법으로 페로브스카이트 발광 소자를 제작하였다.

[0145] <PEDOT:PSS>

[0146] 

[0147] **평가예 1: 페로브스카이트 발광 소자의 특성 평가**

[0148] 상기 실시예 1 및 비교예 1에서 제조한 페로브스카이트 발광 소자 각각에 대해, Keithley 2400 및 Konica Minolta spectroradiometer(Cs-2000 Minolta Co.)를 이용하여 휘도(L_{max}), 발광 효율(LE_{max}), 최대 외부 양자 효율(EQE_{max}), 최대 발광 파장(λ_{max}) 및 구동 전압(V_T)을 측정하여 하기 표 1에 나타내었다.

[0149] 또한, 상기 실시예 1 및 비교예 1에서 제조한 페로브스카이트 발광 소자의 발광 스펙트럼을 도 2에 나타내었다.

[0150] 도 3에는 100 ° C에서 20분간 열 처리(thermal annealing) 전후에 대해, ITO 애노드/자기조립분자층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때 (실시예 1)와 ITO/PEDOT:PSS층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때(비교예 1)의 발광

스펙트럼을 나타내었다, 열처리 전에 대해 줄선, 열처리 후에 대해 점선으로 표기하였다.

[0151] 도 4에는 공기 중에서 하루 동안 보관 전후의 ITO 애노드/자기조립분자층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때(실시예 1)와 ITO/PEDOT:PSS층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때(비교예 1)의 발광 스펙트럼을 나타내었다. 공기 중에서 하루 동안 보관 전에 대해 줄선, 열처리 후에 대해 점선으로 표기하였다.

[0152] 도 5에는 질소 중에서 하루 동안 보관 전후의 ITO 애노드/자기조립분자층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때(실시예 1)와 ITO/PEDOT:PSS층에 페로브스카이트 발광층이 있을 때(비교예 1)의 외부 양자 효율을 나타내었다.

표 1

[0153]

No.	L_{max} (cd m^{-2}) @ bias	LE_{max} [cd A^{-1}] @ bias	EQE_{max} [%] @ bias	λ_{max} (nm)	V_T @ 0.1 cd m^{-2}
실시예 1	1104.00@5.5	2.80@3.5	3.24@3.5	473	3.0
비교예 1	465.88@8.0	2.73@6.0	2.28@6.0	480	4.5

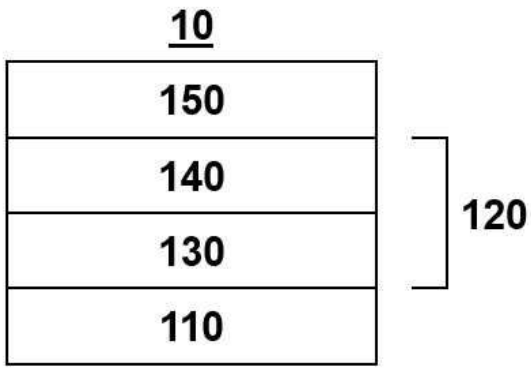
[0154] 상기 표 1을 참조하여, 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자는 휘도, 발광 효율 및 외부 양자 효율이 우수하고, 구동 전압이 낮으며, 진청색(deep-blue) 발광에 적합한 것을 알 수 있었다.

[0155] 또한, 도 2 내지 5를 참조하여, 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자는 비교예 1의 페로브스카이트 발광 소자에 비해 열 안정성 및 공기 안정성이 우수한 것을 알 수 있었다. 특히, 도 5를 참조하면, 일 구현예에 따른 페로브스카이트 발광 소자는 질소 중에서 하루 동안 보관한 후에 외부 양자 효율이 더욱 향상되어 안정성이 매우 우수한 것을 알 수 있었다.

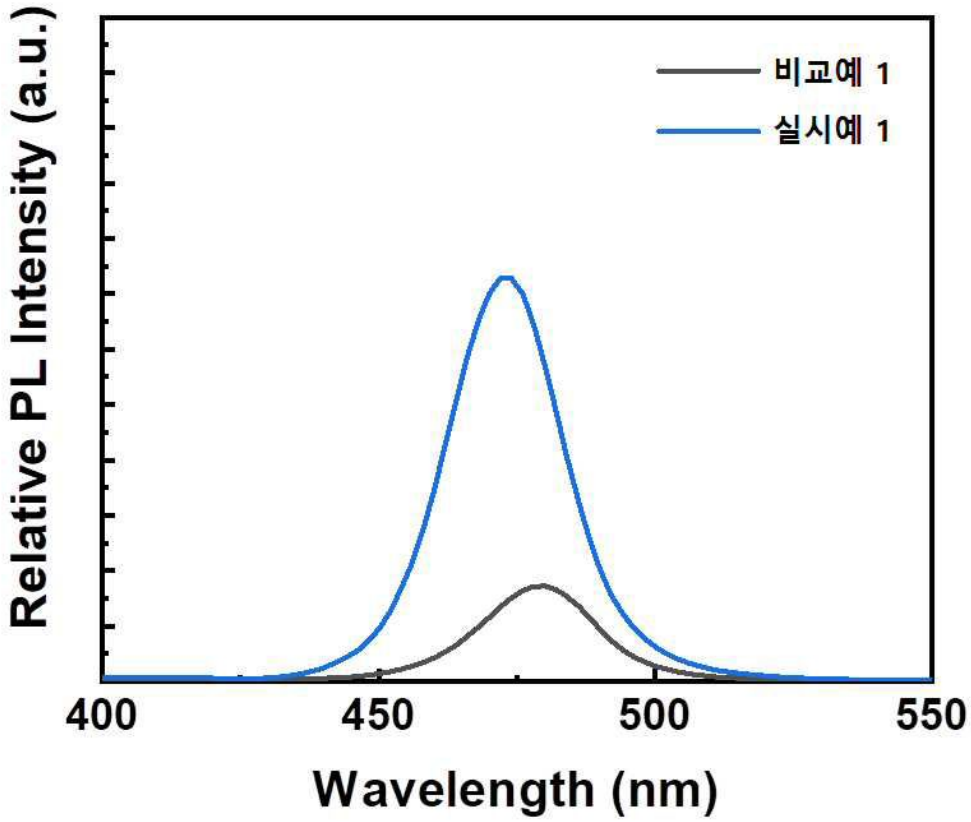
[0156] 본 발명에 대해 상기 구현예를 들어 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 발명에 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

도면

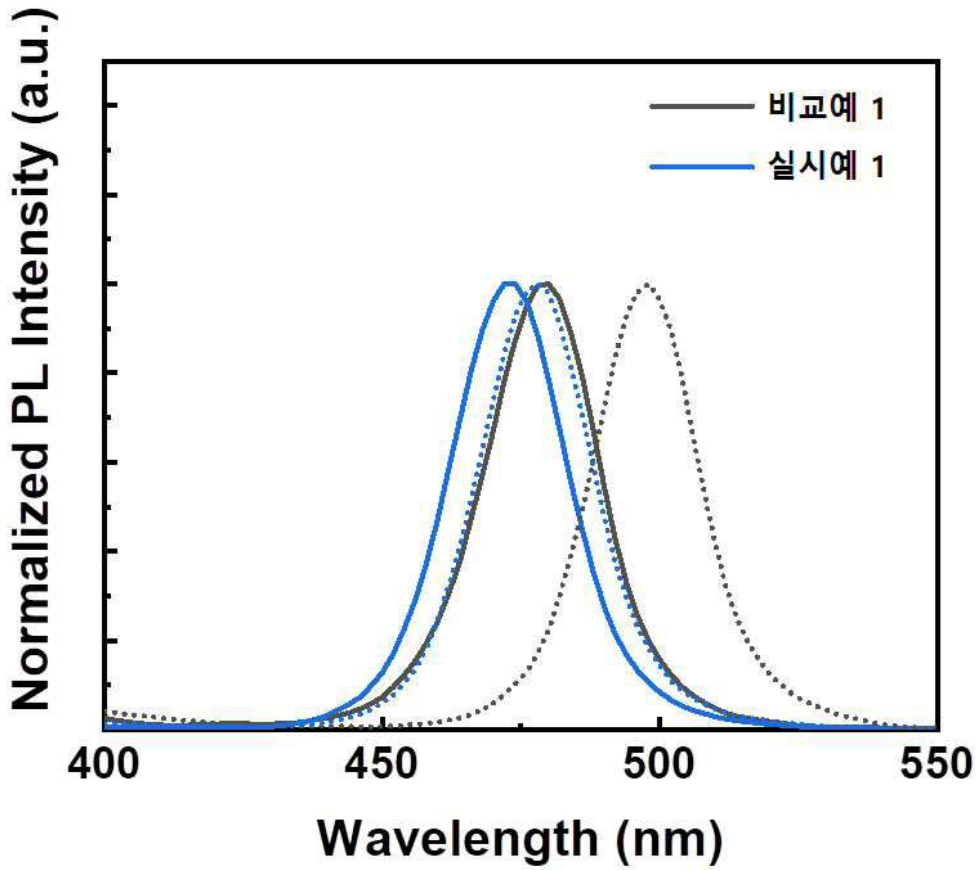
도면1



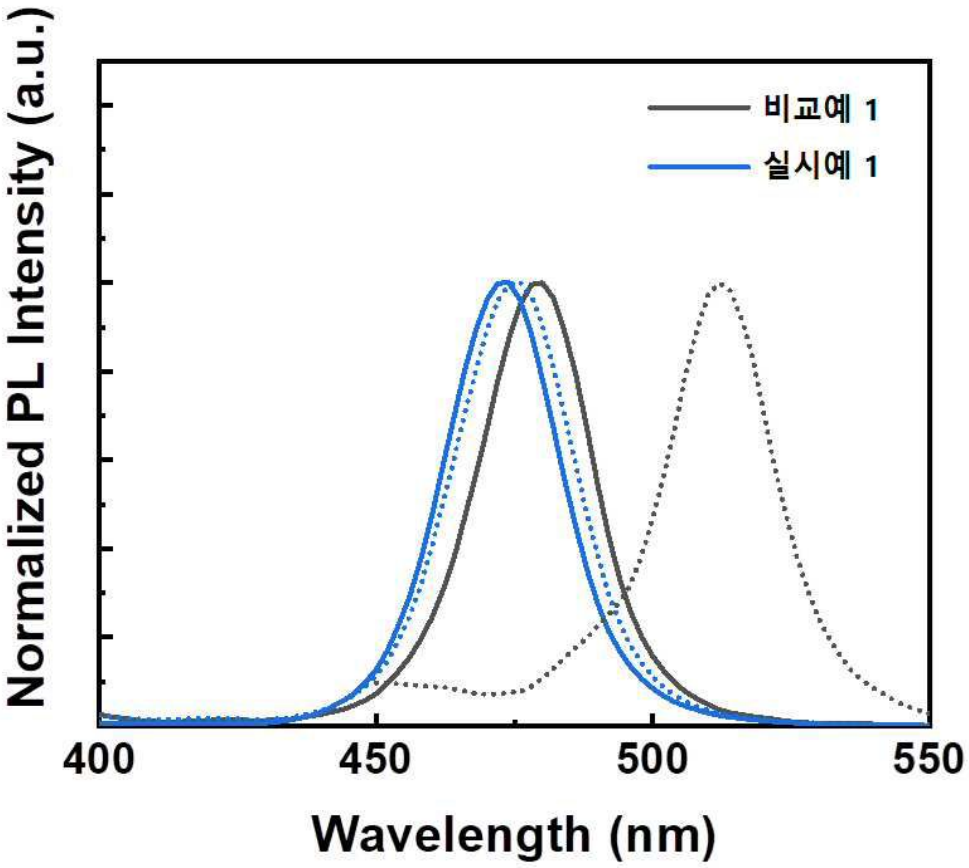
도면2


Relative PL Intensity (a.u.)
비교예 1
실시예 1
400
450
500
550
Wavelength (nm)

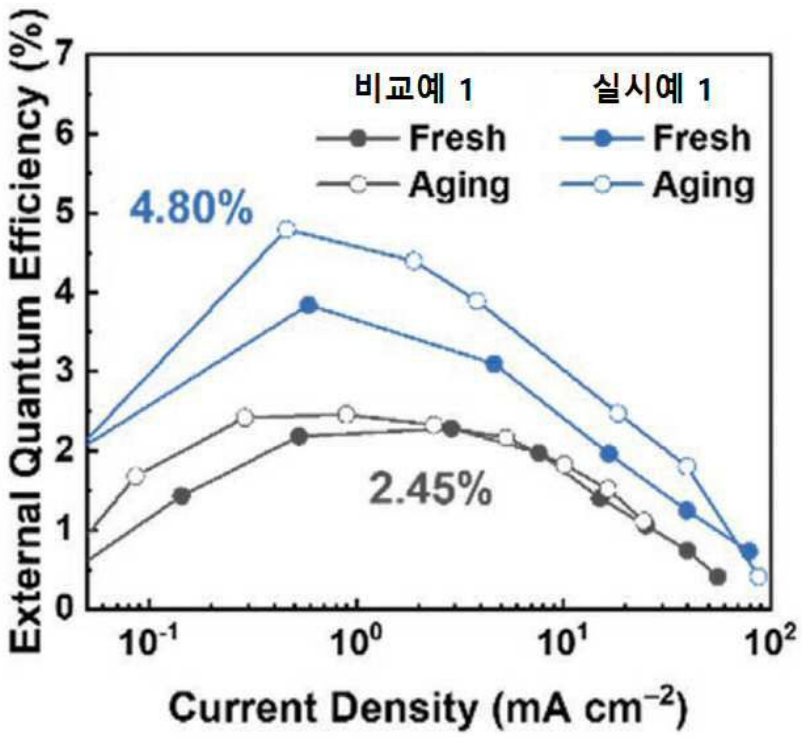
도면3


Normalized PL Intensity (a.u.)
비교예 1
실시예 1
400
450
500
550
Wavelength (nm)

도면4


Normalized PL Intensity (a.u.)
비교예 1
실시예 1
400
450
500
550
Wavelength (nm)

도면5


External Quantum Efficiency (%)
비교예 1
Fresh
Aging
실시예 1
Fresh
Aging
4.80%
2.45%
0
1
2
3
4
5
6
7
10-1
100
101
102
Current Density (mA cm-2)