



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0135346  
(43) 공개일자 2015년12월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
**C09K 11/06** (2006.01) **A01G 9/14** (2006.01)  
**H01L 31/055** (2014.01)
- (52) CPC특허분류  
**C09K 11/06** (2013.01)  
**A01G 9/1438** (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7028427
- (22) 출원일자(국제) 2014년03월25일  
 심사청구일자 空
- (85) 번역문제출일자 2015년10월12일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2014/031722
- (87) 국제공개번호 WO 2014/160707  
 국제공개일자 2014년10월02일
- (30) 우선권주장  
 61/805,430 2013년03월26일 미국(US)  
 61/923,559 2014년01월03일 미국(US)
- (71) 출원인  
**닛토렌코 가부시키가이샤**  
 일본국 오오사카후 이바라기시 시모호즈미 1-1-2
- (72) 발명자  
**구, 타오**  
 미국 92130 캘리포니아 샌디에고 밀 크릭 로드  
 5527  
**장, 홍시**  
 미국 92592 캘리포니아 테메클라 엠버시 애비뉴  
 32938  
 (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
**특허법인에이아이피**

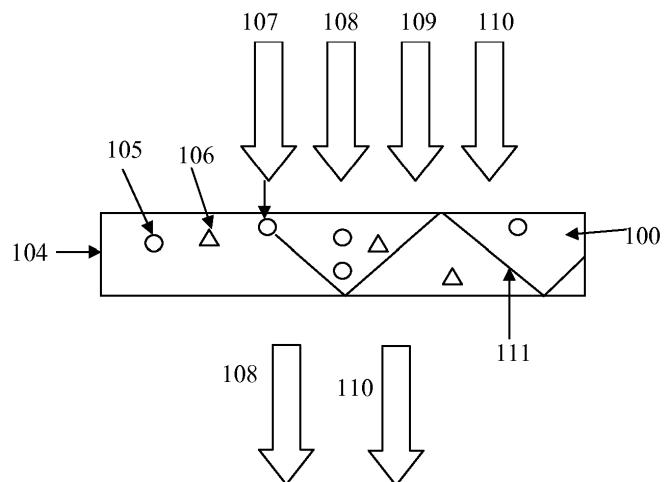
전체 청구항 수 : 총 51 항

(54) 발명의 명칭 다중 광안정성 유기 발색단을 갖는 파장 변환 필름

### (57) 요 약

광안정성 유기 발색단을 이용하는 파장 변환 필름이 본원에 기재되어 있다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름 및 발색단은 개선된 광안정성을 나타낸다. 일부 구현예에서, 발광 화합물을 포함하는 파장 변환 필름은 태양전지, 태양광 패널, 또는 광전지 디바이스의 태양에너지 수확 효율을 개선하는데 유용하다. 일부 구현예에서, 다중 발광 화합물을 포함하는 파장 변환 필름은 온실 지붕에 유용하다. 일부 구현예는 개선된 식물 영양 및/또는 성장을 위한 개선된 태양광 파장 프로파일을 제공한다.

### 대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류

**H01L 31/055** (2013.01)  
C09K 2211/1011 (2013.01)  
C09K 2211/1014 (2013.01)  
C09K 2211/1051 (2013.01)  
C09K 2211/1059 (2013.01)  
Y02B 10/12 (2013.01)

(72) 발명자

린, 웨이펑

미국 92009 캘리포니아 칼스배드 칼리 로마스 7824

시에, 완-윤

미국 92126 캘리포니아 샌디에고 댄시 로드 7358

**야마모토 미치하루**

미국 92009 캘리포니아 칼스배드 칼리 로마스 7820

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하기를 포함하는 파장 변환 필름:

광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스;

약 400 nm 미만의 최대 흡수 및 약 400 nm 초과의 최대 방출을 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서, 제 2 유기 광안정성 발색단을 추가로 포함하는 파장 변환 필름.

#### 청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단의 최대 흡수는 약 300 nm 내지 약 400 nm의 범위이고 상기 제 1 유기 발색단의 최대 방출은 약 400 nm 내지 약 520 nm의 범위인 파장 변환 필름.

#### 청구항 4

청구항 2 또는 3에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단의 최대 흡수는 약 480 nm 내지 약 620 nm의 범위이고 상기 제 2 유기 광안정성 발색단의 최대 방출은 약 550 nm 내지 약 800 nm의 범위인 파장 변환 필름.

#### 청구항 5

청구항 2에 있어서, 상기 제 2 발색단의 최대 흡수는 약 400 nm 초과인 파장 변환 필름.

#### 청구항 6

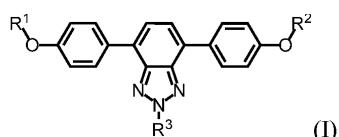
청구항 2 내지 5 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단 및 제 2 유기 광안정성 발색단은 페릴렌 유도체, 벤조트리아졸 유도체, 벤조티아디아졸 유도체, 및 벤조 헤테로사이클리제 유도체로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되는 파장 변환 필름.

#### 청구항 7

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단은 벤조트리아졸 유도체인 파장 변환 필름.

#### 청구항 8

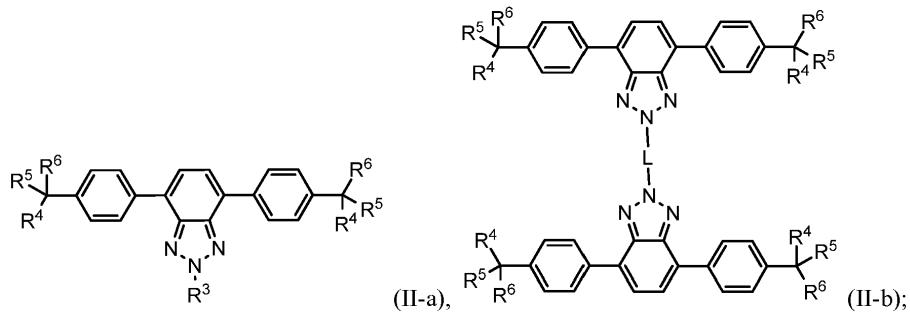
청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단은 식 (I)로 나타내는 파장 변환 필름:



여기서, 각각의  $\text{R}^1$ ,  $\text{R}^2$ , 및  $\text{R}^3$ 은 알킬, 치환된 알킬, 및 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

#### 청구항 9

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단은 식 (II-a) 또는 (II-b)로 나타내는 파장 변환 필름:



여기서:

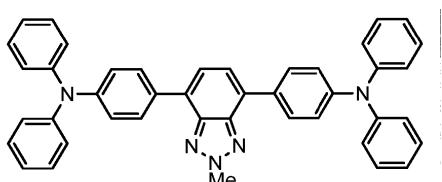
$R^3$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^3$ 은 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계이고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클로알킬, 또는 헤테로아릴이고;

$R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤�테로아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R^4$  및  $R^5$ ,  $R^4$  및  $R^6$ ,  $R^5$  및  $R^6$ , 또는  $R^4$  및  $R^5$  및  $R^6$ 은, 함께 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤�테로사이클로알킬, 또는 헤�테로아릴이고; 그리고

$L$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 알킬렌, 및 임의로 치환된 헤테로알킬렌, 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

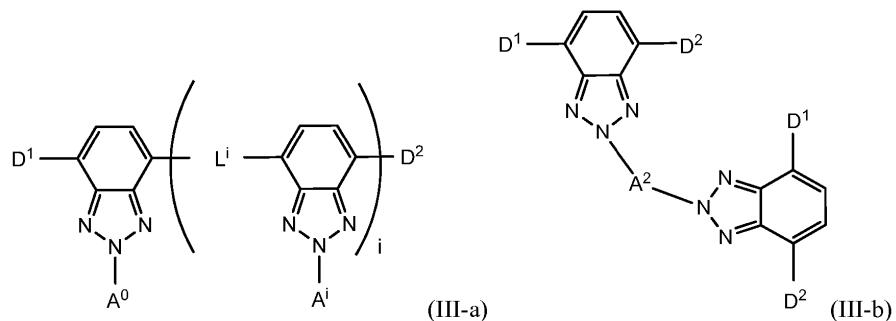
#### 청구항 10

청구항 1 내지 6 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단은 하기 구조로 나타내는 파장 변환 필름:



#### 청구항 11

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (III-a) 또는 (III-b)로 나타내는 파장 변환 필름:

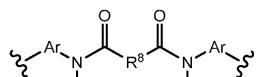


여기서:

$i$ 는 0 내지 100 범위의 정수이고;

<sup>0</sup> 및 <sup>i</sup> 각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알키에닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클로아미도, 임의로 치환된 사이클로이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;

$A^2$ 는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌,



케토, 에스테르, 및  $R^7$   $R^7$ 로 이루어진 구으로부터 선택되고;

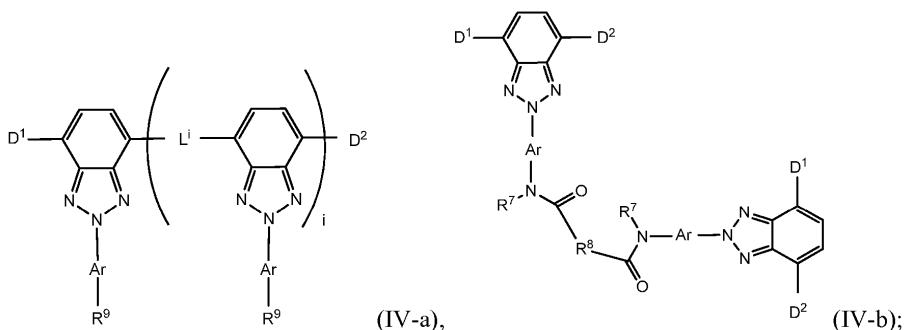
여기서 Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤테로아릴이고; R<sup>7</sup>은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 알카릴로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고 R<sup>8</sup>은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는 R<sup>7</sup> 및 R<sup>8</sup>는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있고.

$D^1$  및  $D^2$ 는 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클로 아미도, 및 사이클로 아미도로 구성된 고으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니고; 그리고

$L^i$ 는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알ки닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 및 임의로 치환된 헤테로아릴렌으로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

청구항 12

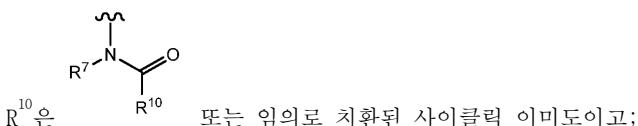
청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 평안정성 밸색단은 식 (IV-a) 또는 (IV-b)로 나타내는 광장 변환 룰름:



여기서:

i는 0 내지 100 범위의 정수이고;

Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤테로아릴이고;



<sup>7</sup> 각각은 H, 일킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 및 알카릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;

$R^9$  각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 아릴, 및 임의로 치환된 헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R^7$  및  $R^9$ 는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있고;

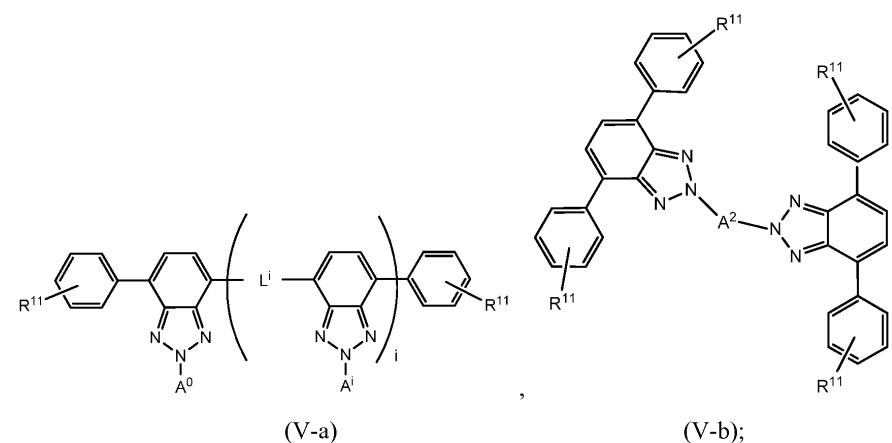
<sup>8</sup>R은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌로 이루어진 군으로부터 선택되고;

$D^1$  및  $D^2$  각각은 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 아미도로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니고; 그리고

$L^i$ 는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알키닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌으로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

청구항 13

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 밸색단은 식 (V-a) 또는 (V-b)으로 나타내는 괘장 변화 꿈틀:



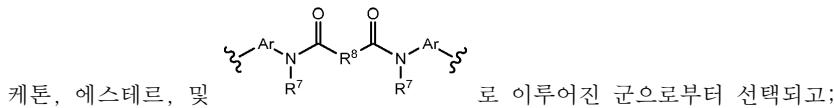
여기서:

$i$ 는 0 내지 100 범위의 정수이다.

$A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카보닐, 및 임의로 치환된 카복시로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;

각각의  $R^{11}$ 은 임의로 치환된 알록시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 및 아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;

$A^2$ 는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌,

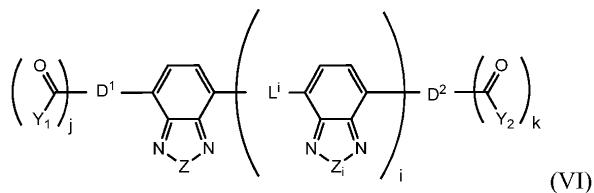


여기서 Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤테로아릴이고; R<sup>7</sup>은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 알카릴로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고 R<sup>8</sup>은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는 R<sup>7</sup> 및 R<sup>8</sup>는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있고; 그리고

L<sup>i</sup>는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알키닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

#### 청구항 14

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (VI)로 나타내는 파장 변환 필름:



여기서,

i는 0 내지 100 범위의 정수이고;

Z 및 Z<sub>i</sub> 각각은 -O-, -S-, -Se-, -Te-, -NR<sup>12</sup>-, -CR<sup>12</sup>=CR<sup>12</sup>-, 및 -CR<sup>12</sup>=N-로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서 R<sup>12</sup>는 수소, 임의로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>6</sub> 알킬, 또는 임의로 치환된 C<sub>1</sub>-C<sub>10</sub> 아릴이고; 그리고

D<sup>1</sup> 및 D<sup>2</sup>는 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;

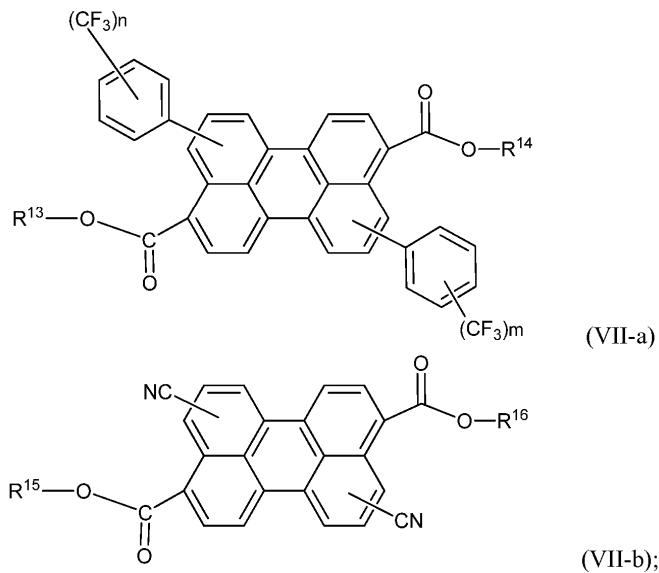
j는 0, 1 또는 2이고, 그리고 k는 0, 1, 또는 2이고;

Y<sub>1</sub> 및 Y<sub>2</sub>는 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 그리고

L<sup>i</sup>는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알키닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

#### 청구항 15

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (VII-a) 또는 식 (VII-b)로 나타내는 파장 변환 필름:



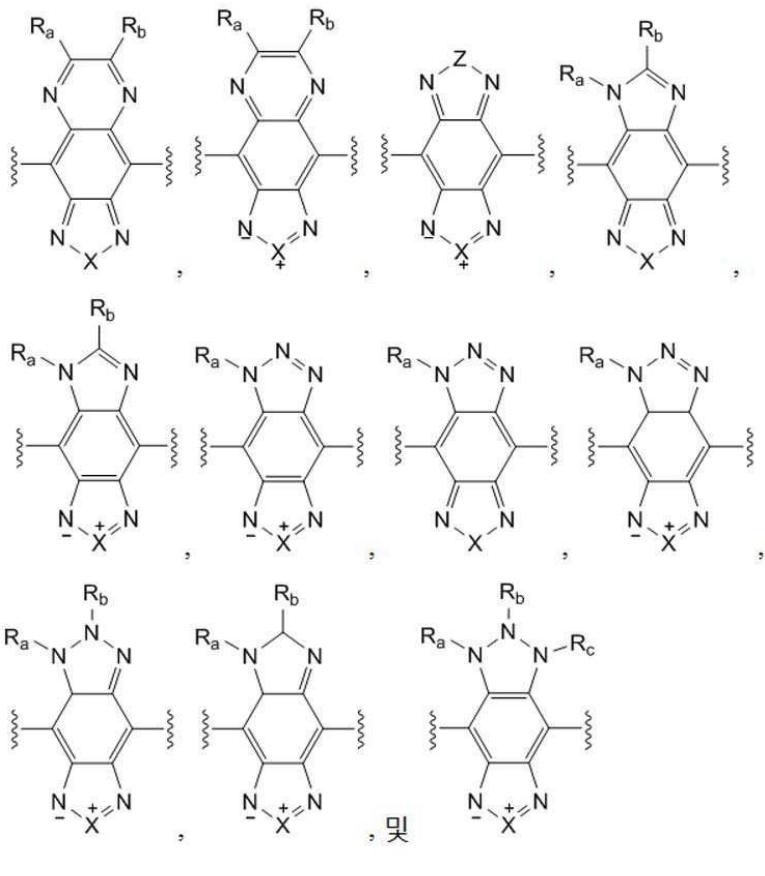
여기서 식 (VII-a) 중  $R^{13}$  및  $R^{14}$  각각은 수소,  $C_1-C_{10}$  알킬,  $C_3-C_{10}$  사이클로알킬,  $C_1-C_{10}$  알콕시,  $C_6-C_{18}$  아릴, 및  $C_6-C_{20}$  아랄킬로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 식 (VII-a) 중  $m$  및  $n$  각각은 독립적으로 1 내지 5의 범위이고; 그리고 식 (VII-b) 중  $R^{15}$  및  $R^{16}$  각각은  $C_6-C_{18}$  아릴 및  $C_6-C_{20}$  아랄킬로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

#### 청구항 16

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (VIII)로 나타내는 파장 변환 필름::



여기서 Het는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고:



여기서:

i는 0 또는 1 내지 100 범위의 정수이고;

X는  $-N(A_0)-$ ,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ , 및  $-Te-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고;

Z는  $-N(R_a)-$ ,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ , 및  $-Te-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고;

$A_0$ 은 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아실, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 이루어진 군으로부터 선택되고;

$R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤�테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤�테로아릴이고;

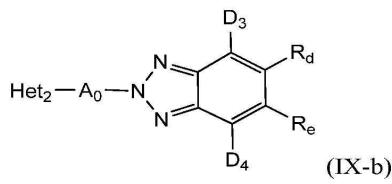
$D_1$  및  $D_2$ 는 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도,  $-아릴-NR'R"$ ,  $-아릴-아릴-NR'R"$ , 및  $-헤테로아릴-헤테로아릴-R'$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 단,  $D_1$  및  $D_2$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 임의로 치환된 티오

펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니고; 그리고

L은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 아미노, 아미도, 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 아실, 카복시로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단, L은 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

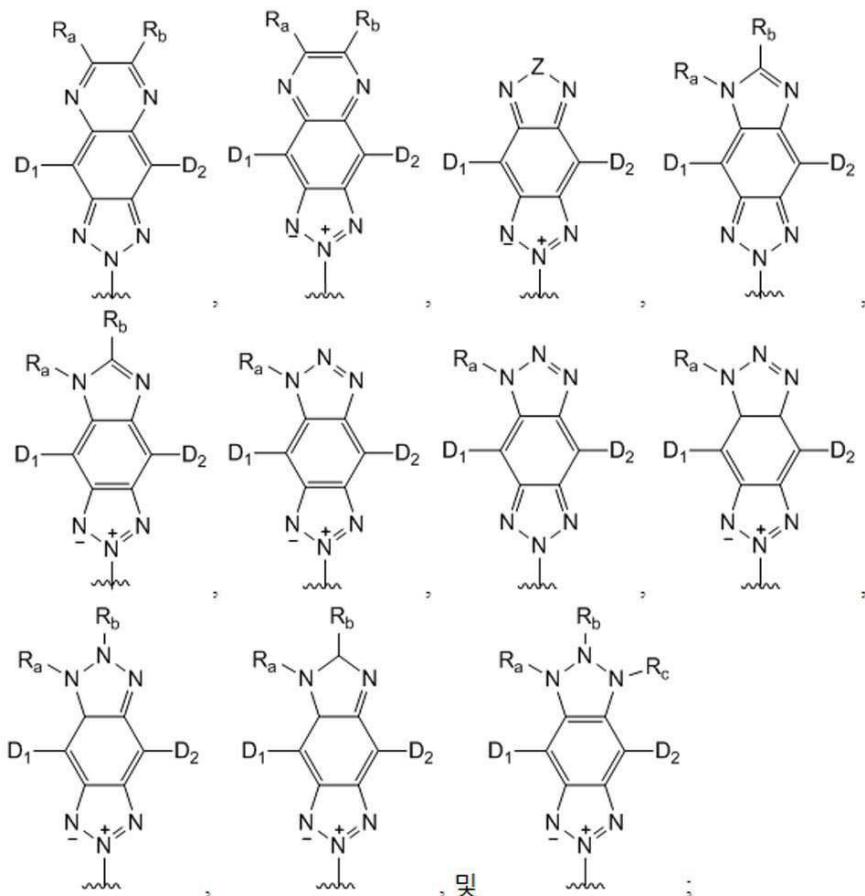
### 청구항 17

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (IX-a) 또는 식 (IX-b)로 나타내는 과장 변환 필름:



Het<sub>2</sub>-A<sub>0</sub>-Het<sub>2</sub> (IX-a),

여기서 Het<sub>2</sub>는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고:



Z는 -N(R<sub>a</sub>)-, -O-, -S-, -Se-, 및 -Te-로 이루어진 군으로부터 선택되고;

R<sub>a</sub>, R<sub>b</sub>, 및 R<sub>c</sub>는, 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구

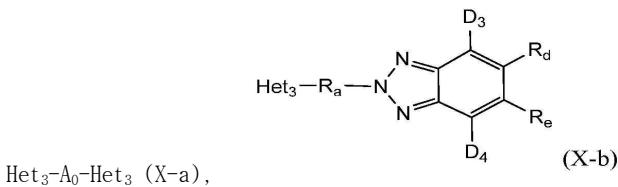
성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이고;

$R_d$  및  $R_e$ 는 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_d$  및  $R_e$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤�테로사이클릴, 또는 헤�테로아릴이고; 그리고

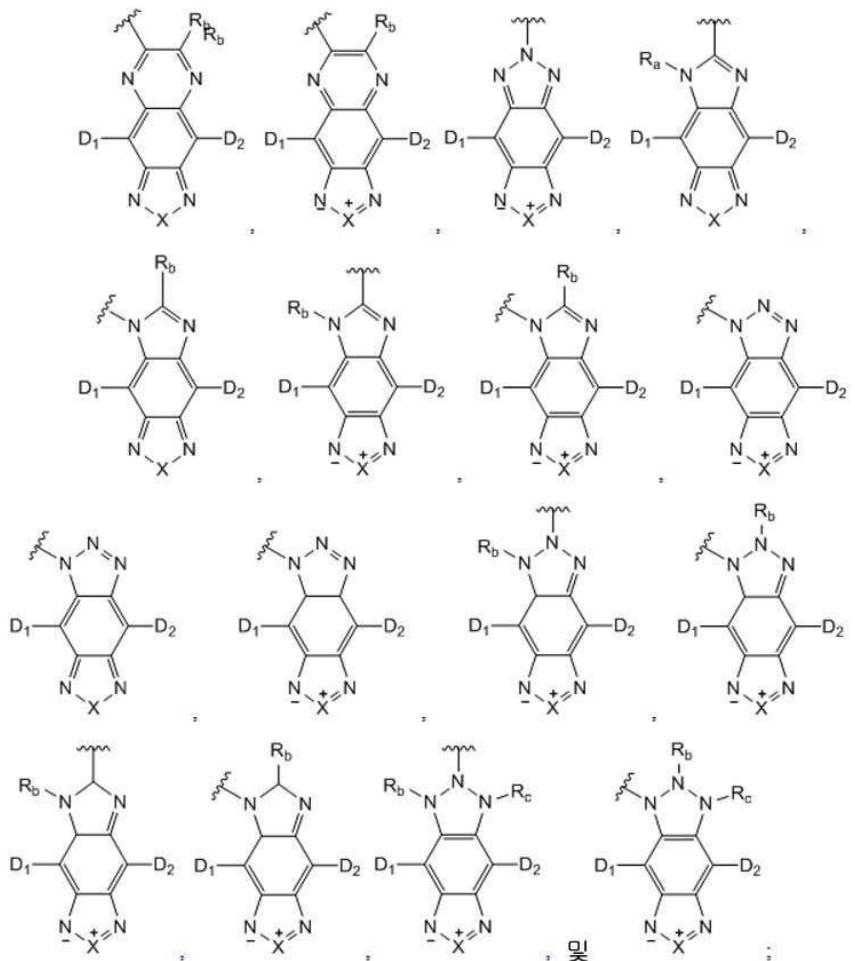
$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , 및  $D_4$ 는 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도, -아릴-NR'R'', -아릴-아릴-NR'R'', 및 -헤테로아릴-헤테로아릴-R'로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서 R' 및 R''는 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 단,  $D_1$  및  $D_2$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

### 청구항 18

청구항 2 내지 10 중 어느 한 항에 있어서, 상기 제 2 유기 광안정성 발색단은 식 (X-a) 또는 식 (X-b)로 나타내는 괴장 변환 필름:



여기서  $\text{Het}_3$ 은 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고:



여기서:

X는  $-N(A_0)-$ ,  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ , 및  $-Te-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고;

A<sub>0</sub>은 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아실, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 이루어진 군으로부터 선택되고;

된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_d$  및  $R_e$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이고; 그리고

$D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , 및  $D_4$  각각은 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 아미도, -아릴-NR'R", -아릴-아릴-NR'R", 및 -헤테로아릴-헤테로아릴-R'로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서 R' 및 R"는 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 및 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 단,  $D_1$  및  $D_2$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

#### 청구항 19

청구항 1 내지 18 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 호스트 폴리머, 호스트 폴리머 및 코-폴리머, 및 다중 폴리머로 이루어진 군으로부터 선택되는 파장 변환 필름.

#### 청구항 20

청구항 1 내지 19 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸 메타크릴레이트, 폴리비닐 부티랄, 에틸렌 비닐 아세테이트, 에틸렌 테트라플루오로에틸렌, 폴리이미드, 비결정성 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 실록산 콜-겔, 폴리우레탄, 폴리아크릴레이트, 및 이들의 조합으로 구성된 군으로부터 선택된 물질로부터 형성되는 파장 변환 필름.

#### 청구항 21

청구항 1 내지 20 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스 물질의 굴절률은 약 1.4 내지 약 1.7의 범위인 파장 변환 필름.

#### 청구항 22

청구항 2 내지 21 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스 중 상기 제 1 유기 광안정성 발색단 및 상기 제 2 유기 광안정성 발색단의 농도는 약 0.01 wt% 내지 약 10.0 wt% 범위의 양인 것으로 독립적으로 선택되는 파장 변환 필름.

#### 청구항 23

청구항 2 내지 22 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스 중 상기 제 1 유기 광안정성 발색단의 농도 및 상기 제 2 유기 광안정성 발색단의 농도는 약 0.1 wt% 내지 약 1.0 wt% 범위의 양인 것으로 독립적으로 선택되는 파장 변환 필름.

#### 청구항 24

청구항 1 내지 23 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 적어도 하나의 증감제를 추가로 포함하는 파장 변환 필름.

#### 청구항 25

청구항 1 내지 24 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 적어도 하나의 가소제를 추가로 포함하는 파장 변환 필름.

#### 청구항 26

청구항 1 내지 25 중 어느 한 항에 있어서, 상기 폴리머 매트릭스는 UV 안정제, 항산화제, 또는 흡수제를 추가로 포함하는 파장 변환 필름.

#### 청구항 27

청구항 1 내지 26 중 어느 한 항에 있어서, 상기 파장 변환 필름의 두께는 약  $0.1\text{ }\mu\text{m}$  내지 약 1 mm의 범위인 파

장 변환 필름.

### 청구항 28

청구항 1 내지 27 중 어느 한 항에 있어서, 상기 파장 변환 필름의 두께는 약  $0.5 \mu\text{m}$  내지 약 1 mm 범위인 파장 변환 필름.

### 청구항 29

적어도 하나의 광전지 디바이스; 및

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 파장 변환 필름 포함하는 광전지 모듈로서, 상기 파장 변환 필름은 적어도 하나의 광전지 디바이스를 캡슐화하도록 구성되고, 이로써 입사광은 적어도 하나의 광전지 디바이스에 도달하기 전에 파장 변환 필름을 통과하는 광전지 모듈.

### 청구항 30

청구항 29에 있어서, 상기 광전지 디바이스는 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 및 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나의 디바이스를 포함하는 광전지 모듈.

### 청구항 31

청구항 29 또는 30에 있어서, 파장 변환 필름을 광전지 디바이스에 부착하기 위한 굴절률 정합 접착제를 추가로 포함하는 광전지 모듈.

### 청구항 32

하기를 포함하는, 광전지 디바이스의 성능을 개선하는 방법:

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 파장 변환 필름을 광전지 디바이스에 적용하는 단계로서, 상기 파장 변환 필름은 적어도 하나의 광전지 디바이스를 캡슐화하도록 구성되고, 이로써 입사광은 상기 광전지 디바이스에 도달하기 전에 상기 파장 변환 필름을 통과하는 단계.

### 청구항 33

하기를 포함하는, 광전지 디바이스의 성능을 개선하는 방법:

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 파장 변환 필름을, 그것의 제작 동안에 광전지 디바이스에 직접적으로 편입시키고, 이로써 상기 파장 변환 필름은 광전지 디바이스와 광 입사 측 상의 커버 기판 사이에 캡슐화되는 단계.

### 청구항 34

하기를 포함하는, 광전지 디바이스의 수명을 개선하는 방법:

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 파장 변환 필름을 광전지 디바이스에 적용하는 단계로서, 상기 파장 변환 필름은 적어도 하나의 광전지 디바이스를 캡슐화하도록 구성되고, 이로써 입사광은 상기 광전지 디바이스에 도달하기 전에 상기 파장 변환 필름을 통과하는 단계.

### 청구항 35

하기를 포함하는, 광전지 디바이스의 수명을 개선하는 방법:

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 파장 변환 필름을, 그것의 제작 동안에 광전지 디바이스에 직접적으로 편입시키고, 이로써 상기 파장 변환 필름은 광전지 디바이스와 광 입사 측 상의 커버 기판 사이에 캡슐화되는 단계.

### 청구항 36

청구항 1 내지 28 중 어느 한 항에 따른 적어도 하나의 괴장 변환 필름을 포함하는 발광 패널.

### 청구항 37

청구항 36에 있어서, 상기 제 1 유기 광안정성 발색단의 방출 스펙트럼 및 상기 제 2 광안정성 발색단의 흡수 스펙트럼은 최소 중첩을 갖는 발광 패널.

### 청구항 38

청구항 36 또는 37에 있어서, 투명한 기판 층을 추가로 포함하는 발광 패널.

### 청구항 39

청구항 38에 있어서, 상기 투명한 기판 층은 유리 또는 폴리머를 포함하는 발광 패널.

### 청구항 40

청구항 36 내지 39 중 어느 한 항에 있어서, 발광 패널 내에 배치된 안정제, 항산화제, UV 흡수제, 또는 이들의 임의의 조합을 추가로 포함하는 발광 패널.

### 청구항 41

청구항 36 내지 39 중 어느 한 항에 있어서, 추가 층을 추가로 포함하고, 상기 추가 층은 UV 흡수제, 안정제, 항산화제, 또는 이들의 임의의 조합을 추가로 포함하는 발광 패널.

### 청구항 42

적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스 및 청구항 36 내지 41 중 어느 한 항의 발광 패널을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널로서, 상기 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스는 광자의 일부를 수용하고 광자를 전기로 전환시키는 발광 및 에너지 수집 패널.

### 청구항 43

청구항 42에 있어서, 상기 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널 내에 캡슐화되는 발광 및 에너지 수집 패널.

### 청구항 44

청구항 42 또는 43에 있어서, 상기 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스는 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 중감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 또는 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스를 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널.

### 청구항 45

청구항 42 내지 44 중 어느 한 항에 있어서, 발광 태양 집광기를 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스의 광 입사 표면에 부착하기 위해 구성된 굴절률 정합 물질을 추가로 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널.

### 청구항 46

하기를 포함하는, 식물의 성장률을 증가시키는 방법:

식물을, 청구항 36 내지 45 중 어느 한 항의 발광 패널을 통해 여과된 광에 노출시키는 단계.

### 청구항 47

하기를 포함하는, 식물의 성장률을 증가시키는 방법:

식물을, 청구항 36 내지 45 중 어느 한 항의 발광 및 에너지 수집 패널을 통해 여과된 광에 노출시키는 단계.

### 청구항 48

청구항 46 또는 47에 있어서, 상기 성장률은 여과되었던 광에 노출되지 않은 식물에 대해 약 5% 내지 약 30%까지 증가되는 방법.

#### 청구항 49

하기의 포함하는, 식물의 과일 수확량을 증가시키는 방법:

식물을, 청구항 36 내지 45 중 어느 한 항의 발광 및 에너지 수집 패널을 통해 여과된 광에 노출시키는 단계.

#### 청구항 50

청구항 49에 있어서, 상기 과일 수확량은 여과되었던 광에 노출되지 않은 식물에 대해 약 5% 내지 약 30%까지 증가되는 방법.

#### 청구항 51

하기를 포함하는 적어도 하나의 파장 변환 층을 포함하는 온실 패널:

입사 광자를 흡수하도록 구성된 흡광 표면;

약 300 nm 내지 약 450 nm 범위의 최대 흡수 및 약 400 nm 내지 약 520 nm 범위의 최대 방출을 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단; 및

약 480 nm 내지 약 620 nm 범위의 최대 흡수 및 약 550 nm 내지 약 800 nm 범위의 최대 방출을 갖는 제 2 유기 광안정성 발색단.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

관련 출원들에 대한 교차참조

[0001] 본 특허 출원은 U.S. 가특허 출원 번호 61/805,430 (2013년 3월 26일 출원), 및 U.S. 가특허 출원 번호 61/923,559 (2014년 1월 3일 출원)을 우선권으로 주장한다. 전술된 출원은 본원에 참고로 다목적으로 완전히 편입되어 있다.

[0003] 발명의 배경

#### 발명의 분야

[0005] 본 개시내용은 일반적으로 유기 광안정성 발색단을 포함하는 파장 변환 필름의 분야 및 그것의 사용 방법에 관한 것이다

### 배경 기술

#### 관련 기술의 설명

[0007] 몇몇 태양 에너지 수확 디바이스 (예를 들면 광전지 디바이스)의 결점은 이들이 광 스펙트럼의 상당 부분을 효과적으로 이용할 수 없다는 것이다. 또한, 이들 광전지 디바이스에서 광이 비치는 원도우는, 광이 전기로 전환될 수 있는 광전도성 재료 층을 통과하게 하는 대신에, 어떤 파장의 광 (전형적으로 UV 단파장)을 흡수한다. 따라서, 일부 방사성 에너지는 디바이스 자체에서 상실된다. 파장 변환 필름은, 특히, 광전지에 의한 태양 에너지의 수확을 향상시키는데 사용될 수 있다.

[0008] 광전지 디바이스의 성능을 향상시키기 위한 무기 파장 다운-шу프팅 물질을 사용하려는 시도가 이루어지고 있다. 예를 들면, 파장 다운-шу프팅 무기 형광체 물질을 함유하는 실리콘-기반 태양전지가 제작되었고, 양자점 화합물을 함유하는 다운-шу프팅 파장 전환 층을 갖는 태양전지가 제작되었고, 다운-шу프팅 무기 형광성 분말로 제작된 전환 필름이 제작되었다.

[0009] 광전지 디바이스에서의 효율 개선을 위한 광-발광 유기 매체의 사용에 대해 보고된 연구가 거의 없었다. 공지된 유기 발광 염료의 좋지 못한 광안정성은 그것의 개발을 방해했다. 예를 들면, 로다민 6G/폴리비닐 부티랄 필름을 사용한 CdS/CdTe 셀의 11% 효율 증대가 B.C. Hong 및 K. Kawano에 의해 보고되었다. 그러나, 이 필름의 광

안정성은 하나의 태양 (AM1.5G) 조사 하에서 매우 좋지 못했다. AM1.5G는 ASTM(American Society for Testing and Materials) 표준 2006에 의해 정의된 바와 같이 표준 지상 태양 스펙트럼 방사 분포이며, ASTM G-173-03을 참고한다. 더욱이, 문현은 이들 물질의 안정성으로서 광-발광 유기 매체를 사용하는 것에 대하여 경고를 주며, 예를 들면 미국 특히 출원 공보 번호 2010/0012183을 참고한다. 형광성 염료를 포함하는 대부분의 상업적으로 이용가능한 광-발광 매체는 태양 조명 후 단지 수일만에 광표백을 나타낸다.

[0010] 온실 내에서 식물에 노출되는 입사 태양 스펙트럼을 바꾸기 위한 온실 지붕 재료에서의 발광 염료의 사용이 시도되었다. 그러나, 개시된 시스템은 효율 및 안정성이 부족하다. 예를 들면, 전류 시스템은 염료를 캡슐화하는 폴리머 또는 유리 매트릭스로 방출된 광의 다량을 잃는다. 또한 염료의 안정성은 좋지 못하고 염료는, 특히 UV 광에 노출될 때 종종 빠르게 분해된다.

[0011] 고비용 및 저 효율/안정성 때문에, 식물 성장을 개선시키고, 광안정하고, 동시에 태양 에너지 수확을 개선시키는데 사용될 수 있는 염료에 대한 충족되지 않은 욕구가 남아있다.

### 발명의 내용

[0012] 요약

[0013] 광안정성 다중 유기 발색단 화합물을 포함하는 파장 변환 층이 제공된다. 일부 구현예는 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스 및 약 400 nm 미만의 최대 흡수 및 약 400 nm 초파의 최대 방출을 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단을 포함하는 파장 변환 필름을 제공한다.

[0014] 상기에서 기재되거나 본원에서 다른 곳에 기재된 구현예 중 어떤 것은 하기 특징 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0015] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 추가로 제 2 유기 광안정성 발색단을 포함한다.

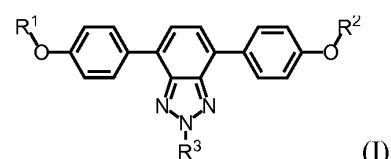
[0016] 파장 변환 필름의 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단의 최대 흡수는 약 300 nm 내지 약 400 nm의 범위이고 상기 제 1 유기 발색단의 최대 방출은 약 400 nm 내지 약 520 nm의 범위이다.

[0017] 파장 변환 필름의 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단의 최대 흡수는 약 300 nm 내지 약 450 nm의 범위이고 제 1 유기 발색단의 최대 방출은 약 400 nm 내지 약 520 nm의 범위이다.

[0018] 파장 변환 필름의 일부 구현예에서, 제 2 유기 광안정성 발색단의 최대 흡수는 약 480 nm 내지 약 620 nm의 범위이고 제 2 유기 광안정성 발색단의 최대 방출은 약 550 nm 내지 약 800 nm의 범위이다.

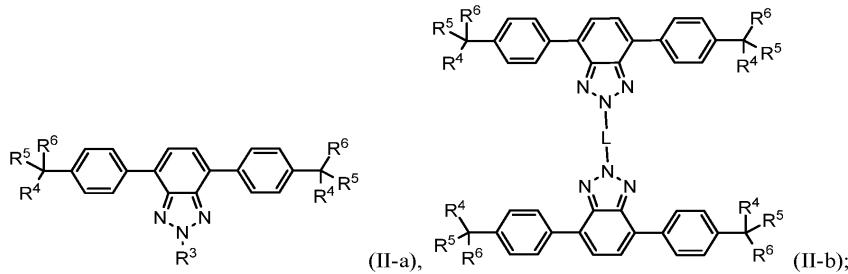
[0019] 파장 변환 필름의 일부 구현예에서, 제 1 발색단의 최대 흡수는 약 400 nm 미만이고 제 2 발색단의 최대 흡수는 약 400 nm 초파이다.

[0020] 일부 구현예에서, 여기서 상기 제 1 유기 광안정성 발색단은 식 (I)로 나타낸다:



[0021] 여기서 각각의 R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup>, 및 R<sup>3</sup>은 알킬, 치환된 알킬, 및 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0023] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단은 식 (II-a) 또는 (II-b)로 나타낸다:



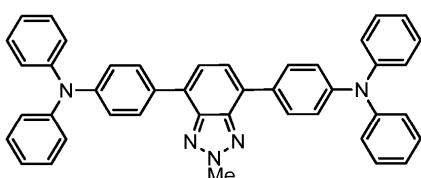
[0024] 여기서:

[0026]  $R^3$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^3$ 은 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계이고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클로알킬, 또는 헤테로아릴이고;

[0027]  $R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤�테로아릴알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R^4$  및  $R^5$ ,  $R^4$  및  $R^6$ ,  $R^5$  및  $R^6$ , 또는  $R^4$  및  $R^5$  및  $R^6$ 은, 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클로알킬, 또는 헤테로아릴이고; 그리고

[0028]  $L$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 알킬렌, 및 임의로 치환된 헤테로알킬렌, 임의로 치환된 알ки닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0029] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단은 하기 구조로 나타낸다:



[0030]

[0031] 일부 구현예는 파장 변환 필름을 제공하고, 이 필름은 약 400 nm 미만의 파장에서 (예를 들면, UV 방사선 범위에서) 흡수 피크를 나타내는 적어도 하나의 UV 흡수 발색단, 및 약 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크를 나타내는 적어도 하나의 파장 변환 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 약 400 nm 이상의 파장의 광자를 흡수하는 적어도 하나의 파장 변환 발색단 및 적어도 하나의 UV 흡수 발색단을 포함하는 파장 변환 필름은 유의미하게 개선된 광안정성을 보여준다.

[0032] 본 발명의 일부 구현예는 파장 변환 필름을 제공하고, 이 필름은 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스 내에 적어도 하나의 UV 흡수 발색단 및 적어도 하나의 파장 변환 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 추가의 UV 흡수 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 추가의 파장 변환 발색단을 포함한다.

일부 구현예에서, 필름은 제 1 파장을 갖는 적어도 하나의 광자를 입력으로서 수용하고 제 1 파장과 상이한 제 2 파장을 갖는 적어도 하나의 광자를 출력으로서 제공한다. 상기 필름을 이용하여, 신규 유형의 광학 광 수집 시스템, 형광-기반 태양 집열기, 형광-활성화된 디스플레이, 및 단일-분자 분광계가 제공될 수 있다.

[0033] 일부 구현예는 태양의 광 에너지의 전기로의 전환을 위한 광전지 모듈을 제공한다. 일부 구현예에서 광전지 모듈은 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지, 및 본원에서 개시된 바와 같은 파장 변환 필름을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 광전지 디바이스 또는 태양전지의 상부에 편입되거나, 그것으로 캡슐화된다. 일부 구현예에서, 입사광은, 태양의 광 에너지가 전기로 전환되는 광전지 모듈의 면에 도달하기 전에 파장 변환 필름을 통과한다.

[0034] 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지 및 파장 변환 필름을 포함하는 광전지 모듈은, 본원에 기재된 바와 같이, 추가의 층을 포함할 수 있다. 예를 들면, 광전지 모듈은 태양전지 및 파장 변환 필름 사이에 접착제 층을 포함할 수 있다. 일부 구현예에서 광전지 모듈은 디바이스를 캡슐화하는 유리 또는 폴리머 층을 또한 포함할 수 있거나, 파장 변환 필름의 상부에 위치할 수 있다. 유리 또는 폴리머 층은 파장 변환 필름으로 산소 및 수분 침투를 보호 및 방지하기 위해 설계될 수 있다. 일부 구현예에서, 유리 또는 폴리머 층은 태양전지의 광전 전환 층으로부터 떨어져 있는 방향으로 파장 변환 필름으로부터 방출된 광자를 내부적으로 굴절 또는 반사시키기 위해 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 필름은 추가의 폴리머 층, 증감제, 가소제, 및/또는 파장 변환 필름의 효율 또는 안정성을 개선할 수 있는 다른 성분을 추가로 포함할 수 있다.

[0035] 파장 변환 필름은 다양한 광전지 디바이스에 도포될 수 있다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 또는 카드뮴 셀파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스에 도포된다.

[0036] 파장 변환 필름은 상이한 크기 및 유형의 태양전지, 또는 전체 태양광 패널을 수용하기 위해 다양한 길이 및 폭으로 제공될 수 있다.

[0037] 다른 구현예는 광전지 디바이스 또는 태양전지의 성능을 개선하는 방법을 제공한다. 일부 구현예에서, 본 방법은 본원에 기재된 바와 같은 파장 변환 필름을, 광전지 디바이스 또는 태양전지의 광 입사 측 상에 직접적으로 도포하는 것을 포함한다. 일부 구현예에서, 본 방법은 본원에 기재된 바와 같은 파장 변환 필름을, 그것의 제작 동안에 광전지 디바이스 또는 태양전지에 직접적으로 편입시키는 것을 포함하고, 이로써 상기 파장 변환 필름은 광전지 디바이스 또는 태양전지 및 광 입사 측 상의 커버 기판 사이에 캡슐화된다.

[0038] 본 발명의 일부 구현예는 약 300 내지 450 nm 범위의 파장을 갖는 광자의 제 1 그룹을 흡수하고 약 400 내지 520 nm 범위의 파장의 광자의 제 1 그룹을 재-방출하도록 구성된 제 1 유기 광안정성 발색단, 및 약 480 내지 620 nm 범위의 파장을 갖는 광자의 제 2 그룹을 흡수하고 약 550 내지 800 nm 범위의 파장의 광자의 제 2 그룹을 재-방출하도록 구성된 제 2 유기 광안정성 발색단을 포함하는 파장 변환 필름을 기재한다. 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 발광 패널에서 유용하다.

[0039] 본 발명의 일부 구현예는 약 300 내지 400 nm 범위의 파장을 갖는 광자의 제 1 그룹을 흡수하고 약 400 내지 520 nm 범위의 파장의 광자의 제 1 그룹을 재-방출하도록 구성된 제 1 유기 광안정성 발색단, 및 약 480 내지 620 nm 범위의 파장을 갖는 광자의 제 2 그룹을 흡수하고 약 550 내지 800 nm 범위의 파장의 광자의 제 2 그룹을 재-방출하도록 구성된 제 2 유기 광안정성 발색단을 포함하는 파장 변환 필름을 기재한다. 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 발광 패널에서 유용하다.

[0040] 본 발명의 일부 구현예는 유기 광안정성 발색단 화합물을 포함하는 발광 패널에 관한 것이다. 발광 패널은 유기 광안정성 발색단 화합물을 편입하지 않는 패널과 비교하여 개선된 파장 프로파일 및 식물 성장을 제공하기 위해 온실 지붕으로서 유용하다. 본 발명의 일부 구현예는 입사 광자를 흡수하도록 구성된 흡광 표면, 및 2 이상 발색단 화합물을 포함하는 발광 패널을 제공한다. 일부 구현예에서, 2 이상 발색단 화합물은 하나의 파장 변환 필름 내에 위치할 수 있다. 일부 구현예에서, 2 이상 발색단 화합물은 별도의 파장 변환 필름 내에 위치한다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 변환 필름은 제 1 유기 광안정성 발색단 (A)를 포함하고, 이 발색단은 UV 파장 범위의 파장 흡광도 최대를 가지며 청색 파장 범위에서 재-방출된다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 변환 필름은 제 2 유기 광안정성 발색단 (B)를 포함하고, 이 발색단은 녹색 파장 범위의 파장 흡광도 최대를 가지며 적색 파장 범위에서 재방출된다. 일부 구현예에서, 발색단 화합물 (A) 및 (B)는 함께 사용된다. 일부 구현예에서, 2 개의 발색단은 단일 파장 변환 층에서 혼합될 수 있거나, 별도의 파장 변환 층에서 제공될 수

있다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 변환 층은 폴리머 매트릭스를 포함한다.

[0041] 본 발명의 일부 구현예는 식물 성장에 최적인 파장 영역에서 방사선을 방출하기 위해 설계된 2 개의 유기 광안정성 발색단의 혼합물을 이용하는 고도로 효율적인 발광 패널을 제공한다. 일부 구현예에서, 발색단 (A)는 UV 파장 영역의 광을 흡수하고 청색 파장 영역의 그러한 광을 재-방출한다. 일부 구현예에서, 발색단 (B)는 녹색 파장 영역의 광을 흡수하고 적색 파장 영역의 그러한 광을 재-방출한다. 본원에 기재된 바와 같이, UV 파장 영역의 광은 약 300 nm 내지 약 400 nm의 범위이다. 본원에 기재된 바와 같이, 청색 파장 영역의 광은 약 400 nm 내지 약 520 nm의 범위이다. 본원에 기재된 바와 같이, 녹색 파장 영역의 광은 약 480 nm 내지 약 620 nm의 범위이다. 본원에 기재된 바와 같이, 적색 파장 영역의 광은 약 570 nm 내지 약 800 nm의 범위이다.

[0042] 일부 구현예에서, 상기 구현예 중 임의의 것에 따른 1 이상의 파장 변환 필름을 포함하는 발광 패널이 제공된다.

[0043] 발광 패널의 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단의 방출 스펙트럼 및 제 2 광안정성 발색단의 흡수 스펙트럼은 최소 중첩을 가진다.

[0044] 일부 구현예에서, 임의의 상기 발광 패널은 투명한 기판 층을 추가로 포함할 수 있다. 발광 패널의 일부 구현예에서, 상기 투명한 기판 층은 유리 또는 폴리머를 포함한다.

[0045] 일부 구현예에서, 임의의 상기 발광 패널은 발광 패널 내에 배치되는 안정제, 항산화제, UV 흡수제, 또는, 이들의 임의의 조합을 추가로 포함할 수 있다.

[0046] 일부 구현예에서, 임의의 상기 발광 패널은 UV 흡수제, 안정제, 항산화제, 또는 이들의 임의의 조합을 추가로 포함하는 추가층을 추가로 포함할 수 있다.

[0047] 일부 구현예에서, 임의의 상기 발광 패널은 1 이상의 태양 에너지 전환 디바이스를 추가로 포함할 수 있고, 상기 태양 에너지 전환 디바이스는 일부 광자를 받아 이 광자를 전기로 전환시킨다.

[0048] 발광 패널의 일부 구현예에서, 1 이상의 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널 내에 캡슐화된다.

[0049] 발광 패널의 일부 구현예에서, 1 이상의 태양 에너지 전환 디바이스는 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 또는 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스를 포함한다.

[0050] 일부 구현예에서 유기 광안정성 발색단 (A), 및 유기 광안정성 발색단 (B)는, 폴리머 매트릭스를 추가로 포함하는 단일 파장 변환 층 내에서 혼합된다. 일부 구현예에서 유기 광안정성 발색단 (A), 및 유기 광안정성 발색단 (B)는, 폴리머 매트릭스를 독립적으로 추가로 포함하는 2 개의 별도의 파장 변환 층 내에 위치한다.

[0051] 본원에 기재된 바와 같은 2 개의 유기 광안정성 발색단 화합물을 포함하는 발광 패널은, 추가의 층을 포함할 수 있다. 예를 들면, 발광 패널은 파장 변환 층 또는 층들 사이에 배치된 접착제 층을 포함할 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 또한 파장 변환 층(들)을 캡슐화하는 추가의 유리 또는 폴리머 층을 포함할 수 있거나, 파장 변환 층(들)의 상부 상에 또는 그 아래에 위치할 수 있다. 유리 또는 폴리머 층은 파장 변환 필름(들)으로의 산소 및 수분 침투를 예방 또는 방지하기 위해 설계될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 추가의 폴리머 층, 또는 폴리머 층 또는 파장 변환 층(들) 내의 추가의 성분 예컨대 증감제, 가소제, UV 흡수제 및/또는 효율 또는 안정성을 개선할 수 있는 다른 성분을 추가로 포함할 수 있다.

[0052] 발광 패널은 상이한 크기 및 유형의 온실 지붕을 수용하기 위해 다양한 길이 및 폭으로 제공될 수 있다.

[0053] 발광 물질을 온실 지붕 패널로 편입시키는 하나의 문제는, 입사 광자가, 발광 물질에 의해 흡수 및 재-방출되면, 패널의 폴리머 매트릭스로 종종 포획되고, 온실 내부의 식물 종에 결코 도달하지 못한다는 것이다. 태양전지 또는 광전지 모듈을 또한 포함하지 않는 발광 물질을 갖는 온실 패널에 대해, 이러한 포획된 광은 열로서 보통 소멸된다. 태양 에너지 전환 디바이스를, 발광 물질을 갖는 온실 지붕 패널에 편입시키는 하나의 이점은, 대부분의 이러한 포획된 광이 태양 에너지 전환 디바이스에 의해 흡수되고, 전기로 전환될 것이고, 이로써 아주 적은 광이 낭비된다는 것이다.

[0054] 따라서, 본 발명의 다른 구현예는 발광 및 에너지 수집 패널에 관한 것이다. 발광 및 에너지 수집 패널은 발광 패널 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스를 포함한다. 발광 및 에너지 수집 패널은 2 개의 발광 물질을 편입하지 않는 패널과 비교하여 개선된 식물 성장 및 태양에너지 수확 효율의 증가를 동시에 제공하기 위해 온실 지붕으로서 유용하고, 장기간 동안 광안정하다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이

스는 발광 패널 내에 캡슐화되고, 이로써 디바이스는 외부 환경에 노출되지 않고, 여기서 상기 태양 에너지 전환 디바이스는 태양 에너지의 일부를 수용하고 에너지를 전기로 전환한다. 결과적으로, 고도로 효율적인 발광 및 에너지 수집 패널은 식물 성장에 최적인 파장 영역에서 방사선을 방출하도록 설계된 2 개의 유기 광안정성 발색단의 혼합물을 이용하고, 한편 동시에 포획된 방사선이 전기로 전환되도록 한다. 일부 구현예에서, 발색단 (A)는 UV 파장 영역의 광을 흡수하고 청색 파장 영역의 그러한 광을 재-방출한다. 일부 구현예에서, 발색단 (B)는 녹색 파장 영역의 광을 흡수하고 적색 파장 영역의 그러한 광을 재-방출한다.

[0055] 일부 구현예는 태양의 광 에너지의 전기로의 전환을 위한 발광 및 에너지 수집 패널을 제공한다. 일부 구현예에서 발광 및 에너지 수집 패널은 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지를 포함한다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스는 발광 및 에너지 수집 패널 내에서 캡슐화되고, 이로써 디바이스는 외부 환경에 노출되지 않는다. 일부 구현예에서 태양 에너지 전환 디바이스는 직접적인 입사 태양 에너지의 일부를 수용하고 에너지를 전기로 전환한다. 일부 구현예에서, 제 1 파장의 입사광은 파장 변환 층 또는 층들에서 발색단 화합물을 의해 흡수되고, 제 1 파장과 상이한 제 2 파장에서 재-방출되고, 그 다음 전기로 전환되는 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스에 도달할 때까지 발광 및 에너지 수집 패널 내에서 내부적으로 반사 및 굴절된다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 파장 변환 층 또는 층들 내의 발색단 화합물로부터 재-방출된 태양 에너지의 일부를 수용한다.

[0056] 2 개의 유기 광안정성 발색단 화합물 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스를 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널은, 본원에 기재된 바와 같이, 추가의 층을 포함할 수 있다. 예를 들면, 발광 및 에너지 수집 패널은 태양전지 및 파장 변환 층 또는 층들 사이에서 접착제 층을 포함할 수 있다. 일부 구현예에서 발광 및 에너지 수집 패널은 또한 파장 변환 층(들)을 캡슐화하는 추가의 유리 또는 폴리머 층을 포함할 수 있거나, 파장 변환 층(들)의 상부 상에 또는 그 아래에 위치할 수 있다. 유리 또는 폴리머 층은 파장 변환 필름(들)으로의 산소 및 수분 침투를 예방 또는 방지하기 위해 설계될 수 있다. 일부 구현예에서, 유리 또는 폴리머 층은 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지를 향하는 방향으로 파장 변환 층(들)로부터 방출된 광자를 내부적으로 굴절 및/ 또는 반사시키기 위해 발광 및 에너지 수집 패널의 일부로서 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 추가의 폴리머 층, 또는 폴리머 층 또는 파장 변환 층(들) 내의 추가의 성분 예컨대 증감제, 가소제, UV 흡수제 및/또는 효율 또는 안정성을 개선할 수 있는 다른 성분을 추가로 포함할 수 있다.

[0057] 발광 및 에너지 수집 패널은 다양한 유형의 광전지 디바이스 (예를 들면 태양전지)를 편입시킬 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스를 포함한다: 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 또는 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스. 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 다중 유형의 디바이스를 포함한다.

[0058] 발광 및 에너지 수집 패널은 다양한 길이 및 폭으로 제공되어 상이한 크기 및 유형의 태양전지를 수용하고/거나 상이한 크기 및 유형의 온실 지붕을 형성할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0059] 도 1은 파장 변환 필름을 포함하는 광전지 디바이스의 구현예의 측면도이다.

도 2는 파장 변환 필름을 포함하는 광전지 디바이스의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 3은 파장 변환 필름을 포함하는 발광 패널의 구현예의 측면도이다.

도 4는 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 5는 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 6은 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 7은 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널의 구현예의 측면도이다.

도 8은 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 9는 2 개의 파장 변환 층을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 10은 파장 변환 층을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널의 또 하나의 구현예의 측면도이다.

도 11은 발색단 화합물 3에 대한 흡수 및 방출 스펙트럼을 보여준다.

도 12는 발색단 화합물 4에 대한 흡수 및 방출 스펙트럼을 보여준다.

도 13은 발색단 화합물 5에 대한 흡수 및 방출 스펙트럼을 보여준다.

도 14는 발광 패널의 예시 구현예를 보여준다.

도 15는 발광 및 에너지 수집 패널의 예시 구현예를 보여준다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0060] 구현예는 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는 예시 구현예에 대해 설명할 것이다. 조건 및/또는 구조가 명시되지 않은 본 개시내용에서 당해분야의 숙련가는 일상적인 실험과정으로서 본 개시내용을 고려하여 그와 같은 조건 및/또는 구조를 쉽게 제공할 수 있다.

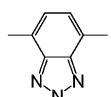
[0061] 때때로 발광 염료 또는 형광 염료로 지칭되는 발색단 화합물은 특정한 파장 또는 파장 범위의 광자를 흡수하고 상이한 파장 또는 파장 범위에서 광자를 재방출시키는 화합물이다. 필름 매체에 사용된 발색단은 태양전지 및 광전지 디바이스의 성능을 크게 증대시킬 수 있다. 그러나, 그와 같은 디바이스는 흔히 장기간 동안, 예를 들면, 20+ 년 동안 극단적인 환경적 조건에 노출된다. 이와 같이, 장기간에 걸쳐 발색단의 안정성을 유지하는 것은 중요하다.

[0062] 유기 발색단의 사용은, 무기 발색단과는 반대로, 유기 물질이 전형적으로 더 저렴하고 사용하기 더 용이하여 더 나은 경제적 선택을 하게 한다는 점에서 매력적이다. 그러나, 유기 발광 염료의 좋지 못한 광안정성은 그것의 개발을 방해했다. 더욱이, 이들 물질의 안정성으로서 광-발광 유기 매체를 사용하는 것에 대한 문현 경고의 많은 부분이 불충분하며, 예를 들면 미국 특허 출원 공보 번호 2010/0012183을 참고한다. 따라서, 안정한 유기 발색단에 대한 충족되지 않은 필요성 존재한다. 다중 유기 발색단 화합물을 포함하는 고도로 광-안정한 파장 전환층이 본원에 제공된다.

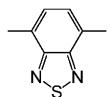
[0063] 일부 구현예는 폴리머 매트릭스, 제 1 파장을 갖는 광자를 흡수하도록 구성된 제 1 유기 발색단, 제 2 파장을 갖는 광자를 흡수하도록 구성된 제 2 유기 발색단을 포함하는 파장 변환 필름을 제공한다. 일부 구현예에서, 본원에 기재된 발색단은 개선된 광안정성을 갖는다. 다중 발색단 화합물을 포함하는 파장 변환 필름은 다양한 적용에 유용하다.

[0064] 발색단은 업-전환 또는 다운-전환할 수 있다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 높은 에너지 (짧은 파장)의 광자를 더 낮은 에너지 (긴 파장)로 전환시키는 발색단을 의미하는 다운-쉬프팅 발색단인 발색단을 적어도 2개 포함한다. 일부 구현예에서, 다운-쉬프팅 발색단은, 미국 특허 출원 번호 13/626,679 및 13/978,370, 및 U.S. 가특허 출원 번호 61/430,053, 61/485,093, 및 61/539,392 (이것들은 그 전체가 참고로 본원에 편입되어 있음)에 기재된 바와 같이, 독립적으로 페릴렌, 벤조트리아졸, 벤조티아디아졸의 유도체, 또는 이들의 조합일 수 있다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은, U.S. 가특허 출원 번호 61/749,225 (이것은 그 전체가 참고로 본원에 편입됨)에 기재된 바와 같이, 벤조 헤테로사이클릭계인 발색단을 적어도 하나 포함한다.

[0065] 일부 구현예에서, 일반식 I, II-a, II-b, III-a, III-b, IV-a, IV-b, V-a, V-b, VI, VII-a, VII-b, VIII, IX-a, IX-b, X-a, 및 X-b로 나타낸 파장 변환 발색단은 파장 변환 필름을 포함하는 다양한 적용에서 형광 염료로서 유용하다. 상기 식에서 보여진 바와 같이, 염료는 일부 구현예에서 벤조 헤테로사이클릭계를 포함한다. 일부 구현예에서, 벤조트리아졸 유도체 염료가 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 벤조티아디아졸 유도체 염료가 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 페릴렌 유도체 염료가 사용될 수 있다. 사용될 수 있는 화합물의 유형에 대한 추가의 세부사항 및 실시예는, 본 발명의 범위의 제한 없이, 아래에 기재되어 있다.



[0066] 본원에서 사용된 바와 같이, "벤조트리아졸-형 구조"는 하기 구조적 모티프를 포함한다:



[0067] 본원에서 사용된 바와 같이, "벤조티아디아졸-형 구조"는 하기 구조적 모티프를 포함한다:

[0068] 본원에서 사용된 바와 같이, "전자 공여체 그룹"은 2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸계의 전자 밀도를 증가시키는 임의의 그룹으로서 정의된다.

[0069] "전자 공여체 링커"는 이들에 연결되는 2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸의 전자 밀도에 대한 중립 효과를 증가시키거나 가질 수 있는 그것의  $\pi$  궤도의 컨쥬게이션을 제공하는 2 개의 2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸계를 연결할 수 있는 임의의 그룹으로서 정의된다.

[0070] "전자 수용체 그룹"은 2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸계의 전자 밀도를 감소시키는 임의의 그룹으로서 정의된다. 2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸 고리계의 N-2 위치에서 전자 수용체 그룹의 배치.

[0071] 용어 "알킬"은 분지형 또는 직쇄형 완전 포화된 비환식 지방족 탄화수소 그룹 (즉 이중 또는 삼중 결합을 함유하지 않는 탄소 및 수소로 구성됨)을 의미한다. 알킬은, 비제한적으로, 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로필, 부틸, 이소부틸, 3차 부틸, 펜틸, 헥실, 등을 포함한다.

[0072] 용어 "헥테로알킬"은, 본원에서 사용된 바와 같이, 1 개 이상의 헥테로원자를 포함하는 알킬 그룹을 의미한다. 2 개 이상의 헥테로원자가 존재할 때, 그것은 동일 또는 상이할 수 있다.

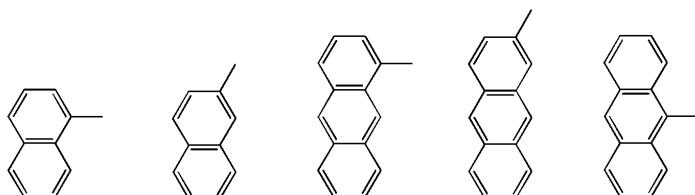
[0073] 용어 "사이클로알킬"은, 본원에서 사용된 바와 같이, 사이클로프로필, 사이클로펜틸, 사이클로헥실, 사이클로헵틸, 등을 비제한적으로 포함하는, 3 내지 25 개의 탄소 원자를 갖는 포화된 지방족 고리계 라디칼을 의미한다.

[0074] 용어 "폴리사이클로알킬"은, 본원에서 사용된 바와 같이, 다중 사이클로알킬 고리계를 갖는 포화된 지방족 고리계 라디칼을 의미한다.

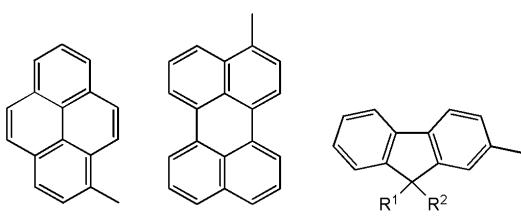
[0075] 본원에서 사용되는 용어 "알케닐"은, 1-프로페닐, 2-프로페닐, 2-메틸-1-프로페닐, 1-부테닐, 2-부테닐, 등을 비제한적으로 포함하는, 적어도 하나의 탄소 이중 결합을 함유하는 2 내지 25 개의 탄소 원자의 1가 직쇄형 또는 분지형 사슬 라디칼을 의미한다.

[0076] 본원에서 사용되는 용어 "알키닐"은 1-프로페닐, 1-부티닐, 2-부티닐, 등을 비제한적으로 포함하는, 탄소 삼중 결합을 함유하는 2 내지 25 개의 탄소 원자의 1가 직쇄형 또는 분지형 사슬 라디칼을 의미한다.

[0077] 본원에서 사용되는 용어 "아릴"은 하나의 고리 또는 다중 융합 고리이든 호모사이클릭 방향족 라디칼을 의미한다. 아릴기의 예는, 비제한적으로, 페닐, 나프틸, 펜안트레닐, 나프타세닐, 플루오레닐, 피레닐, 등을 포함한다. 추가의 예는 하기를 포함한다:



나프탈렌-1-일      나프탈렌-2-일      안트라센-1-일      안트라센-2-일      안트라센-9-일



페렌-1-일      페닐렌-3-일      9H-플루오렌-2-일

[0078]

[0079] 본원에서 사용되는 용어 "알카릴" 또는 "알킬아릴"은 알킬-치환된 아릴 라디칼을 의미한다. 알카릴의 예는, 비제한적으로, 에틸페닐, 9,9-디헥실-9H-플루오렌, 등을 포함한다.

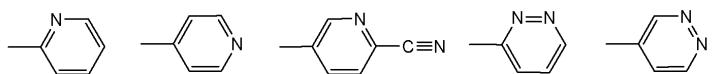
[0080]

본원에서 사용되는 용어 "아랄킬" 또는 "아릴알킬"은 아릴-치환된 알킬 라디칼을 의미한다. 아랄킬의 예는, 비제한적으로, 페닐프로필, 페닐에틸, 등을 포함한다.

[0081]

본원에서 사용되는 용어 "헥테로아릴"은 하나의 고리 또는 다중 융합 고리이든 1 개 이상의 헥테로원자를 포함하는 방향족기를 의미한다. 2 개 이상의 헥테로원자가 존재할 때, 그것은 동일 또는 상이할 수 있다. 융합 고리

계에서, 1 개 이상의 헤テ로원자는 고리 중 단 하나에서 존재할 수 있다. 헤테로아릴기의 예는, 비제한적으로, 벤조티아질, 벤족사질, 퀴나졸리닐, 퀴놀리닐, 이소퀴놀리닐, 퀴녹살리닐, 피리디닐, 피롤릴, 옥사졸릴, 인돌릴, 티아질 등을 포함한다. 치환된 및 비치환된 헤테로아릴 고리의 추가 예는 하기를 포함한다:

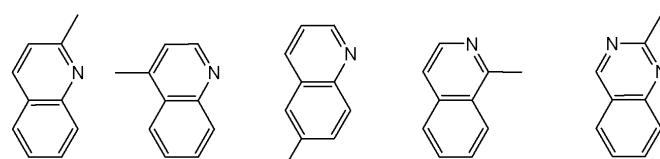


피리дин-2-일      피리дин-4-일      2-시아노피리дин-5-일      피리다진-3-일      피리다진-4-일

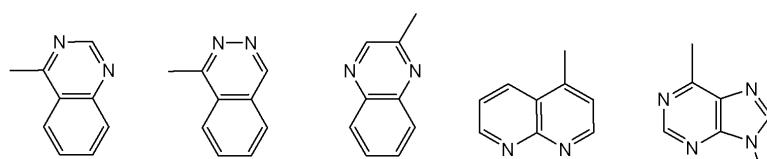


피리미딘-2-일      피리미딘-4-일      피라진-2-일      트리아진-2-일

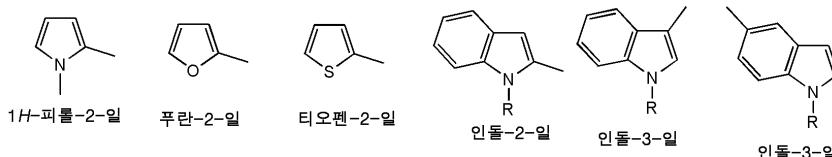
[0082]



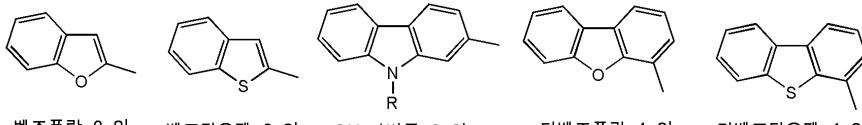
퀴놀린-2-일      퀴놀린-4-일      퀴놀린-6-일      이소퀴놀린-1-일      퀴나졸린-2-일



퀴나졸린-4-일      프탈라진-1-일      퀴녹살린-2-일      나프티리딘-4-일      9H-푸린-6-일



1H-피롤-2-일      푸란-2-일      티오펜-2-일      인돌-2-일      인돌-3-일      인돌-3-일



벤조푸란-2-일      벤조티오펜-2-일      9H-카바졸-2-일      디벤조푸란-4-일      디벤조티오펜-4-일

[0083]

본원에 사용되는 용어 "알콕시"는 --O--연결을 통해 모 분자에 공유 결합된 직쇄형 또는 분지형 사슬 알킬 라디칼을 의미한다. 알콕시기의 예는, 비제한적으로, 메톡시, 에톡시, 프로포시, 이소프로포시, 부톡시, n-부톡시, sec-부톡시, t-부톡시 등을 포함한다.

[0084]

본원에 사용되는 용어 "헤테로원자"는 C (탄소) 또는 H (수소)가 아닌 임의의 원자이다. 헤테로원자의 예는 S (황), N (질소), 및 O (산소)를 포함한다.

[0085]

본원에서 사용되는 용어 "사이클릭 모이어티"는 사이클릭 모이어티에서 2차 또는 3차 아민을 의미한다. 사이클릭 아미노기의 예는, 비제한적으로, 아지리디닐, 피페리디닐, N-메틸피페리디닐, 등을 포함한다.

[0086]

본원에서 사용되는 용어 "사이클릭 이미드"는 2 개의 카보닐 탄소가 탄소 사슬에 의해 연결된 라디칼에서 이미드를 의미한다. 사이클릭 이미드기의 예는, 비제한적으로, 1,8-나프탈이미드, 피롤리딘-2,5-디온, 1H-피롤-2,5-디온, 등을 포함한다.

[0088]

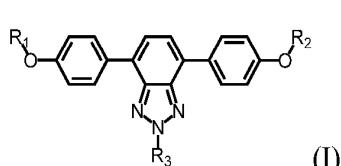
본원에서 사용되는 용어 "알코올"은 라디칼 -OH를 의미한다.

본원에서 사용되는 용어 "아실"은 라디칼 -C(=O)R을 의미한다.

본원에서 사용되는 용어 "아릴옥시"는 --O--연결을 통해 모 분자에 공유 결합된 아릴 라디칼을 의미한다.

본원에서 사용되는 용어 "아실옥시"는 라디칼 -O-C(=O)R을 의미한다.

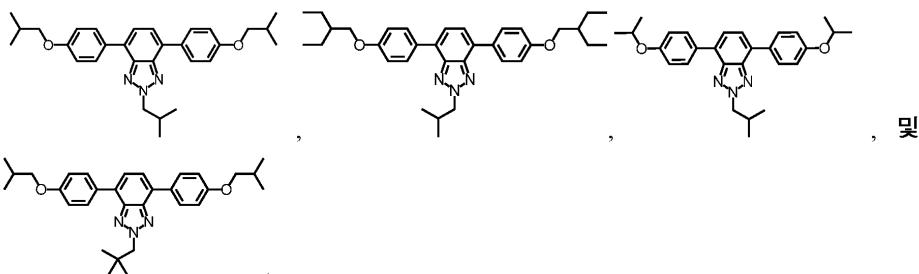
- [0092] 본원에서 사용되는 용어 "카바모일"은 라디칼  $-C(=O)NH_2$ 을 의미한다.
- [0093] 본원에서 사용되는 용어 "카보닐"은 기능성기  $C=O$ 을 의미한다.
- [0094] 본원에서 사용되는 용어 "카복시"는 라디칼  $-COOR$ 을 의미한다.
- [0095] 본원에서 사용되는 용어 "에스테르"는 기능성 그룹  $RC(=O)OR'$  을 의미한다.
- [0096] 본원에서 사용되는 용어 "아미도"는 라디칼  $-C(=O)NR'R"$  을 의미한다.
- [0097] 본원에서 사용되는 용어 "아미노"는 라디칼  $-NR'R"$  을 의미한다.
- [0098] 본원에서 사용되는 용어 "헤테로아미노"는 라디칼  $-NR'R"$ 을 의미하고, 여기서  $R'$  및/또는  $R"$ 는 헤테로원자를 포함한다.
- [0099] 본원에서 사용되는 용어 "헤테로사이클릭 아미노"는 사이클릭 모이어티 중 2차 또는 3차 아민을 의미하고 여기서 상기 기는 헤테로원자를 추가로 포함한다.
- [0100] 본원에서 사용되는 용어 "사이클로아미도"는  $-C(=O)NR'R"$ 의 아미도 라디칼을 의미하고, 여기서  $R'$  및  $R"$ 은 탄소 사슬에 의해 연결된다.
- [0101] 본원에서 사용되는 용어 "설품"은  $-S(=O)_2R$ 의 설포닐 라디칼을 의미한다.
- [0102] 본원에서 사용되는 용어 "설품아미드"는 아민기에 연결된 설포닐기를 의미하고, 그것의 라디칼은  $-S(=O)_2-NR'R"$ 이다.
- [0103] 본원에서 사용된 바와 같이, 치환된 기는 1 이상의 수소 원자를 또 하나의 원자 또는 기로 교환된 비치환된 모구조로부터 유도된다. 치환될 때, 치환체 기(들)은 하기로부터 개별적으로 및 독립적으로 선택된 1 이상의 그룹(들)이다:  $C_1-C_{25}$  알킬,  $C_2-C_{25}$  알케닐,  $C_2-C_{25}$  알키닐,  $C_3-C_{25}$  사이클로알킬 (이것은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 임의로 치환됨: 할로, 알킬, 알콕시, 알코올, 카복실, 할로알킬,  $CN$ ,  $OH$ ,  $-SO_2-$ 알킬,  $-CF_3$ , 및  $-OCF_3$ ), 사이클로알킬 같은자리에 부착된,  $C_1-C_{25}$  헤테로알킬,  $C_3-C_{25}$  헤테로사이클로알킬 (예를 들면, 테트라하이드로푸릴) (이것은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 임의로 치환됨: 할로, 알킬, 알콕시, 알코올, 카복실,  $CN$ ,  $-SO_2-$ 알킬,  $-CF_3$ , 및  $-OCF_3$ ), 아릴 (이것은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 임의로 치환됨: 할로, 알킬, 아릴알킬, 알콕시, 알코올, 아릴옥시, 카복실, 아미노, 이미도, 아미도 (카바모일), 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 사이클릭 아미도,  $CN$ ,  $-NH-C(=O)-$ 알킬,  $-CF_3$ ,  $-OCF_3$ , 및  $C_1-C_{25}$  알킬로 임의로 치환된 아릴), 아릴알킬 (이것은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 임의로 치환됨: 할로, 알킬, 알콕시, 알코올, 아릴, 카복실,  $CN$ ,  $-SO_2-$ 알킬,  $-CF_3$ , 및  $-OCF_3$ ), 헤테로아릴 (이것은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 임의로 치환됨: 할로, 알킬, 알콕시, 알코올, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 카복실,  $CN$ ,  $-SO_2-$ 알킬,  $-CF_3$ , 및  $-OCF_3$ ), 할로 (예를 들면, 클로로, 브로모, 아이오도 및 플루오로), 시아노, 하이드록시, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 아미노, 이미도, 아미도,  $-CF_3$ ,  $C_1-C_{25}$  알콕시 (이것은 할로, 알킬, 알콕시, 아릴, 카복실,  $CN$ ,  $OH$ ,  $-SO_2-$ 알킬,  $-CF_3$ , 및  $-OCF_3$ 로 임의로 치환됨), 아릴옥시, 아실옥시, 설프하이드릴 (머캅토), 할로( $C_1-C_6$ )알킬,  $C_1-C_6$  알킬티오, 아릴티오, 모노- 및 디-( $C_1-C_6$ )알킬 아미노, 사급 암모늄 염, 아미노( $C_1-C_6$ )알콕시, 하이드록시( $C_1-C_6$ )알킬아미노, 아미노( $C_1-C_6$ )알킬티오, 시아노아미노, 니트로, 카바모일, 케토 (옥시), 카보닐, 카복시, 아실, 글라이콜릴, 글라이실, 히드라지노, 구아닐, 설파밀, 설포닐, 설피닐, 티오카보닐, 티오카복시, 설품아미드, 에스테르, C-아미드, N-아미드, N-카바메이트, O-카바메이트, 우레아 및 이들의 조합. 치환체가 "임의로 치환된"로서 기재될 때에, 상기 치환체는 상기 치환체로 치환될 수 있다.
- [0104] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 하기 일반식 (I)로 나타낸 염료이다:



[0105]

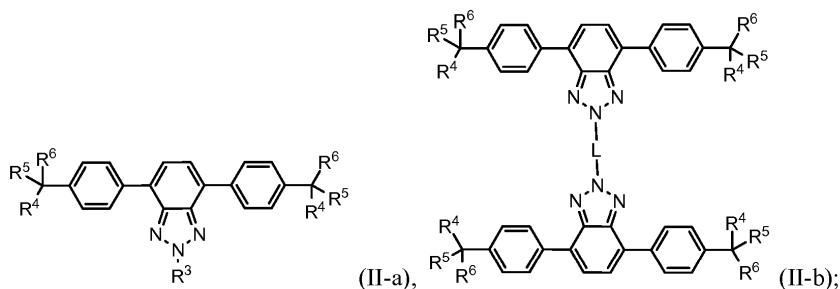
[0106]

여기서  $R_1$ ,  $R_2$ , 및  $R_3$ 은 및 알킬, 치환된 알킬, 또는 아릴을 포함한다. 일부 구현예에서,  $R_1$ ,  $R_2$ , 및  $R_3$ 은  $C_{1-10}$  알킬,  $C_{1-25}$  치환된 알킬, 또는  $C_{1-25}$  아릴이다. 일반식 (I)의 화합물의 예는 하기를 포함한다:



[0107]

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (II-a) 또는 (II-b)로 나타낸다:



[0109]

여기서  $R^3$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^3$ 은 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계이고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클로알킬, 또는 헤테로아릴이고;  $R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐, 임의로 치환된 에테르, 임의로 치환된 케톤, 임의로 치환된 설폰, 및 임의로 치환된 설폰아미드로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R^4$  및  $R^5$ ,  $R^4$  및  $R^6$ ,  $R^5$  및  $R^6$ , 또는  $R^4$  및  $R^5$  및  $R^6$ 은, 함께 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤�테로사이클로알킬, 또는 헤�테로아릴이고; 그리고 L은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 알킬렌, 및 임의로 치환된 헤테로알킬렌, 임의로 치환된 알키닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

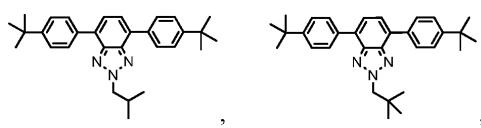
[0111]

일부 구현예에서, 식 II-a 및 식 II-b 중  $R^3$ 은  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬, 폴리사이클로알킬, 헤�테로사이클로알킬, 아릴알킬로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고  $R^3$ 은 임의의 하기 치환체 중 하나 이상으로 임의로 치환될 수 있고:  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤�테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬, 폴리사이클로알킬, 헤�테로사이클로알킬, 아릴, 헤�테로아릴, OH,  $C_mH_{2m+1}O$  에테르,  $C_mH_{2m+1}CO$  케톤,  $C_mH_{2m+1}CO_2$  카복실 에스테르,  $C_mH_{2m+1}OCO$  카복실 에스테르, ArO 아릴옥시, ArCO 아릴 케톤, 아릴-카복실산의  $ArCO_2$  에스테르, 페놀의

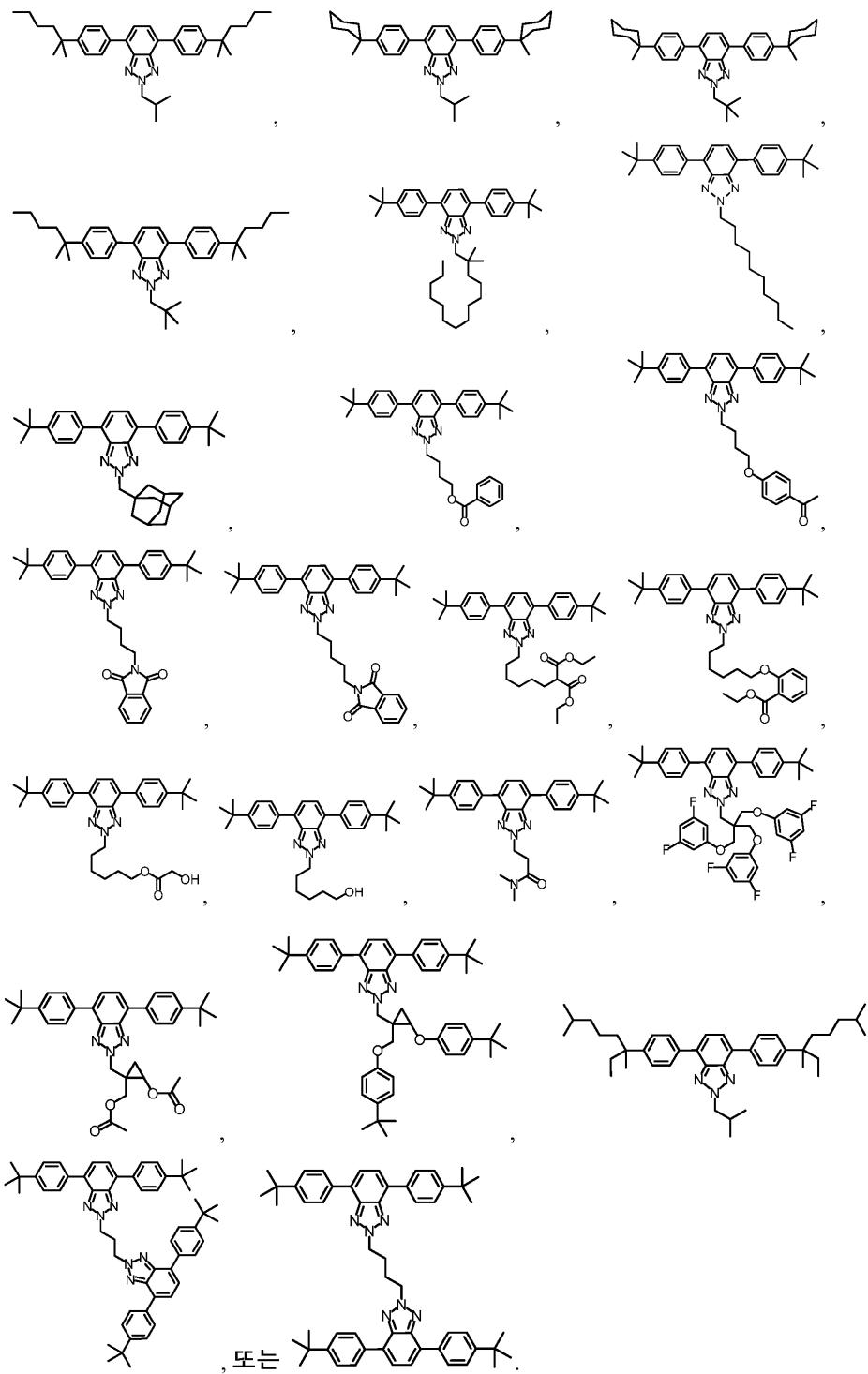
ArOCO 카복실 에스테르,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})N$  아민,  $c-(CH_2)_sN$  아민,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NCO$  아미드,  $c-(CH_2)_sNCO$  아미드,  $C_mH_{2m+1}CON(C_pH_{2p+1})$  아미드, CN,  $C_mH_{2m+1}SO_2$  설폰,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NSO_2$  설폰아미드,  $C_mH_{2m+1}SO_2N(C_pH_{2p+1})$  설폰아미드, 또는  $c-(CH_2)_sNSO_2$  설폰아미드, 여기서  $m$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $p$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $s$ 는 2 내지 6 범위의 정수이고, 그리고 Ar은 임의의 방향족 또는 헤테로방향족 고리이다. 식 II-a 및 식 II-b 중  $R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬, 폴리사이클로알킬, 헤테로사이클로알킬, 아릴, 헤테로아릴, 아릴알킬, 헤테로아릴알킬,  $CO_2C_mH_{2m+1}$  카복실 에스테르,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NCO$  아미드,  $c-(CH_2)_sNCO$  아미드,  $COC_mH_{2m+1}$  케톤,  $COAr$ ,  $SO_2C_mH_{2m+1}$  설폰,  $SO_2Ar$  설폰,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})SO_2$  설폰아미드,  $c-(CH_2)_sSO_2$  설폰아미드로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 그리고  $R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은 임의의 하기 치환체 중 하나 이상으로 독립적으로 임의로 치환되고:  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬, 폴리사이클로알킬, 헤테로사이클로알킬, 아릴, 헤테로아릴, OH,  $C_mH_{2m+1}O$  에테르,  $C_mH_{2m+1}CO$  케톤,  $C_mH_{2m+1}CO_2$  카복실 에스테르,  $C_mH_{2m+1}OCO$  카복실 에스테르, ArO 아릴옥시, ArCO 아릴 케톤, 아릴 카복실산의  $ArCO_2$  에스테르, 폐놀의 ArOCO 카복실 에스테르,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})N$  아민,  $c-(CH_2)_sN$  아민,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NCO$  아미드,  $c-(CH_2)_sNCO$  아미드,  $C_mH_{2m+1}CON(C_pH_{2p+1})$  아미드,  $C_mH_{2m+1}SO_2$  설폰,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NSO_2$  설폰아미드,  $C_mH_{2m+1}SO_2N(C_pH_{2p+1})$  설폰아미드, 또는  $c-(CH_2)_sNSO_2$  설폰아미드, 여기서  $m$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $p$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $s$ 는 2 내지 6 범위의 정수이고, 그리고 Ar은 임의의 방향족 또는 헤테로방향족 고리이다. 식 II-b 중 L은  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고 L은 임의의 하기 치환체 중 하나 이상으로 임의로 치환될 수 있고:  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬, 폴리사이클로알킬, 헤테로사이클로알킬, 아릴, 헤테로아릴, OH,  $C_mH_{2m+1}O$  에테르,  $C_mH_{2m+1}CO$  케톤,  $C_mH_{2m+1}CO_2$  카복실 에스테르,  $C_mH_{2m+1}OCO$  카복실 에스테르, ArO 아릴옥시, ArCO 아릴 케톤, 아릴-카복실산의  $ArCO_2$  에스테르, 폐놀의 ArOCO 카복실 에스테르,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})N$  아민,  $c-(CH_2)_sN$  아민,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NCO$  아미드,  $c-(CH_2)_sNCO$  아미드,  $C_mH_{2m+1}CON(C_pH_{2p+1})$  아미드, CN,  $C_mH_{2m+1}SO_2$  설폰,  $(C_mH_{2m+1})(C_pH_{2p+1})NSO_2$  설폰아미드,  $C_mH_{2m+1}SO_2N(C_pH_{2p+1})$  설폰아미드, 또는  $c-(CH_2)_sNSO_2$  설폰아미드, 여기서  $m$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $p$ 은 1 내지 20 범위의 정수이고,  $s$ 는 2 내지 6 범위의 정수이고, 그리고 Ar은 임의의 방향족 또는 헤테로방향족 고리이다.

[0112] 일부 구현예에서, 식 II-a 및 식 II-b 중  $R^3$ 은  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬,  $C_{5-25}$  폴리사이클로알킬,  $C_{1-25}$  헤테로사이클로알킬,  $C_{1-25}$  아릴알킬로 이루어진 군으로부터 선택되고;  $R^4$ ,  $R^5$ , 및  $R^6$ 은 임의의 하기 치환체 중 하나 이상으로 독립적으로 임의로 치환된다:  $C_{1-25}$  알킬,  $C_{1-25}$  헤테로알킬,  $C_{2-25}$  알케닐,  $C_{3-25}$  사이클로알킬,  $C_{1-25}$  아릴, 및  $C_{1-25}$  헤테로아릴.

[0113] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단은 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다:



[0114]



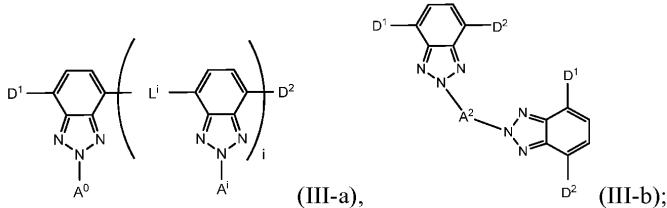
[0115]

[0116]

[0117]

식 III-a 및 III-b

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 상기 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (III-a) 또는 (III-b)로 나타낸다:



[0118]

[0119] 여기서  $D^1$  및  $D^2$ 는 전자 공여기이고,  $L^i$ 는 전자 공여체 링커이고, 그리고  $A^0$  및  $A^i$ 는 전자 수용체기이다. 일부 구현예에서, 1 초과의 전자 공여체기가 존재하는 경우, 다른 전자 공여체기는 또 하나의 전자 공여체, 수소 원자, 또는 또 하나의 중립 치환체에 의해 겸거될 수 있다. 일부 구현예에서,  $D^1$ ,  $D^2$ , 및  $L^i$  중 적어도 하나는 이것이 부착되는 2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸계의 전자 밀도를 증가시키는 기이다.

[0120]

식 III-a 및 III-b에서,  $i$ 는 0 내지 100 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0 내지 50, 0 내지 30, 0 내지 10, 0 내지 5, 또는 0 내지 3 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.

[0121]

식 III-a 및 III-b에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0122]

일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알킬, 및 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알케닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서 상기 임의로 치환된 헤�테로아릴에 대한 치환체는 알킬, 아릴 및 할로겐으로 이루어진 군으로부터 선택되고; 임의로 치환된 아릴에 대한 치환체는  $-NR^7-C(=O)R^8$  또는 임의로 치환된 사이클릭 이미도이고, 여기서 여기서  $R^7$ 은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 알카릴로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고  $R^8$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^7$  및  $R^8$ 는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있다.

[0123]

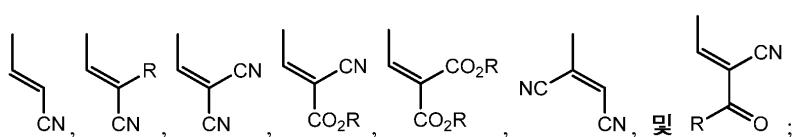
일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 독립적으로  $-NR^7-C(=O)R^8$  및 임의로 치환된 사이클릭 이미도로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티로 치환된 페닐이고, 여기서  $R^7$  및  $R^8$ 은 상기에서 기재된 바와 같다.

[0124]

일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 헤테로아릴 또는 임의로 치환된 사이클릭 이미도이고; 여기서 임의로 치환된 헤�테로아릴 및 임의로 치환된 사이클릭 이미도에 대한 상기 치환체는 알킬, 아릴 및 할로겐으로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다: 임의로 치환된 피리디닐, 임의로 치환된 피리다지닐, 임의로 치환된 피리미디닐, 임의로 치환된 피라지닐, 임의로 치환된 트리아지닐, 임의로 치환된 퀴놀리닐, 임의로 치환된 이소퀴놀리닐, 임의로 치환된 퀴나졸리닐, 임의로 치환된 프탈라지닐, 임의로 치환된 퀴녹살리닐, 임의로 치환된 나프티리디닐, 및 임의로 치환된 퓨리닐.

[0125]

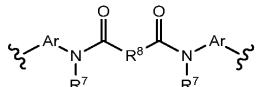
다른 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 알킬이다. 다른 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  각각은 임의로 치환된 알케닐이다. 일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^i$  중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다:



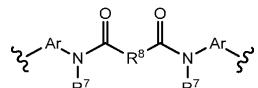
[0126]

여기서 R은 임의로 치환된 알킬이다.

[0128] 식 III-a 및 III-b에서,  $A^2$ 는 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로



치환된 헤테로아릴렌, 케톤, 에스테르, 및  $\text{R}^7$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고; 여기서 Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤�테로아릴이다.  $R^7$ 은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤�테로아릴, 아랄킬, 알카렐로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고  $R^8$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^7$  및  $R^8$ 는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있다.



[0129] 일부 구현예에서,  $A^2$ 은 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌, 및  $\text{R}^7$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고, 여기서 Ar,  $R^7$  및  $R^8$ 은 상기에서 기재된 바와 같다.

[0130] 식 III-a 및 III-b에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니다.

[0131] 일부 구현예에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 수소, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 및 아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니다. 일부 구현예에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 수소, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 및 디페닐아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니다.

[0132] 일부 구현예에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 독립적으로 임의로 치환된 아릴이다. 일부 구현예에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 독립적으로 알콕시 또는 아미노에 의해 임의로 치환된 페닐이다. 다른 구현예에서,  $D^1$  및  $D^2$  각각은 수소, 임의로 치환된 벤조푸라닐, 임의로 치환된 티오페닐, 임의로 치환된 푸라닐, 디하이드로티에노디옥시닐, 임의로 치환된 벤조티오페닐, 및 임의로 치환된 디벤조티오페닐로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $D^1$  및  $D^2$  둘 모두는 수소가 아니다.

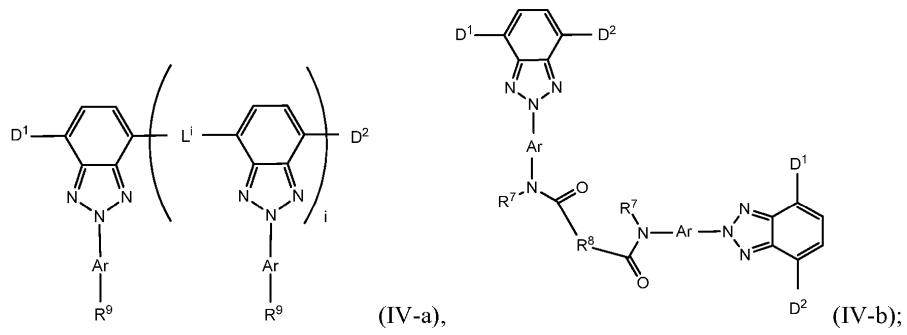
[0133] 일부 구현예에서, 임의로 치환된 아릴 및 임의로 치환된 헤�테로아릴에 대한 치환체는 알콕시, 아릴옥시, 아릴, 헤�테로아릴, 및 아미노로 구성된 군으로부터 선택될 수 있다.

[0134] 식 III-a 및 III-b에서,  $L^i$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알카닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서,  $L^i$ 은 임의로 치환된 헤�테로아릴렌 및 임의로 치환된 아릴렌으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0135] 일부 구현예에서,  $L^i$  중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고: 1,2-에틸렌, 아세틸렌, 1,4-페닐렌, 1,1'-바이페닐-4,4'-디일, 나프탈렌-2,6-디일, 나프탈렌-1,4-디일, 9H-플루오렌-2,7-디일, 페릴렌-3,9-디일, 페릴렌-3,10-디일, 또는 페렌-1,6-디일, 1H-페롤-2,5-디일, 푸란-2,5-디일, 티오펜-2,5-디일, 티에노[3,2-b]티오펜-2,5-디일, 벤조[c]티오펜-1,3-디일, 디벤조[b,d]티오펜-2,8-디일, 9H-카보졸-3,6-디일, 9H-카보졸-2,7-디일, 디벤조[b,d]푸란-2,8-디일, 10H-페노티아진-3,7-디일, 및 10H-페노티아진-2,8-디일; 여기서 각각의 모이어티는 임의로 치환된다.

[0136] 식 IV-a 및 IV-b

[0137] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 상기 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (IV-a) 또는 (IV-b)로 나타낸다:

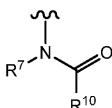


[0138]

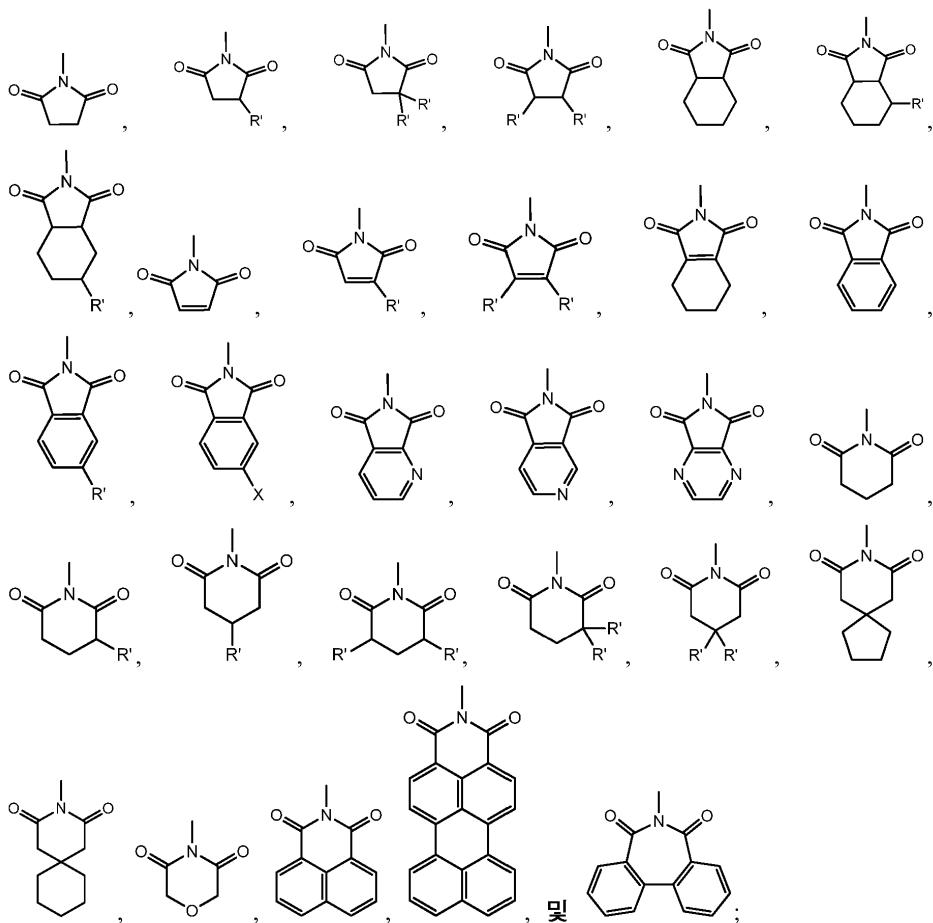
여기서  $i$ 는 0 내지 100 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0 내지 50, 0 내지 30, 0 내지 10, 0 내지 5, 또는 0 내지 3 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.

[0140]

식 IV-a 및 IV-b에서, Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤테로아릴이다. 일부 구현예에서, 2H-벤조[ $d$ ][1,2,3]트리아졸 고리계의 N-2 위치에서 아미도 또는 사이클릭 아미도기로 치환된 아릴은 예기치 못한 및 개선된 이점을 제공한다.

식 IV-a 및 IV-b에서,  $R^9$ 은  또는 임의로 치환된 사이클릭 아미도이고;  $R^7$  각각은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 알카릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;  $R^{10}$  각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R^7$  및  $R^{10}$ 는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있다.

[0142] 일부 구현예에서, R<sup>9</sup>은 하기로 구성된 군으로부터 선택된 임의로 치환된 사이클릭 이미도이다:



[0143]

[0144] 및 여기서 R' 각각은 임의로 치환된 알킬 또는 임의로 치환된 아릴이고; 그리고 X는 임의로 치환된 헤테로알킬이다.

[0145]

식 IV-a 및 IV-b에서, R<sup>8</sup>은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0146]

식 IV-a 및 IV-b에서, D<sup>1</sup> 및 D<sup>2</sup> 각각은 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단, D<sup>1</sup> 및 D<sup>2</sup> 둘 모두는 수소가 아니다.

[0147]

식 IV-a 및 IV-b에서, L<sup>i</sup>은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알키닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0148]

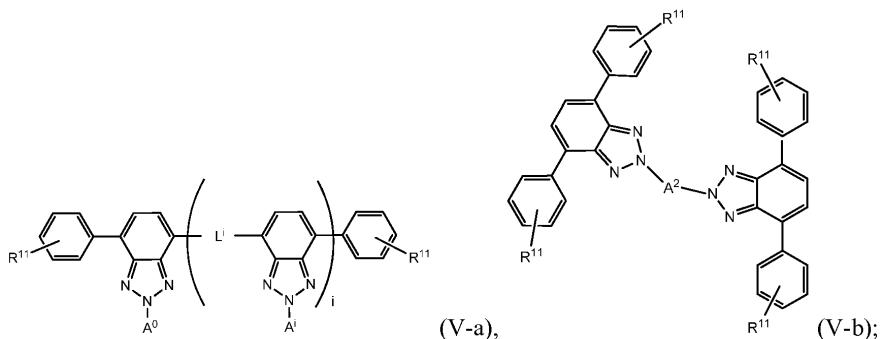
일부 구현예에서, L<sup>i</sup> 중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고: 1,2-에틸렌, 아세틸렌, 1,4-페닐렌, 1,1'-바이페닐-4,4'-디일, 나프탈렌-2,6-디일, 나프탈렌-1,4-디일, 9H-플루오렌-2,7-디일, 페릴렌-3,9-디일, 페릴렌-3,10-디일, 또는 페렌-1,6-디일, 1H-페롤-2,5-디일, 푸란-2,5-디일, 티오펜-2,5-디일, 티에노[3,2-b]티오펜-2,5-디일, 벤조[c]티오펜-1,3-디일, 디벤조[b,d]티오펜-2,8-디일, 9H-카보졸-3,6-디일, 9H-카보졸-2,7-디일, 디벤조[b,d]푸란-2,8-디일, 10H-페노티아진-3,7-디일, 및 10H-페노티아진-2,8-디일; 여기서 각각의 모이어티는 임의로 치환된다.

[0149]

식 V-a 및 V-b

[0150]

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 상기 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (V-a) 또는 (V-b)으로 나타낸다:



[0151]

[0152]

C-4 및 C-7 위치에서 치환된 페닐을 따라 2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 고리계의 N-2 위치에서 식 (V-a) 및 (V-b) 중 알킬기의 배치는 예기치 못한 및 개선된 이점을 제공한다. 식 V-a 및 V-b에서, *i*는 0 내지 100 범위의 정수이다. 일부 구현예에서, *i*는 0 내지 50, 0 내지 30, 0 내지 10, 0 내지 5, 또는 0 내지 3 범위의 정수이다. 일부 구현예에서, *i*는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.

[0153]

식 V-a 및 V-b에서,  $A^0$  및  $A^1$  각각은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카보닐, 및 임의로 치환된 카복시로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0154]

일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^1$  각각은 독립적으로 비치환된 알킬 또는 하기로 구성된 군으로부터 선택된 모이어티에 의해 치환된 알킬이고: -NRR", -OR, -COOR, -COR, -CONHR, -CONRR", 할로 및 -CN; 여기서 R은  $C_1$ - $C_{20}$  알킬이고, 및 R"는 수소 또는  $C_1$ - $C_{20}$  알킬이다. 일부 구현예에서, 임의로 치환된 알킬은 임의로 치환된  $C_1$ - $C_{40}$  알킬일 수 있다. 일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^1$  각각은 독립적으로  $C_1$ - $C_{40}$  알킬 또는  $C_1$ - $C_{20}$  할로알킬이다.

[0155]

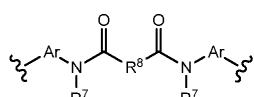
일부 구현예에서,  $A^0$  및  $A^1$  각각은 독립적으로  $C_1$ - $C_{20}$  할로알킬,  $C_1$ - $C_{40}$  아릴알킬, 또는  $C_1$ - $C_{20}$  알케닐이다.

[0156]

식 V-a 및 V-b에서, 각각의  $R^{11}$ 은 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 및 아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 각각의  $R^{11}$ 은 임의로 치환된  $C_1$ - $C_{20}$  알콕시, 임의로 치환된  $C_1$ - $C_{20}$  아릴옥시, 임의로 치환된  $C_1$ - $C_{20}$  아실옥시, 및  $C_1$ - $C_{20}$  아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서,  $R^{11}$ 은 오르쏘 및/또는 파라 위치에서 페놀 고리에 부착될 수 있다. 일부 구현예에서,  $R^{11}$ 은 식  $OC_nH_{2n+1}$ 으로 나타낸 알콕시일 수 있고, 여기서  $n = 1$ -40. 일부 구현예에서,  $R^{11}$ 은 하기 식:  $ArO$  또는  $O-CR-OAr$ 으로 나타낸 아릴옥시일 수 있고, 여기서 R은 알킬, 치환된 알킬, 아릴, 또는 헤테로아릴이고, 및 Ar은 임의의 치환 또는 비치환된 아릴, 또는 치환 또는 비치환된 헤테로아릴이다. 일부 구현예에서,  $R^{11}$ 은 식  $OCOC_nH_{2n+1}$ 로 나타낸 아실옥시일 수 있고, 여기서  $n = 1$ -40.

[0157]

식 V-a 및 V-b에서,  $A^2$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환



된 헤테로아릴렌, 케톤, 에스테르, 및  $R^7$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고; 여기서 Ar은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 헤테로아릴이고,  $R^7$ 은 H, 알킬, 알케닐, 아릴, 헤테로아릴, 아랄킬, 및 알카릴로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고  $R^8$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택되거나; 또는  $R^7$  및

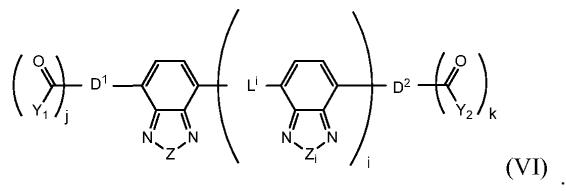
$R^8$ 는 함께 연결되어 고리를 형성할 수 있다. 일부 구현예에서,  $R^7$ 은 H,  $C_1-C_{20}$  알킬,  $C_1-C_{20}$  알케닐,  $C_1-C_{20}$  아릴,  $C_1-C_{20}$  헤테로아릴,  $C_1-C_{20}$  아랄킬, 및  $C_1-C_{20}$  알카릴로 이루어진 군으로부터 선택되고; 그리고  $R^8$ 은 임의로 치환된  $C_1-C_{20}$  알킬렌, 임의로 치환된  $C_1-C_{20}$  알케닐렌, 임의로 치환된  $C_1-C_{20}$  아릴렌, 임의로 치환된  $C_1-C_{20}$  헤�테로아릴렌, 케톤, 및 에스테르로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0158] 식 V-a 및 V-b에서,  $L^i$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알카닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0159] 일부 구현예에서,  $L^i$  중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고: 1,2-에틸렌, 아세틸렌, 1,4-페닐렌, 1,1'-바이페닐-4,4'-디일, 나프탈렌-2,6-디일, 나프탈렌-1,4-디일, 9H-플루오렌-2,7-디일, 페릴렌-3,9-디일, 페릴렌-3,10-디일, 또는 피렌-1,6-디일, 1H-페롤-2,5-디일, 푸란-2,5-디일, 티오펜-2,5-디일, 티에노[3,2-b]티오펜-2,5-디일, 벤조[c]티오펜-1,3-디일, 디벤조[b,d]티오펜-2,8-디일, 9H-카보졸-3,6-디일, 9H-카보졸-2,7-디일, 디벤조[b,d]푸란-2,8-디일, 10H-페노티아진-3,7-디일, 및 10H-페노티아진-2,8-디일; 여기서 각각의 모이어티는 임의로 치환된다.

[0160] 식 VI

[0161] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (VI)로 나타낸다:



[0162]

[0163] 여기서  $i$ 는 0 내지 100 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0 내지 50, 0 내지 30, 0 내지 10, 0 내지 5, 또는 0 내지 3 범위의 정수이다. 일부 구현예에서,  $i$ 는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.

[0164] 식 VI에서,  $Z$  및  $Z_i$  각각은  $-O-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ ,  $-Te-$ ,  $-NR^6-$ ,  $-CR^6=CR^6-$ , 및  $-CR^6=N-$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $R^6$ 는 수소, 임의로 치환된  $C_1-C_6$  알킬, 또는 임의로 치환된  $C_1-C_{10}$  아릴이고; 그리고

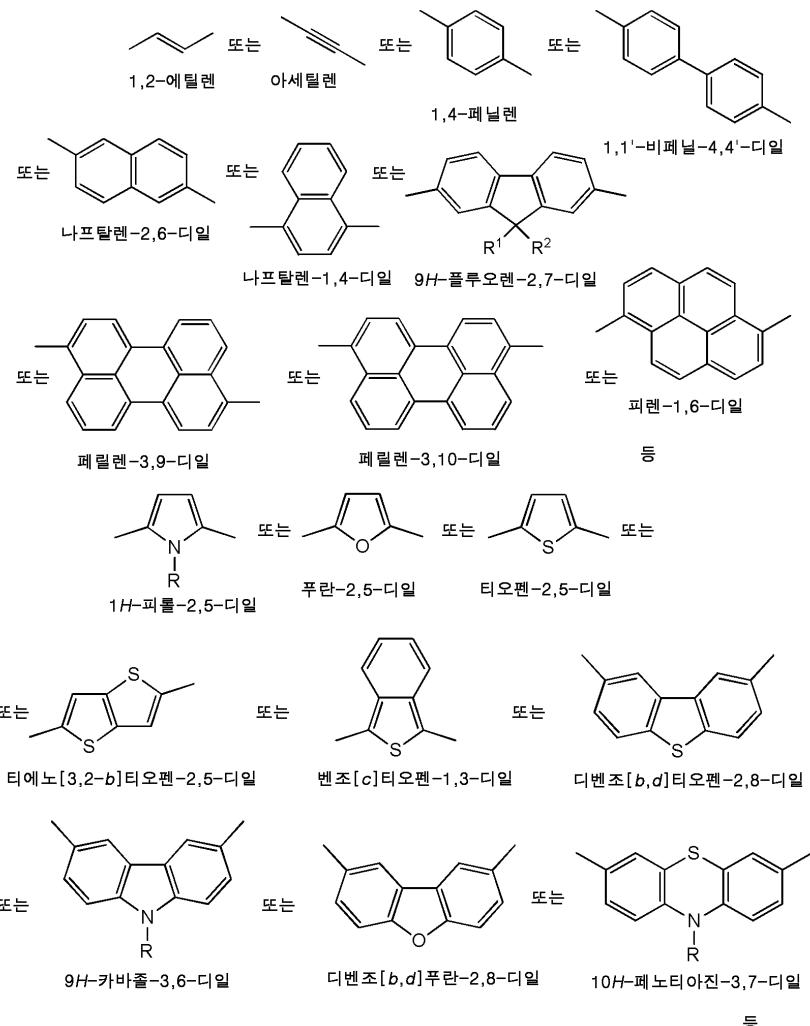
[0165] 식 VI에서,  $D^1$  및  $D^2$ 은 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 이미도로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고;  $j$ 는 0, 1 또는 2이고, 그리고  $k$ 는 0, 1, 또는 2이다. 일부 구현예에서,  $-C(=O)Y_1$  및  $-C(=O)Y_2$ 기는  $D^1$  및  $D^2$ 에 대한 임의로 치환된 모이어티의 치환체(들)에 부착될 수 있다.

[0166] 식 VI에서,  $Y_1$  및  $Y_2$ 은 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 아미노로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 그리고

[0167] 식 VI에서,  $L^i$ 은 임의로 치환된 알킬렌, 임의로 치환된 알케닐렌, 임의로 치환된 알카닐렌, 임의로 치환된 아릴렌, 임의로 치환된 헤�테로아릴렌로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0168] 일부 구현예에서,  $L^i$  중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택되고: 1,2-에틸렌, 아세틸렌, 1,4-페닐렌, 1,1'-바이페닐-4,4'-디일, 나프탈렌-2,6-디일, 나프탈렌-1,4-디일, 9H-플루오렌-2,7-디일, 페릴렌-3,9-디일, 페릴렌-3,10-디일, 또는 피렌-1,6-디일, 1H-페롤-2,5-디일, 푸란-2,5-디일, 티오펜-2,5-디일, 티에노[3,2-b]티오펜-2,5-디일, 벤조[c]티오펜-1,3-디일, 디벤조[b,d]티오펜-2,8-디일, 9H-카보졸-3,6-디일, 9H-카보졸-2,7-디일, 디벤조[b,d]푸란-2,8-디일, 10H-페노티아진-3,7-디일, 및 10H-페노티아진-2,8-디일; 여기서 각각의 모이어티는 임의로 치환된다.

[0169] 상기의 임의의 식 중  $L^i$ 에 대해, 전자 링커는 접합된 전자계를 나타내고, 이것은 중성이거나 전자 공여체 자체로서 쓰일 수 있다. 일부 구현예에서, 일부 예는 아래에서 제공되고, 추가의 부착된 치환체를 함유하거나 그렇지 않을 수 있다.

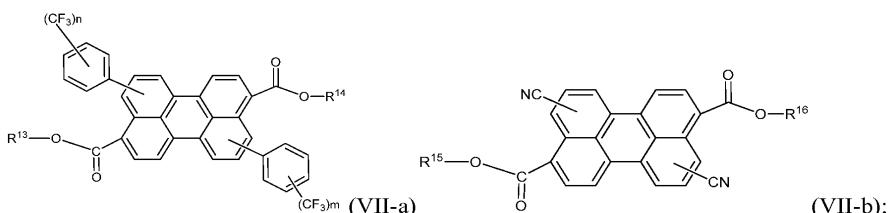


[0170]

[0171] 식 VII-a 및 VII-b

[0172]

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 상기 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (VII-a) 또는 (VII-b)로 나타낸다:



[0173]

[0174] 여기서 식 (VII-a) 중  $R^{13}$  및  $R^{14}$  각각은 수소,  $C_1-C_{10}$  알킬,  $C_3-C_{10}$  사이클로알킬,  $C_1-C_{10}$  알콕시,  $C_6-C_{18}$  아릴, 및  $C_6-C_{20}$  아랄킬로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 식 (VII-a) 중  $m$  및  $n$  각각은 독립적으로 1 내지 5의 범위이고; 그리고 식 (VII-b) 중  $R^{15}$  및  $R^{16}$  각각은  $C_6-C_{18}$  아릴 및  $C_6-C_{20}$  아랄킬로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 식 (VII-b) 상의 시아노기 중의 하나가 페릴렌 고리의 4-위치 상에 존재하면, 이때 다른 시아노기는 페릴렌 고리의 10-위치 상에 존재하지 않는다. 일부 구현예에서, 식 (VII-b) 상의 시아노기 중

하나가 페릴렌 고리의 10-위치 상에 존재하면, 이때 다른 시아노기는 페릴렌 고리의 4-위치 상에 존재하지 않는다.

일부 구현예에서,  $R^{13}$  및  $R^{14}$ 은 수소,  $C_1$ - $C_6$  알킬,  $C_2$ - $C_6$  알콕시알킬, 및  $C_6$ - $C_{18}$  아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서,  $R^{13}$  및  $R^{14}$  각각은 이소프로필, 이소부틸, 이소헥실, 이소옥틸, 2-에틸-헥실, 디페닐메틸, 트리틸, 및 디페닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서,  $R^{15}$  및  $R^{16}$ 은 디페닐메틸, 트리틸, 및 디페닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 식 (VII-a) 중 각각의  $m$  및  $n$ 은 독립적으로 1 내지 4의 범위이다.

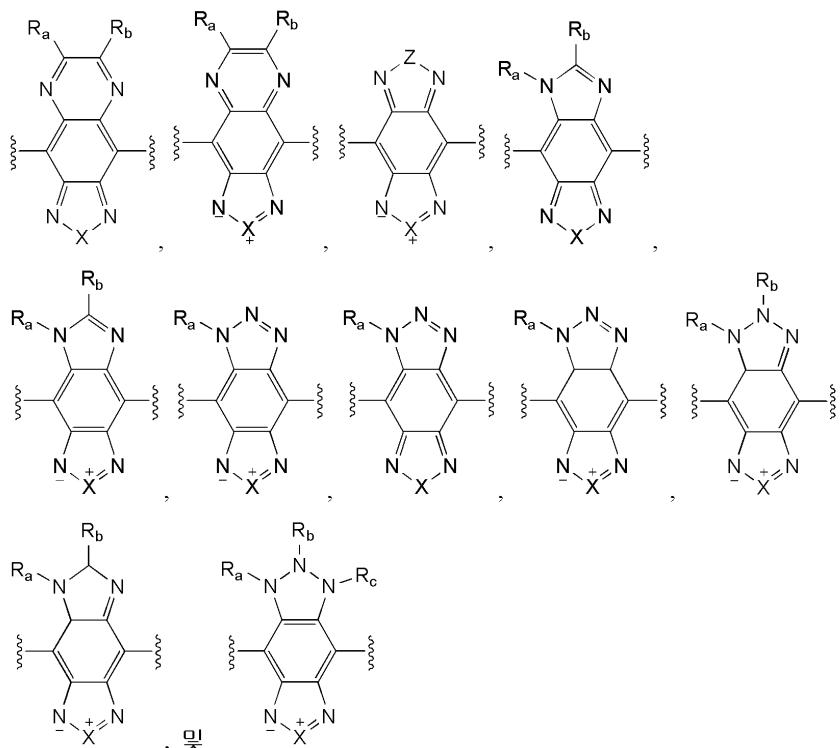
일반식 (VII-a) 또는 일반식 (VII-b)로 나타낸 페릴렌 디에스테르 유도체는 공지된 방법, 예컨대 국제공개번호 WO 2012/094409 (이들의 내용을 그 전체가 참고로 편입되어 있음)에서 기재된 것들에 의해 만들어 질 수 있다.

## 식 VIII

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 밸색단 또는 제 2 유기 광안정성 밸색단 중 적어도 하나는 식 (VIII)로 나타낸다:



여기서 Het는 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다:



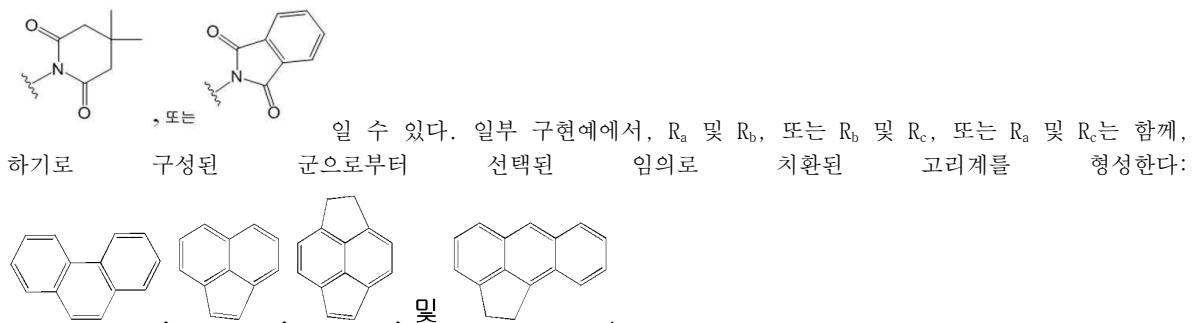
, 여기서  $i$ 는 0 또는 1 내지 100 범위의 정수이고,  $X$ 는  $-N(A_0)-$ ,  $-0-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ , 및  $-Te-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고, 그리고  $Z$ 는  $-N(R_i)-$ ,  $-0-$ ,  $-S-$ ,  $-Se-$ , 및  $-Te-$ 로 이루어진 군으로부터 선택된다.

식 VIII 중 각각의  $A_0$ 은 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아실, 임의로 치환된 카복시 및 임의로 치환된 카보닐로 이루어진 군으로부터 선택된다.

식 VIII의 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케

닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이다.

[0185] 일부 구현예에서, 식 VIII의 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알킬, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴, 및 임의로 치환된  $C_{6-10}$  헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 식 VIII의 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소,  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤�테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤�테로아릴 각각은 임의로 치환된  $C_{3-10}$  사이클로알킬, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알콕시, 할로, 시아노, 카복실, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴옥시,



[0186]  $D_1$  및  $D_2$ 는 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 아실옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 아미도,  $-아릴-NR'R''$ ,  $-아릴-아릴-NR'R''$ , 및  $-헤테로아릴-헤테로아릴-R'$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 및 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 단,  $D_1$  및  $D_2$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

[0187] 일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 여기서  $D_1$  및  $D_2$  각각은 알콕시아릴,  $-아릴-NR'R''$ , 및  $-아릴-아릴-NR'R''$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 알킬, 및 알킬, 알콕시, 또는  $-C(=O)R$ 에 의해 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R$ 은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 알킬이거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는,  $N$ 이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤테로사이클릭 고리를 형성한다.

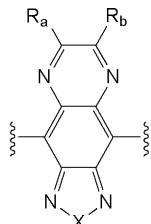
[0188] 일부 구현예에서, 식 VIII의 각각의  $D_1$  및  $D_2$ 는 독립적으로  $C_{6-10}$  아릴 또는 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴이다.  $C_{6-10}$  아릴에 대한 치환체(들)은  $-NR'R''$ ,  $-C_{6-10}$  아릴- $NR'R''$ ,  $C_{1-8}$  알킬 및  $C_{1-8}$  알콕시로 구성된 군으로부터 선택될 수 있고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{1-8}$  알콕시,  $C_{6-10}$  아릴,  $C_{6-10}$  아릴- $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴- $C_{1-8}$  알콕시, 및  $C_{6-10}$  아릴- $C(=O)R$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $R$ 은 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알킬, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알콕시 또는 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴이거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는,  $N$ 이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤�테로사이클릭 고리를 형성한다.

[0189] 식 VIII의  $L$ 은 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 아미노, 아미도, 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 아실, 카복시로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 단,  $L$ 은 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

[0190] 일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 여기서  $L$ 은 할로알킬, 알킬아릴, 알킬 치환된 헤테로아릴, 아릴알킬, 헤테로아미노, 헤�테로사이클릭 아미노, 사이클로아미노, 사이클로이미도, 아릴옥시, 아실옥시, 알킬아

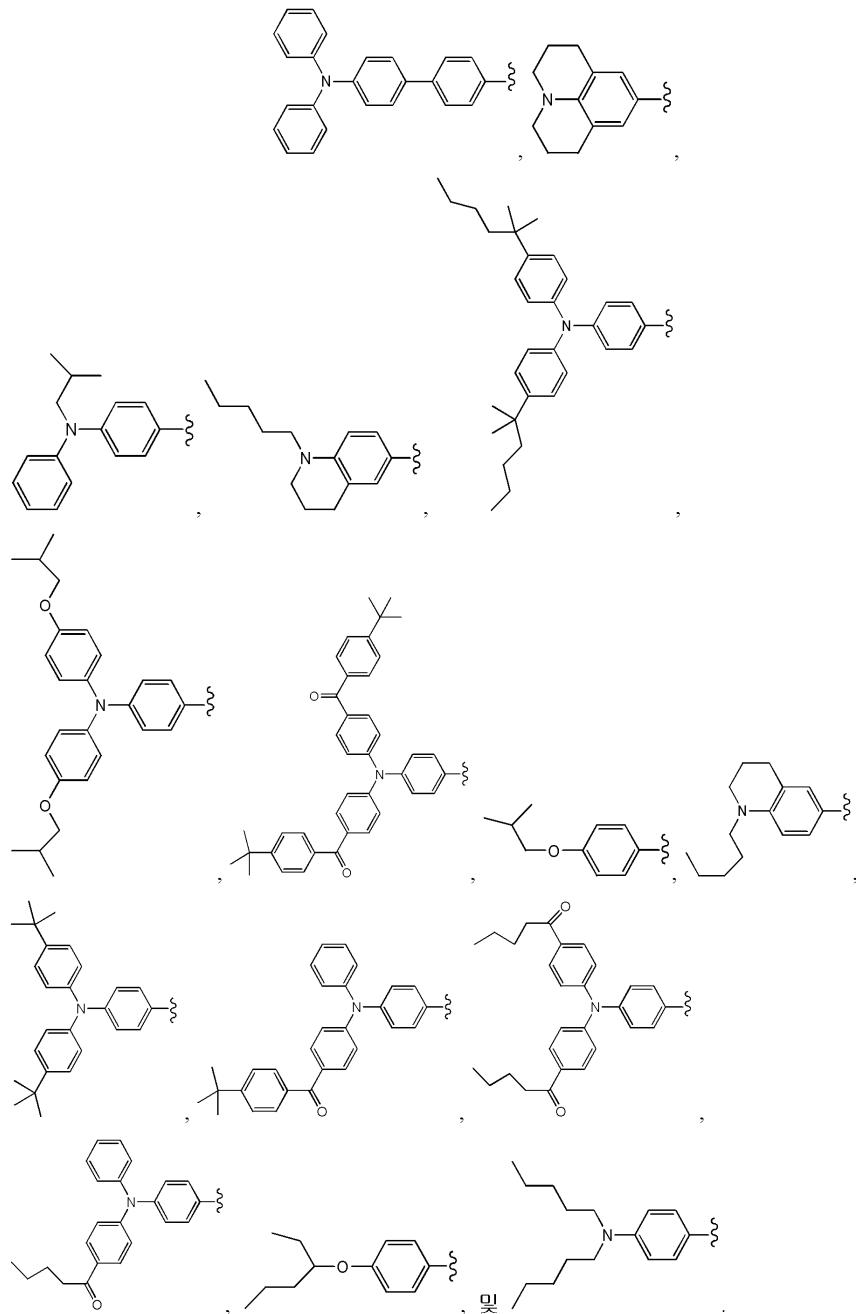
실, 아릴아실, 알킬카복시, 아릴카복시, 임의로 치환된 페닐, 및 임의로 치환된 나프탈로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 단, Het가



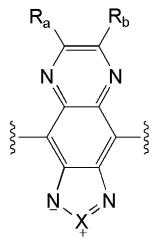
일 때,

$R_a$  및  $R_b$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$  은 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:



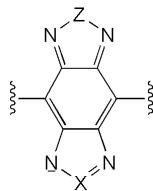
[0194]

[0195] 일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 단, Het가

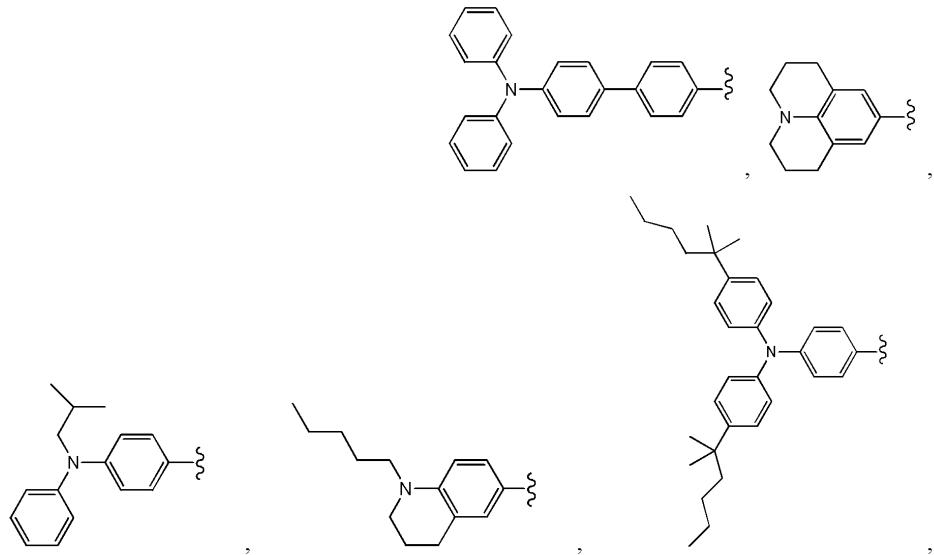


[0196] 일 때,  $R_a$  및  $R_b$  둘 모두는 수소가 아니다.

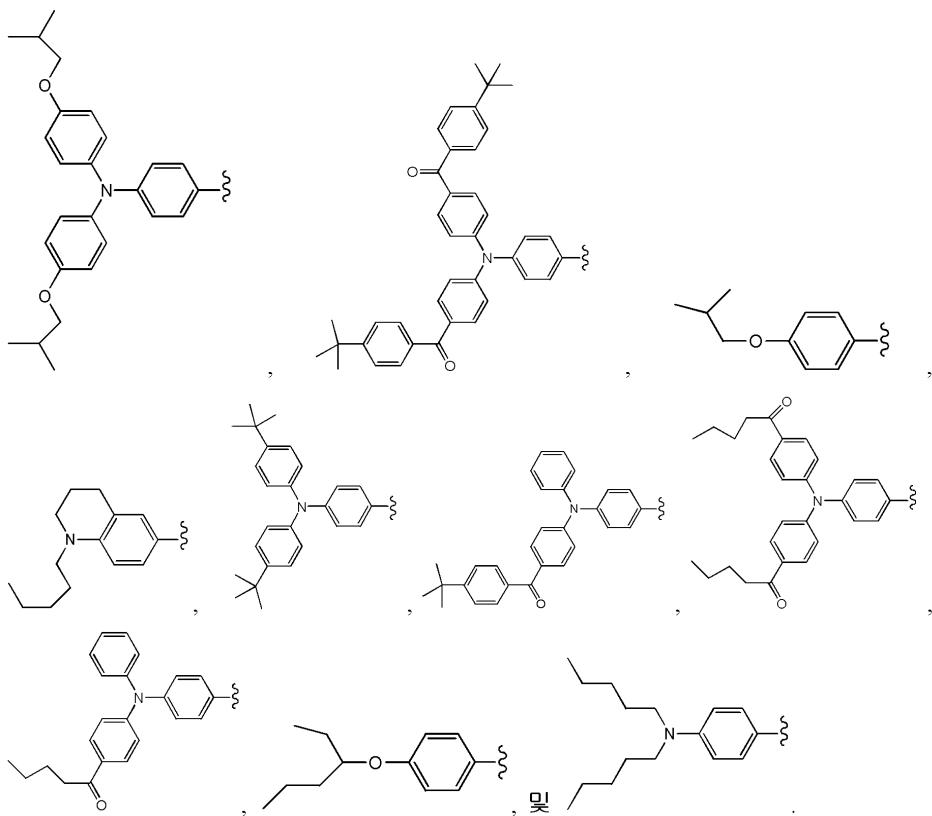
[0197] 일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 여기서 Het는



[0198] 이고,  $X$ 는  $-N(A_0)-$  및  $-Se-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고,  $Z$ 는  $-N(R_a)-$  및  $-S-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고,  $D_1$  및  $D_2$ 는 다음으로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:



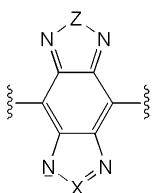
[0199]



[0200]

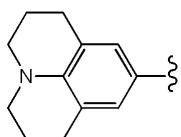
[0201]

일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 여기서 Het는

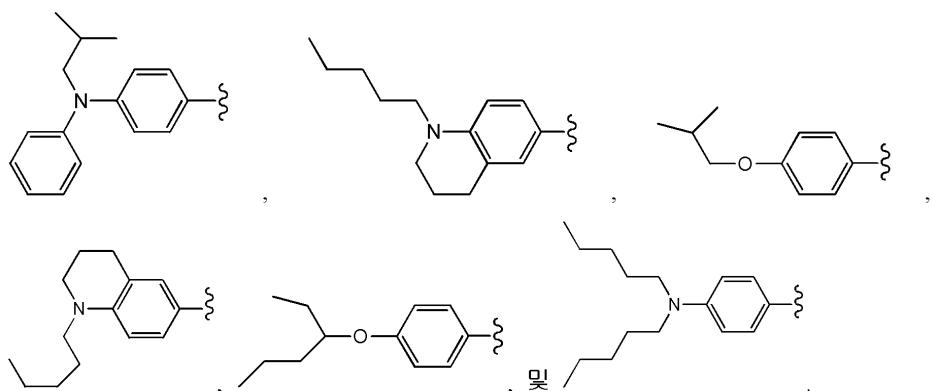


[0202]

↑  
이고, 그리고 X는  $-S-$  및  $-Se-$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고, Z는  $-S-$ 이고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:

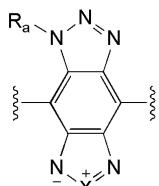


[0203]



[0204]

[0205] 일부 구현예에서, 발색단은 식 VIII로 나타내고, 여기서 Het는

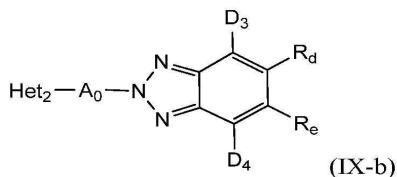


[0206] 이고, 그리고 여기서 D<sub>1</sub> 및 D<sub>2</sub>는 하이드록시, 또는 아니고, 그리고 D<sub>1</sub> 및 D<sub>2</sub>는 브로를 포함하지 않는다.

[0207] 식 VIII에서, i는 0 또는 1 내지 100 범위의 정수이다. 일부 구현예에서, i는 0 또는 1 내지 50, 1 내지 30, 1 내지 10, 1 내지 5, 또는 1 내지 3 범위의 정수이다. 일부 구현예에서, i는 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9, 또는 10이다.

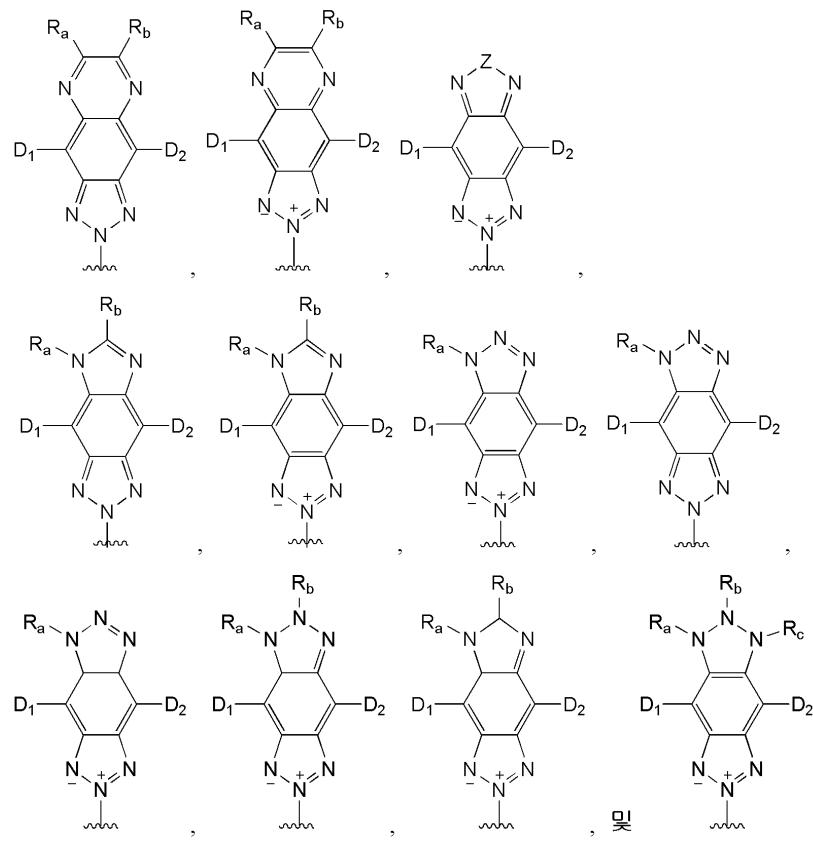
[0208] 식 IX-a 및 IX-b

[0209] 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (IX-a) 또는 (IX-b)로 나타낸다:



[0210] Het<sub>2</sub>-A<sub>0</sub>-Het<sub>2</sub> (IX-a),

[0211] 여기서 Het<sub>2</sub>는 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다:



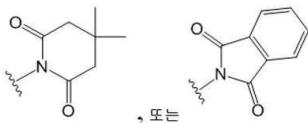
[0212] 여기서 Z는 -N(R<sub>a</sub>)-, -O-, -S-, -Se-, 및 -Te-로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0214]

식 IX-a 및 식 IX-b 중 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이다.

[0215]

일부 구현예에서, 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는 수소, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알킬, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴, 및 임의로 치환된  $C_{6-10}$  헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 식 (IX-a) 및 식 (IX-b)의 각각의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소,  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤�테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤�테로아릴 각각은 임의로 치환된  $C_{3-10}$  사이클로알킬, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알콕시, 할로, 시아노, 카복실, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴옥시,



에 의해 임의로 치환될 수 있다. 일부 구현예에서,  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는



$R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 하기로 구성된 군으로부터 선택된 임의로 치환된 고리계를 형성한다:



[0216]

식 IX-a 및 식 IX-b 중 각각의  $R_d$  및  $R_e$ 는 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤�테로알킬, 임의로 치환된 헤�테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_d$  및  $R_e$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤�테로사이클릴, 또는 헤�테로아릴이다.

[0217]

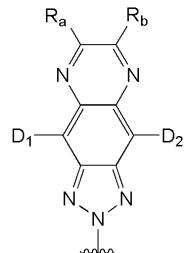
식 IX-a 및 식 IX-b 중 각각의  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , 및  $D_4$ 는 독립적으로  $C_{6-10}$  아릴 또는 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴이다.  $C_{6-10}$  아릴 상의 치환체(들)은  $-NR'R''$ ,  $-C_{6-10}NR'R''$ ,  $C_{1-8}$  알킬 및  $C_{1-8}$  알콕시로 구성된 군으로부터 선택될 수 있고, 여기서  $R'$  및  $R''$ 는  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{1-8}$  알콕시,  $C_{6-10}$  아릴,  $C_{6-10}$  아릴- $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴- $C_{1-8}$  알콕시, 및  $C_{6-10}$  아릴- $C(=O)R$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $R$ 은 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알킬, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알콕시 또는 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴이거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는,  $N$ 이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤�테로사이클릭 고리를 형성한다.

[0218]

일부 구현예에서, 발색단은 식 IX-a 또는 식 IX-b로 나타내고, 여기서  $D_1$  및  $D_2$  각각은 알콕시아릴,  $-$ 아릴- $NR'R''$ , 및  $-$ 아릴- $NR'R''$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 알킬, 및 알킬, 알콕시, 또는  $-C(=O)R$ 에 의해 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R$ 은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 알킬이거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는,  $N$ 이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤�테로사이클릭 고리를 형성한다.

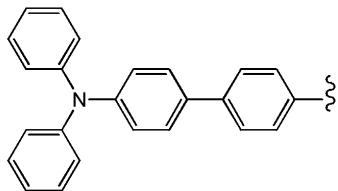
[0219]

일부 구현예에서, 식 IX-a 및 식 IX-b 중 각각의 D<sub>1</sub>, D<sub>2</sub>, D<sub>3</sub>, 및 D<sub>4</sub>는 독립적으로 C<sub>6-10</sub> 아릴 또는 임의로 치환된 C<sub>6-10</sub> 아릴이다. C<sub>6-10</sub> 아릴 상의 치환체(들)은 -NR'R'', -C<sub>6-10</sub> 아릴-NR'R'', C<sub>1-8</sub> 알킬 및 C<sub>1-8</sub> 알콕시로 구성된 군으로부터 선택될 수 있고, 여기서 R' 및 R''는 C<sub>1-8</sub> 알킬, C<sub>1-8</sub> 알콕시, C<sub>6-10</sub> 아릴, C<sub>6-10</sub> 아릴-C<sub>1-8</sub> 알킬, C<sub>6-10</sub> 아릴-C<sub>1-8</sub> 알콕시, 및 C<sub>6-10</sub> 아릴-C(=O)R로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서 R은 임의로 치환된 C<sub>1-8</sub> 알킬, 임의로 치환된 C<sub>1-8</sub> 알콕시 또는 임의로 치환된 C<sub>6-10</sub> 아릴이거나; 또는 R' 및 R'' 중 하나 또는 둘 모두는, N이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤테로사이클릭 고리를 형성한다.

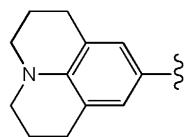


[0220]

일부 구현예에서, 발색단은 식 IX-a 또는 식 IX-b로 나타내고, 여기서 Het<sub>2</sub>는 이고, 단, R<sub>a</sub> 및 R<sub>b</sub> 둘 모두는 수소가 아니고, 그리고 D<sub>1</sub> 및 D<sub>2</sub>는 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:

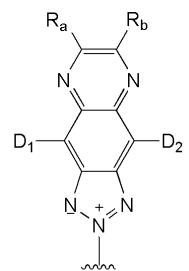
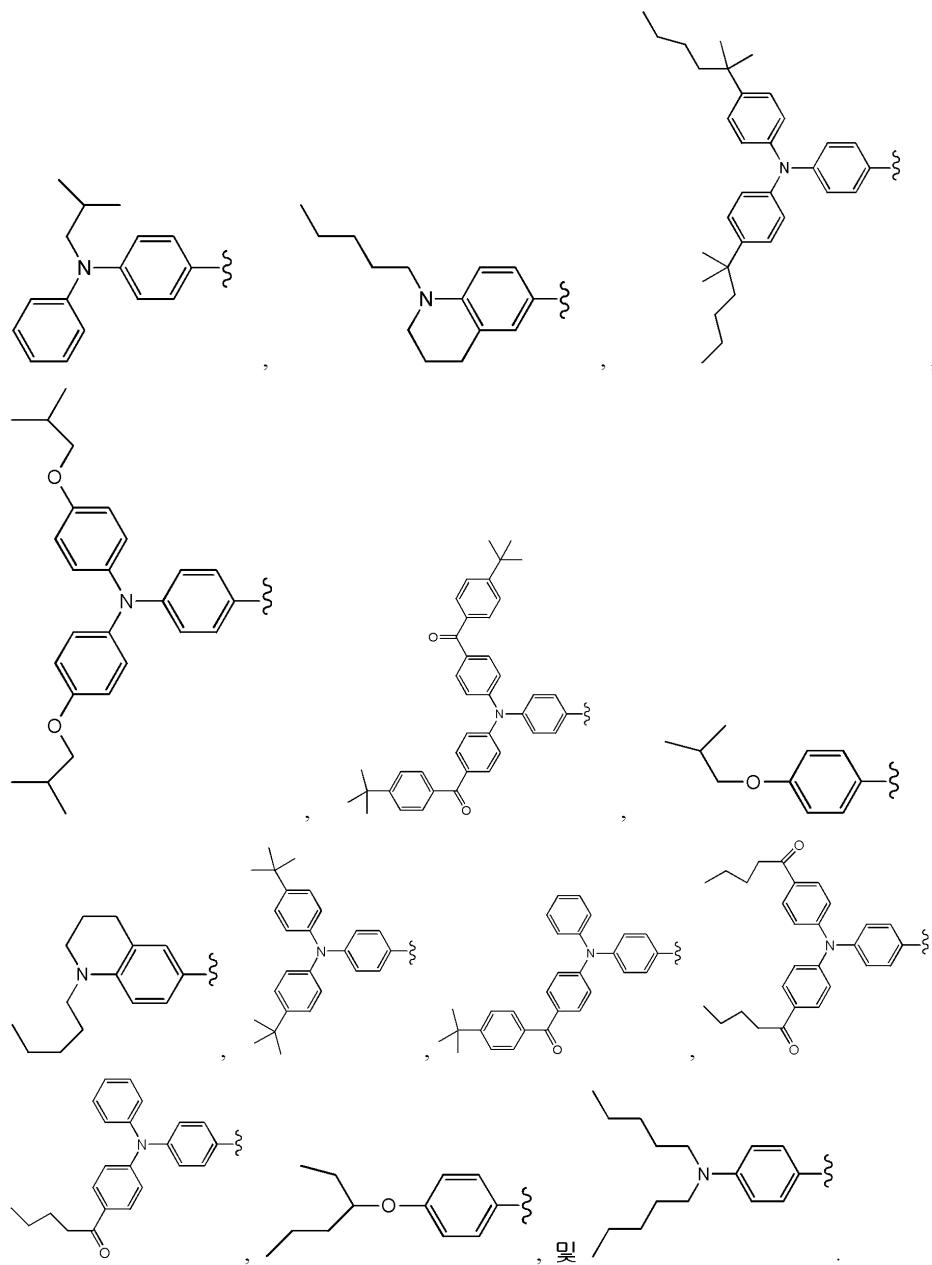


,



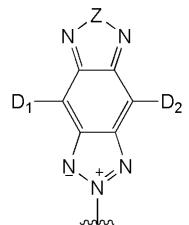
,

[0221]

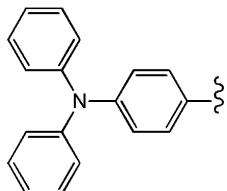


[0222] 일부 구현예에서, 발색단은 식 IX-a 또는 식 IX-b로 나타내고, 여기서  $\text{Het}_2$ 는 및  $\text{R}_b$  둘 모두는 수소가 아니다.

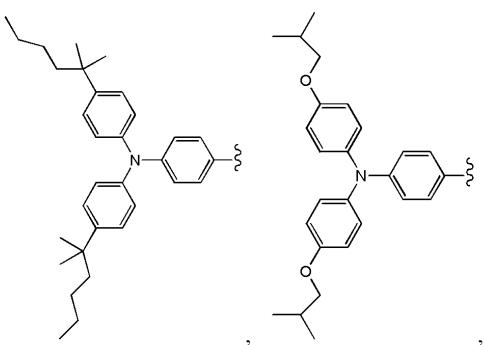
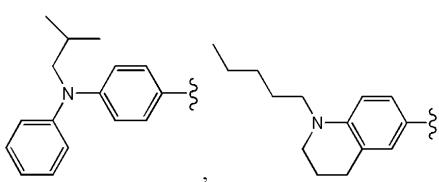
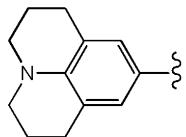
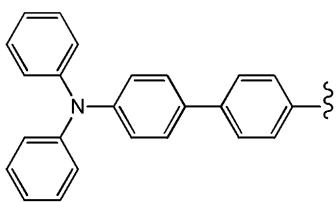
o] 고, 단,  $\text{R}_a$

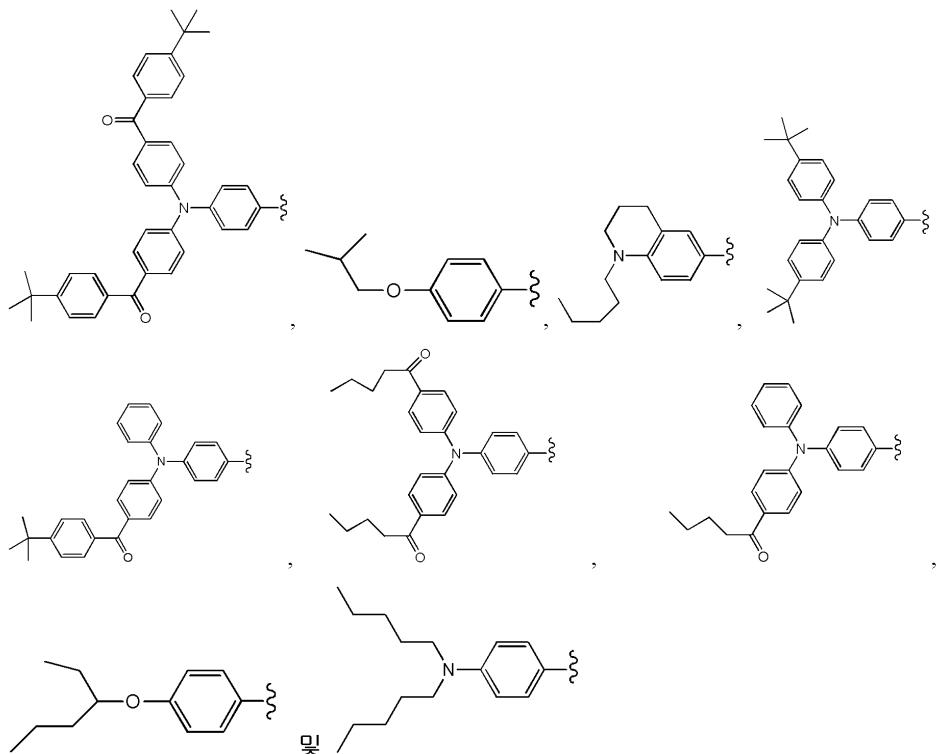


일부 구현예에서, 발색단은 식 IX-a 또는 식 IX-b로 나타내고, 여기서  $\text{Het}_2$ 는 이고, 단,  $\text{D}_1$  및  $\text{D}_2$ 은 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:

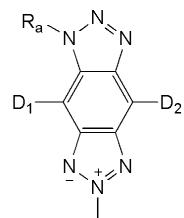


[0224]





[0225]



일부 구현 예에서, 별색 단은 식 IX-a 또는 식 IX-b로 나타내고, 여기서  $Het_2$ 는  $\sim\sim\sim$ 이고, 단,  $D_1$  봇

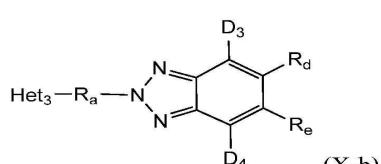
$\text{D}_2$ 는 하이드록시 또는  $\text{C}(=\text{O})\text{O}-\text{H}$ 이 아니고 그리고  $\text{D}_1$  및  $\text{D}_3$ 는 베를을 포함하지 않는다

102271

식  $x=a$  및 식  $x=b$

[0228]

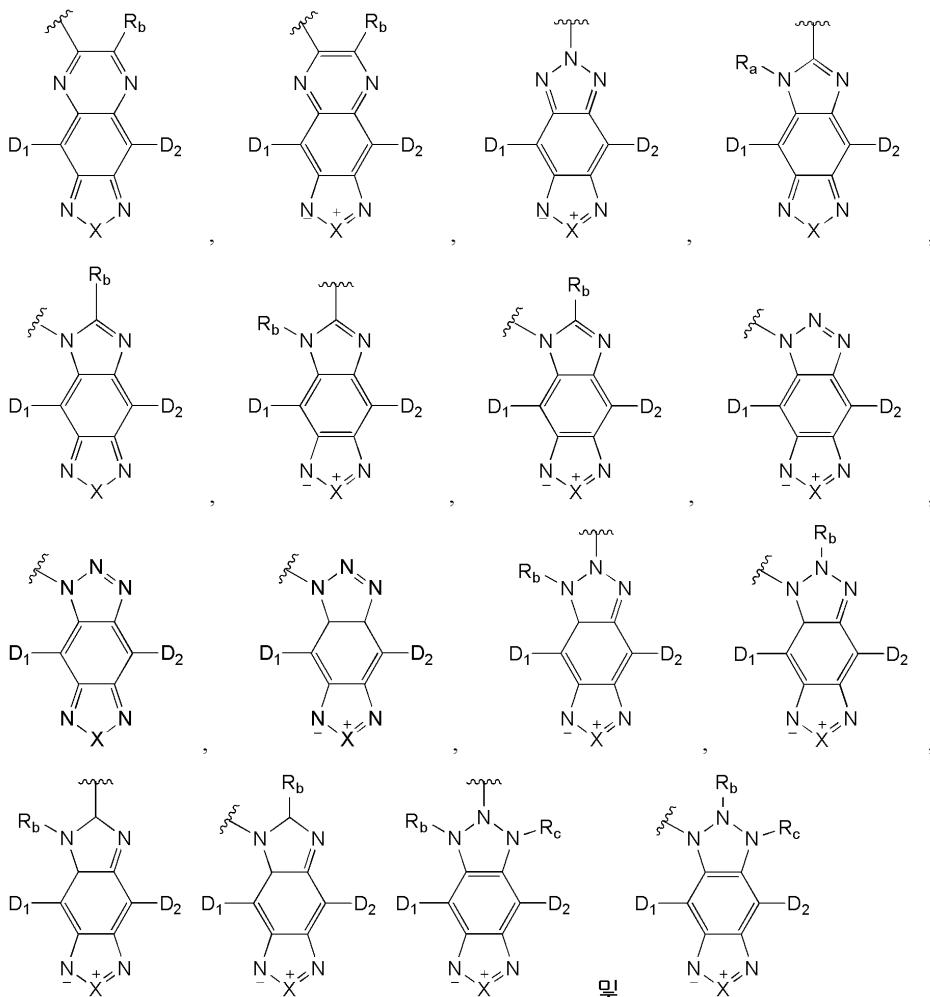
일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정성 발색단 또는 제 2 유기 광안정성 발색단 중 적어도 하나는 식 (X-a)로 나타낸다:



[0229]

[0230]

여기서  $\text{Het}_3$ 은 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다:



[0231]

여기서 X는  $-\text{N}(\text{A}_0)-$ ,  $-\text{O}-$ ,  $-\text{S}-$ ,  $-\text{Se}-$ , 및  $-\text{Te}-$ 로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0232]

식 X-a 및 식 X-b의 각각의  $\text{A}_0$ 은 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다: 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아실, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐. 일부 구현예에서,  $\text{A}_0$ 은  $\text{C}_{1-8}$  알킬이다.

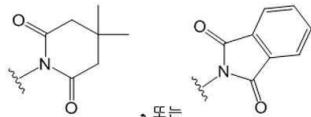
[0233]

식 X-a 및 식 X-b의 각각의  $\text{R}_a$ ,  $\text{R}_b$ , 및  $\text{R}_c$ 는, 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알콕시알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알킬, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 이미도, 임의로 치환된 알콕시, 및 임의로 치환된 카복시로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $\text{R}_a$  및  $\text{R}_b$ , 또는  $\text{R}_b$  및  $\text{R}_c$ , 또는  $\text{R}_a$  및  $\text{R}_c$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이다.

[0234]

일부 구현예에서, 각각의  $\text{R}_a$ ,  $\text{R}_b$ , 및  $\text{R}_c$ 는 수소, 임의로 치환된  $\text{C}_{1-8}$  알킬, 임의로 치환된  $\text{C}_{6-10}$  아릴, 및 임의로 치환된  $\text{C}_{6-10}$  헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서, 식 X-a 및 식 X-b의 각각

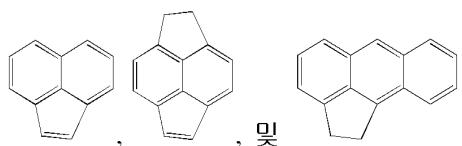
의  $R_a$ ,  $R_b$ , 및  $R_c$ 는, 수소,  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤테로아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서  $C_{1-8}$  알킬,  $C_{6-10}$  아릴, 및  $C_{6-10}$  헤테로아릴 각각은 임의로 치환된  $C_{3-10}$  사이클로알킬, 임의로 치환된  $C_{1-8}$  알콕시, 할로, 시아노, 카복실, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴, 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴옥시,



일 수 있다. 일부 구현예에서,  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께,



하기로 구성된 군으로부터 선택된 임의로 치환된 고리계를 형성한다:

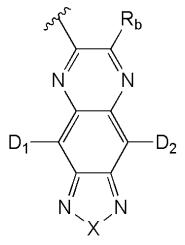


[0236] 식 X-a 및 식 X-b의 각각의  $R_d$  및  $R_e$ 는 수소, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 임의로 치환된 헤테로알킬, 임의로 치환된 헤테로알케닐, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 아릴알킬, 임의로 치환된 헤테로아릴, 임의로 치환된 사이클로알킬, 임의로 치환된 사이클로알케닐, 임의로 치환된 사이클로헤테로알케닐, 임의로 치환된 아미노, 임의로 치환된 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 사이클릭 아미도, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 카복시, 및 임의로 치환된 카보닐로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R_d$  및  $R_e$ 는 함께, 임의로 치환된 고리 또는 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성하고, 여기서 각각의 고리는 독립적으로 사이클로알킬, 아릴, 헤테로사이클릴, 또는 헤테로아릴이다.

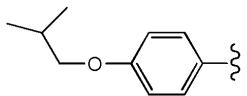
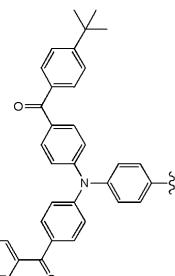
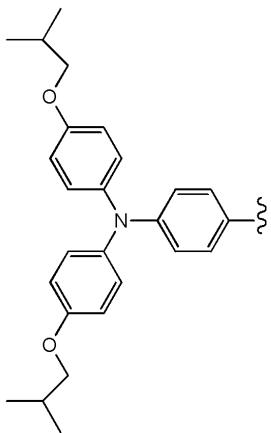
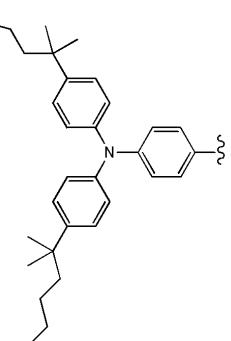
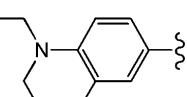
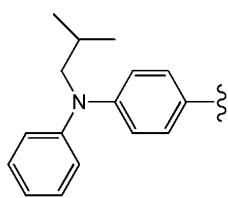
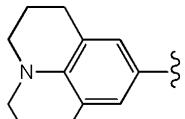
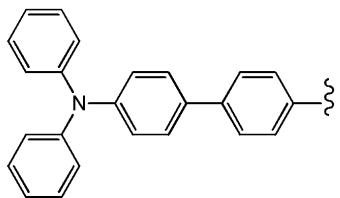
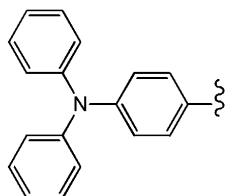
[0237] 식 X-a 및 식 X-b의 각각의  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , 및  $D_4$ 는 수소, 임의로 치환된 알콕시, 임의로 치환된 아릴옥시, 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤�테로아릴, 임의로 치환된 아미노, 아미도, 사이클릭 아미도, 및 사이클릭 아미도,  $-Ar-NR'R''$ ,  $-Ar-Ar-NR'R''$ , 및  $-HeteroAr-HeteroAr-R'$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 임의로 치환된 알킬, 임의로 치환된 알케닐, 및 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는, N이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤테로사이클릭 고리를 형성하고; 단,  $D_1$  및  $D_2$  둘 모두는 수소가 아니고, 그리고  $D_1$  및  $D_2$ 는 임의로 치환된 티오펜 또는 임의로 치환된 푸란이 아니다.

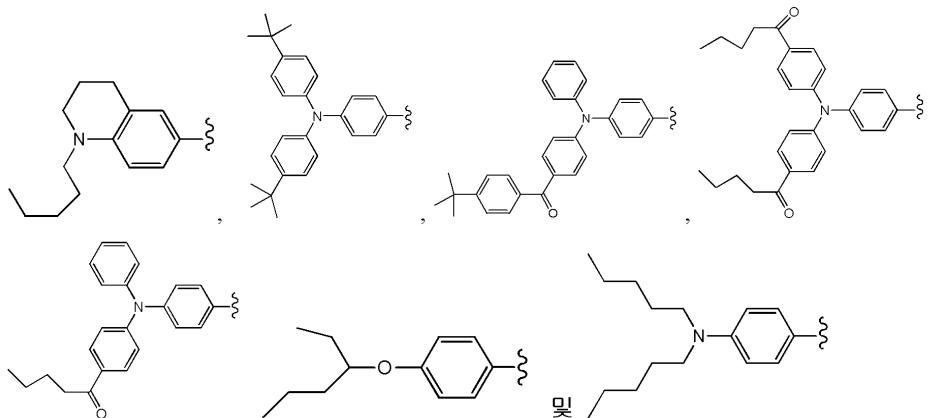
[0238] 일부 구현예에서, 발색단은 식 X-a 및 식 X-b로 나타내고, 여기서  $D_1$  및  $D_2$  각각은 알콕시아릴,  $-Ar-NR'R''$ , 및  $-Ar-Ar-NR'R''$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서  $R'$  및  $R''$ 는 알킬, 및 알킬, 알콕시, 또는  $-C(=O)R$ 에 의해 임의로 치환된 아릴로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고; 여기서 R은 임의로 치환된 아릴 또는 임의로 치환된 알킬이거나; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는, N이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤�테로사이클릭 고리를 형성한다.

[0239] 일부 구현예에서, 식 X-a 및 식 X-b 중 각각의  $D_1$ ,  $D_2$ ,  $D_3$ , 및  $D_4$ 는 독립적으로  $C_{6-10}$  아릴 또는 임의로 치환된  $C_{6-10}$  아릴이다.  $C_{6-10}$  치환체(들)은  $-NR'R''$ ,  $-C_{6-10}Ar-NR'R''$ ,  $C_{1-8}Alkyl$  및  $C_{1-8}Alkoxyl$ 로 구성된 군으로부터 선택될 수 있고, 여기서  $R'$  및  $R''$ 는  $C_{1-8}Alkyl$ ,  $C_{1-8}Alkoxyl$ ,  $C_{6-10}Ar$ ,  $C_{6-10}Ar-C_{1-8}Alkyl$ ,  $C_{6-10}Ar-C_{1-8}Alkoxyl$ , 및  $C_{6-10}Ar-C(=O)R$ 로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택되고, 여기서 R은 임의로 치환된  $C_{1-8}Alkyl$ , 임의로 치환된  $C_{1-8}Alkoxyl$  또는 임의로 치환된  $C_{6-10}Ar$ ; 또는  $R'$  및  $R''$  중 하나 또는 둘 모두는, N이 부착되는 아릴과 함께, 융합된 헤�테로사이클릭 고리를 형성한다.

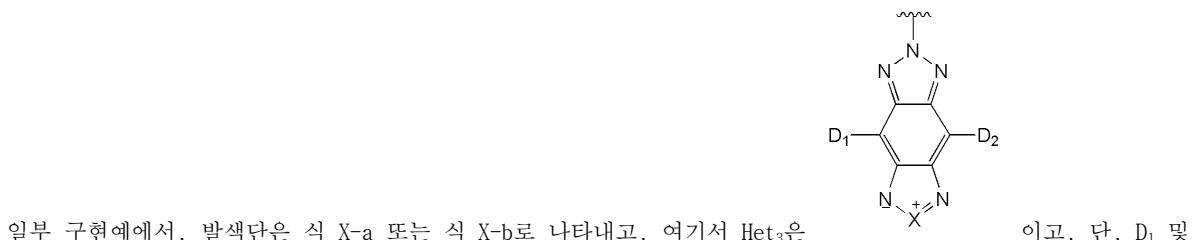
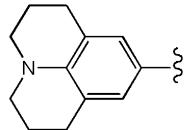
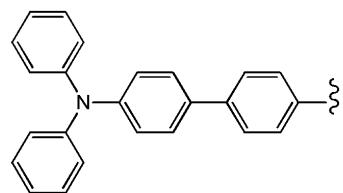
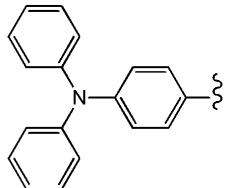


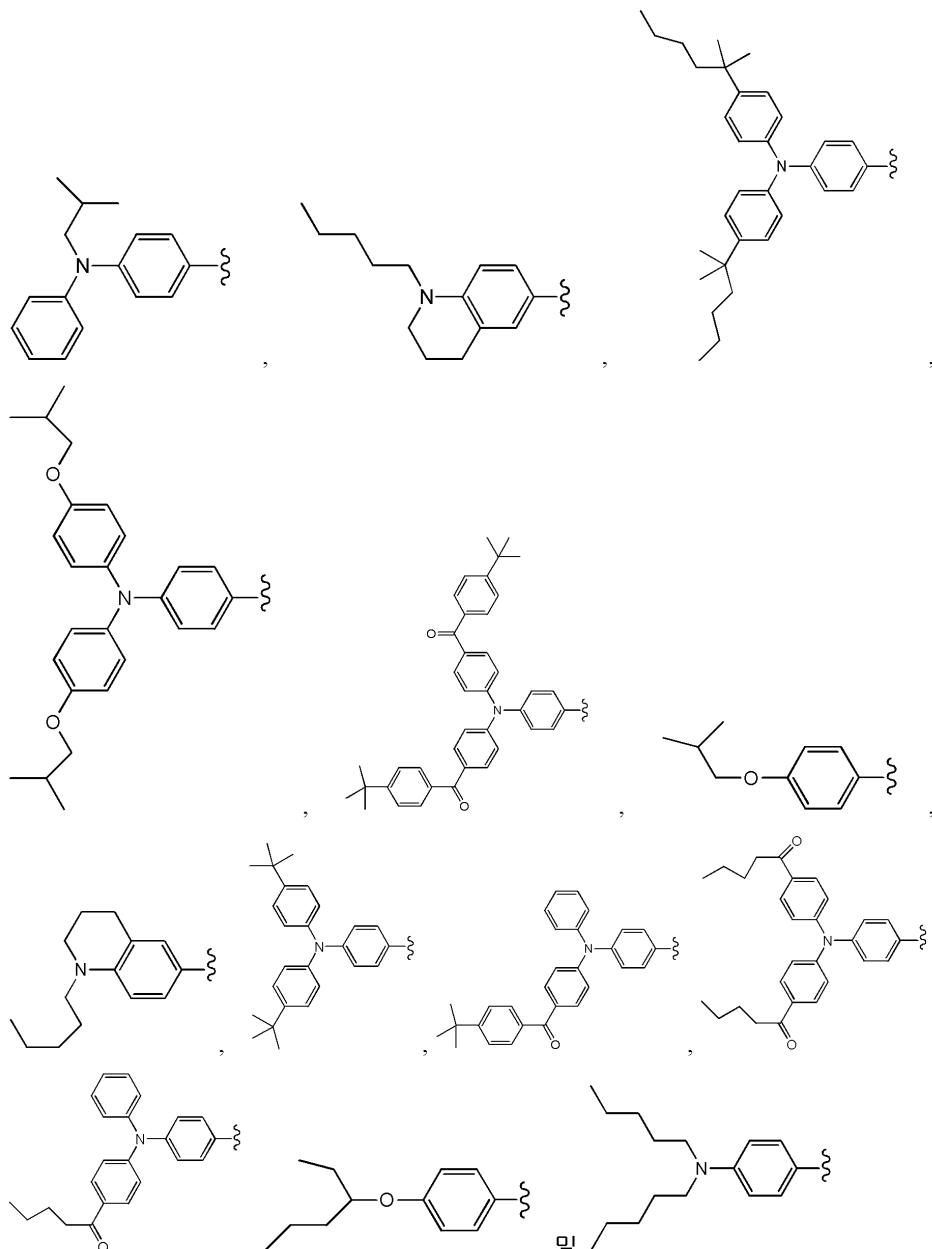
[0240] 일부 구현예에서, 발색단은 식 X-a 또는 식 X-b로 나타내고, 여기서 Het<sub>3</sub>은  
는 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:



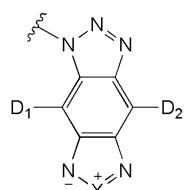


[0241]

일부 구현예에서, 발색단은 식 X-a 또는 식 X-b로 나타내고, 여기서 Het<sub>3</sub>은이고, 단, D<sub>1</sub> 및D<sub>2</sub>는 하기로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:



[0243]



일부 구현예에서, 발색단은 식 X-a 또는 식 X-b로 나타내고, 여기서 Het<sub>3</sub>은

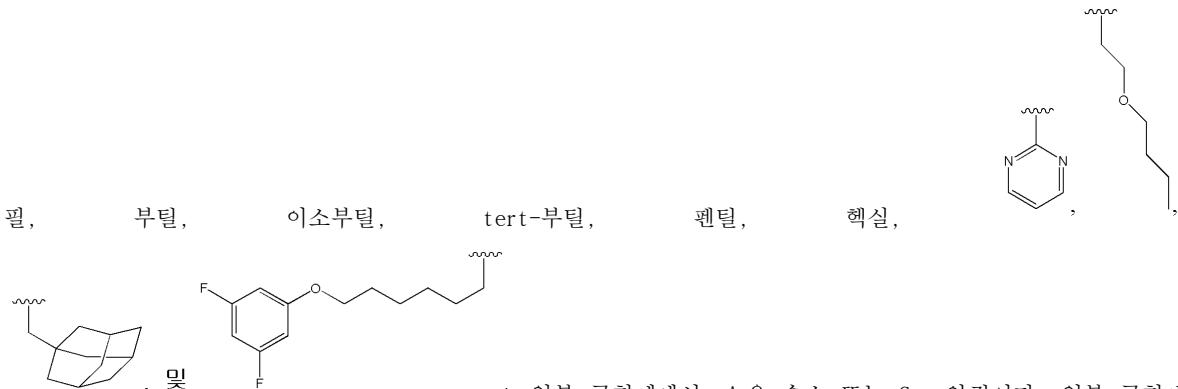
이고, 단, D<sub>1</sub> 및

D<sub>2</sub>는 하이드록시 또는 이 아니고, 그리고 D<sub>1</sub> 및 D<sub>2</sub>는 브롬을 포함하지 않는다.

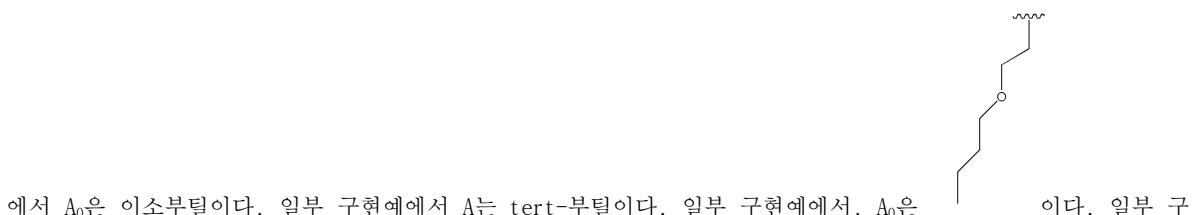
일부 구현예에서, 식 VIII, 식 X-a 및 식 X-b 중 X는 -N(A<sub>0</sub>)-, -S-, 및 -Se-로 이루어진 군으로부터 선택된다.

일부 구현예에서, 식 VIII, 식 X-a 및 식 X-b 중 중 Z는 -N(R<sub>a</sub>)-, -S-, 및 -Se-로 이루어진 군으로부터 선택된다.

일부 구현예에서, 식 VIII, 식 IX-a, 식 IX-b, 식 X-a 및 식 X-b 중  $A_0$ 은 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다: 수소, 임의로 치환된  $C_{1-10}$  알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 및 임의로 치환된 알콕시알킬. 일부 구현예에서,  $A_0$ 은 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다: 수소, 메틸, 에틸, 프로필, 이소프로



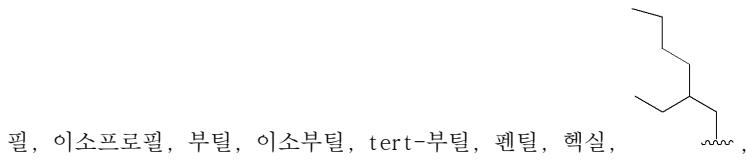
일부 구현 예에서,  $A_0$ 은 수소 또는  $C_{1-8}$  알킬이다. 일부 구현 예

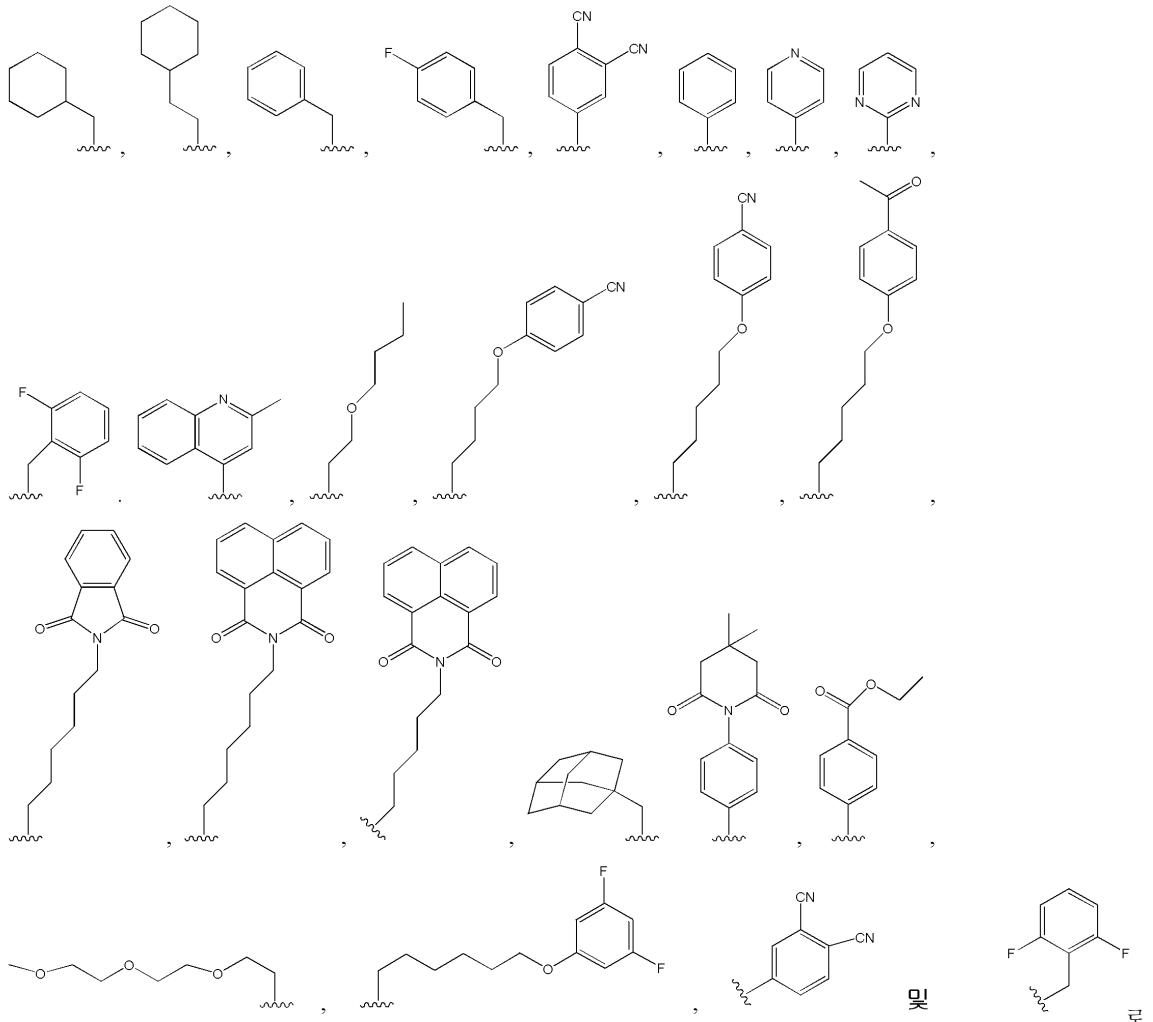


에서  $A_0$ 은 이소부틸이다. 일부 구현 예에서  $A$ 는 tert-부틸이다. 일부 구현 예에서,  $A_0$ 은

일부 구현예에서, 식 VIII, 식 IX-a, 식 IX-b, 식 X-a 및 식 X-b 중  $R_a$ ,  $R_b$ , 또는  $R_c$ 는 수소, 임의로 치환된  $C_{1-10}$  알킬, 임의로 치환된 아릴, 임의로 치환된 헤테로아릴, 및 임의로 치환된 알콕시알킬로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다. 일부 구현예에서  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ , 또는  $R_a$  및  $R_c$ 는 함께, 임의로 치환된 폴리사이클릭 고리계를 형성한다.

일부 구현예에서, 식 VIII, 식 IX-a, 식 IX-b, 식 X-a 및 식 X-b 중  $R_a$ ,  $R_b$ , 또는  $R_c$ 는 수소, 메틸, 에틸, 프로

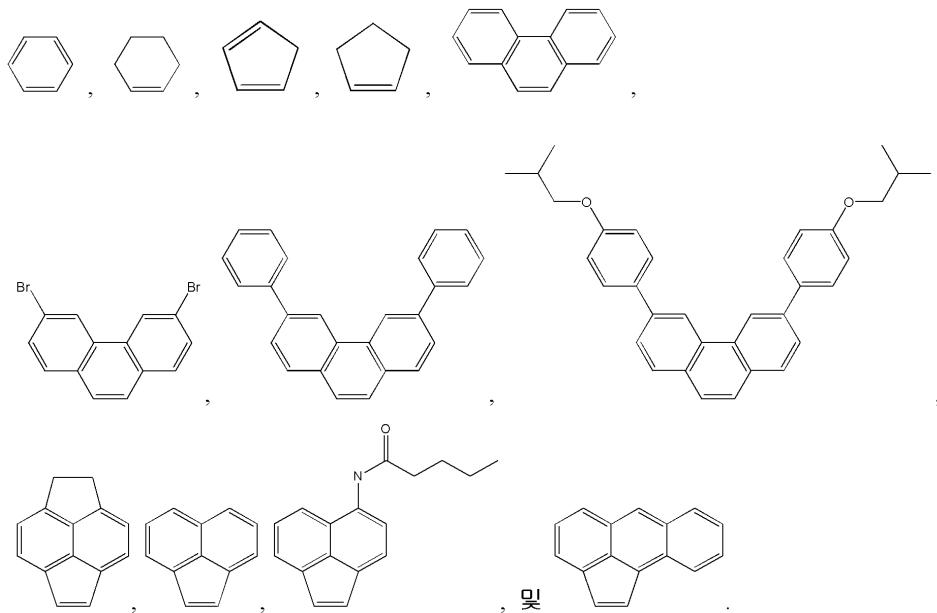




[0250]

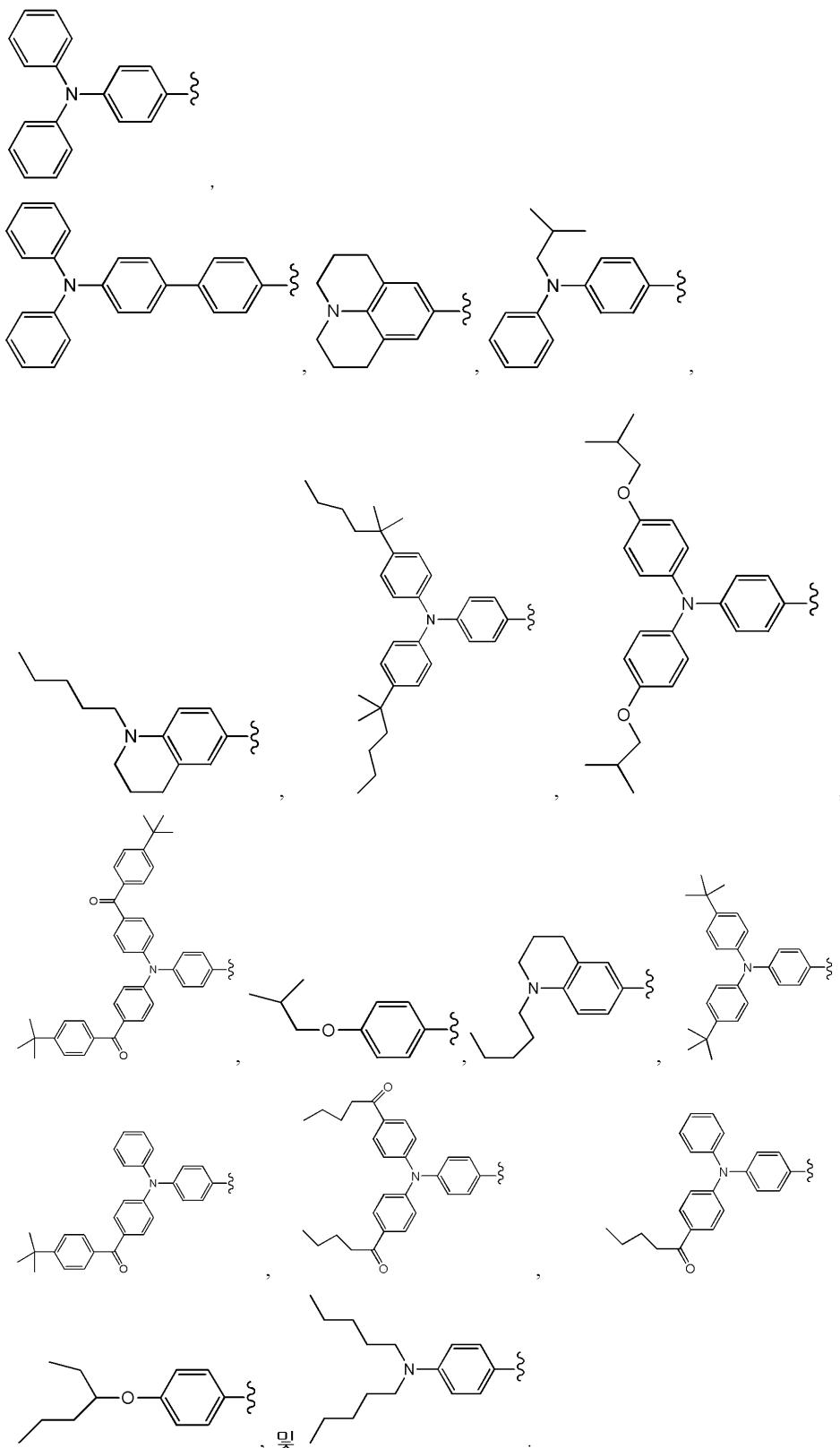
구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다.

[0251]

일부 구현예에서,  $R_a$  및  $R_b$ , 또는  $R_b$  및  $R_c$ 는 함께, 하기 고리 구조 중 하나를 형성한다:

[0252]

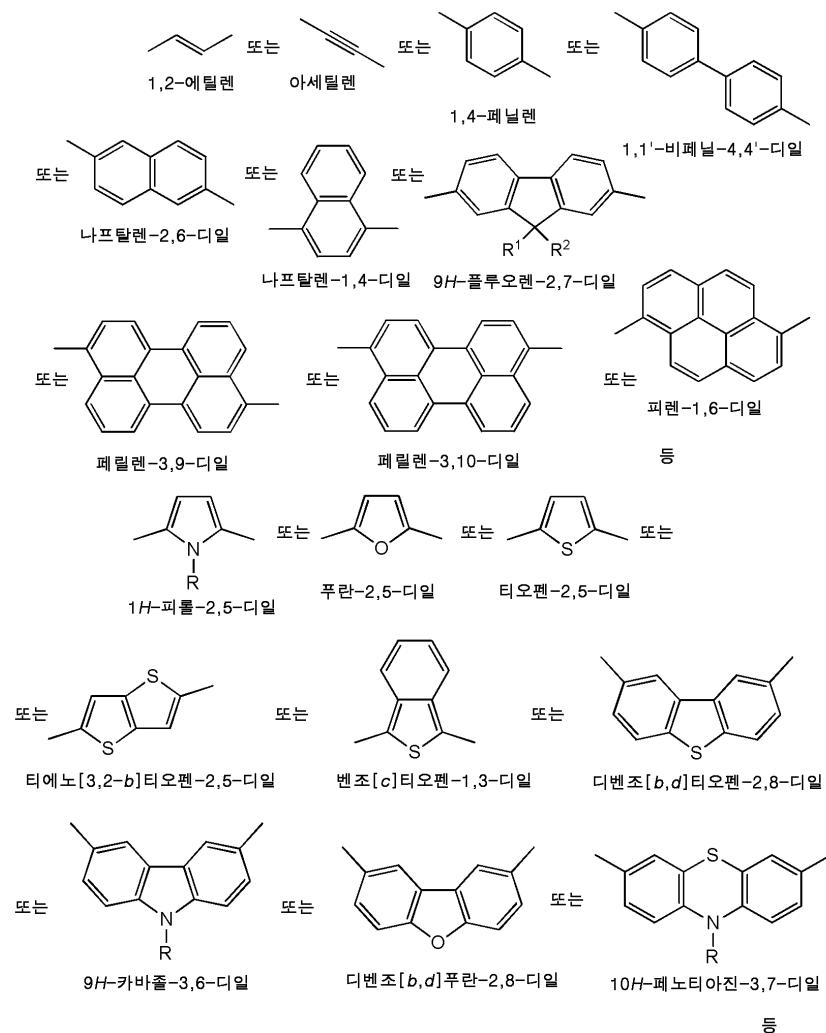
[0253] 일부 구현 예에서,  $D_1$  및  $D_2$  각각은 하기 구조로 구성된 군으로부터 독립적으로 선택된다:



일부 구현예에서, 식 VIII에서 L 중 적어도 하나는 하기로 이루어진 군으로부터 선택된다: 1,2-에틸렌, 아세틸렌, 1,4-페닐렌, 1,1'-바이페닐-4,4'-디일, 나프탈렌-2,6-디일, 나프탈렌-1,4-디일, 9*H*-플루오렌-2,7-디일, 페릴렌-3,9-디일, 페릴렌-3,10-디일, 또는 페렌-1,6-디일, 1*H*-페롤-2,5-디일, 푸란-2,5-디일, 티오펜-2,5-디일,

티에노[3,2-*b*]티오펜-2,5-디일, 벤조[*c*]티오펜-1,3-디일, 디벤조[*b,d*]티오펜-2,8-디일, 9*H*-카보졸-3,6-디일, 9*H*-카보졸-2,7-디일, 디벤조[*b,d*]푸란-2,8-디일, 10*H*-페노티아진-3,7-디일, 및 10*H*-페노티아진-2,8-디일; 여기서 각각의 모이어티는 임의로 치환된다.

[0255] 상기 식의 어떤 것에서 L에 대해, 전자 링커는 전자계이션된 전자계를 나타내고, 이 계는 중성일 수 있거나 전자 공여체 자체로서 쓰일 수 있다. 일부 구현예에서, 일부 예는 아래에서 제공되고, 추가의 부착된 치환체를 함유하거나 그렇지 않을 수 있다.



[0256]

[0257] 상기 언급된 발색단의 조합은 태양전지 및 농업 적용에 사용하기에 특히 적합하며, 이는 이들이 놀랍게도 현재 이용 가능한 파장 전환 발색단보다 가혹한 환경 조건에서 더 안정하기 때문이다. 이러한 안정성은 이를 발색단이 태양전지 및 농업 적용을 위한 파장 전환 물질로서의 그것의 용도에서 유리하게 한다. 그와 같은 광안정성이 없다면, 이들 발색단을 분해되고 효율을 떨어뜨릴 것이다.

[0258] 일부 구현예에서 발색단의 광안정성은 발색단 화합물을 함유하는 파장 변환 필름을 제작하고 그 다음 주위 온도에서 연속적 하나의 태양 (AM1.5G) 조사로의 노출 전 및 노출 후 흡수 피크를 측정하여 측정될 수 있다. 그와 같은 파장 변환 필름의 제조는 하기 실시예 부분에 기재된다. 조사 후 남아있는 발색단의 양은 하기 방정식을 사용하여 조사 전 및 후 발색단의 최대 흡수를 사용하여 측정될 수 있다:

$$\frac{\text{조사 후 흡수 피크 세기}}{\text{조사 전 흡수 피크 세기}} \times 100\% = \text{남아있는 발색단 \%}$$

[0259]

[0260]

% 분해는 하기 방정식을 사용하여 측정될 수 있다:

$$\frac{(\text{조사 전 흡수 피크 세기} - \text{조사 후 흡수 피크 세기})}{\text{조사 전 흡수 피크 세기}} \times 100\% = \text{분해된 발색단 \%}$$

[0261]

[0262]

쉽게 분해되는 발색단은 전형적으로 하나의 태양 조사 후 몇 시간 내에 흡수 피크의 실질적인 감소를 나타낸다. 탁월한 광안정성을 갖는 필름은 하나의 태양 조사에 대한 장기간의 노출에 걸쳐 피크 흡수를 유지할 것이다. 일부 구현예에서, 광안정성 발색단은 주위 온도에서 24 시간의 연속적 하나의 태양 (AM1.5G) 조사 후 최대 흡수 피크 세기에서 약 30%, 20%, 15%, 10%, 5%, 2.5%, 1.0%, 또는 0.5% 미만의 분해를 나타낸다. 일부 구현예에서, 광안정성 발색단은 주위 온도에서 24 시간의 연속적 하나의 태양 (AM1.5G) 조사 후 (최대 흡수 피크 세기로 측정된 바와 같이) 약 70%, 80%, 85%, 90%, 95%, 97.5%, 99.0%, 또는 99.5% 초과의 잔여 발색단을 갖는다.

[0263]

유익하게는, 일부 구현예의 파장 변환 필름의 개시된 폴리머 매트릭스는 광학적으로 투명하다. 광학적 투명성은, 파장 변환 필름을 통한 광의 투과율을 개선시켜 광으로부터 더 많은 에너지가 포획되게 한다. 추가로, 예를 들면, 원도우로서 사용될 때, 파장 변환 필름을 통과하는 추가의 광은 원도우를 거쳐 증대된 휘도를 초래한다. 일부 구현예에서, 광학적으로 투명한 폴리머 물질 (예를 들면, 폴리머 층, 파장 변환 층, 폴리머 매트릭스, 유리 층 등)는 가시광 스펙트럼 및 UV 광 스펙트럼의 약 80%, 90%, 95%, 97.5%, 99.0%, 99.5%, 또는 99.9% 초과의 투과를 가능하게 한다.

[0264]

일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정 발색단 및 제 2 유기 광안정 발색단은 폴리머 매트릭스의 중량을 기준으로, 약 0.01 wt% 내지 약 10.0 wt% 범위의 양으로 파장 전환 층의 폴리머 매트릭스에 독립적으로 존재한다. 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정 발색단 및 제 2 유기 광안정 발색단은 폴리머 매트릭스의 중량을 기준으로, 약 0.01 wt% 내지 약 3.0 wt% 범위의 양으로 파장 전환 층의 폴리머 매트릭스에 독립적으로 존재한다. 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정 발색단 및 제 2 유기 광안정 발색단은 폴리머 매트릭스의 중량을 기준으로, 약 0.05 wt% 내지 약 2.0 wt% 범위의 양으로 파장 전환 층의 폴리머 매트릭스에 독립적으로 존재한다. 일부 구현예에서, 제 1 유기 광안정 발색단 및 제 2 유기 광안정 발색단은 폴리머 매트릭스의 중량을 기준으로, 약 0.1 wt% 내지 약 1.0 wt% 범위의 양으로 파장 전환 층의 폴리머 매트릭스에 독립적으로 존재한다.

[0265]

파장 변환 필름의 전체 두께는 또한 광범위한 범위에 걸쳐서 가변적일 수 있다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름 두께는 약 0.1  $\mu\text{m}$  내지 약 1  $\text{mm}$ 의 범위이다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름 두께는 약 0.5  $\mu\text{m}$  내지 약 0.5  $\text{mm}$ 의 범위이다.

[0266]

일부 구현예에서, 파장 변환 필름의 폴리머 매트릭스는 하나의 호스트 폴리머, 호스트 폴리머 및 코-폴리머, 또는 다중 폴리머로 제조될 수 있다.

[0267]

일부 구현예에서, 파장 변환 필름에서 사용된 폴리머 매트릭스 물질은 약 1.4 내지 약 1.7 범위의 굴절률을 갖는다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층에서 사용된 폴리머 매트릭스 물질의 굴절률은 약 1.45 내지 약 1.55의 범위이다.

[0268]

#### 광전지 적용

[0269]

본 개시내용은 광전지 디바이스의 광전 전환 효율을 증대시키기 위한 파장 변환 필름, 및 상기 파장 변환 필름을 이용한 광전지 모듈을 개시한다. 이를 광전지 및 태양전지 디바이스에서 다운-쉬프팅 매체의 사용은, 디바이스의 광 입사 면에 적용될 때, 더 얕은 파장 광을 여기시켜 상기 매체로부터 더 긴(더 높은) 더 바람직한 파장으로 재-방출시키며, 이후 이것은 광전지 디바이스 또는 태양전지에 의해 이용될 수 있다. 그러나, 이를 파장 변환 필름에서 다운-쉬프팅 매체로서 유기 발색단의 사용은, 특히 유해한 UV 방사선에 노출될 때, 그것의 좋지 못한 광안정성으로 인해 매우 도전적이었다.

[0270]

일부 구현예는 파장 변환 필름을 제공하고, 이 필름은 약 410 nm 미만의 파장 (예를 들면, UV 방사선 범위)에서 흡수 피크를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 410 nm 이상의 파장에서 흡수 피크를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 400 nm 미만의 파장 (예를 들면, UV 방사선 범위)에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 약 400 nm 미만의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단을 포함하는 파장 변환 필름은 유의미하게 개선된 광안정성을 보여준다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 적

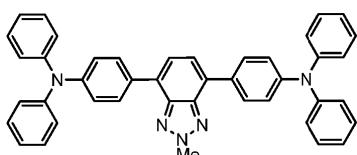
어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스에 적용될 수 있다. 본원에 기재된 바와 같이 파장 변환 필름의 사용은 태양전지, 태양광 패널, 및 광전지 디바이스의 태양에너지 수확 효율을 유의미하게 증대시킨다.

[0271] 파장 변환 필름의 일부 구현예에서, 적어도 하나의 발색단은 유해한 UV 방사선을 흡수하여 그것을 더 낮은 에너지 광자(예를 들면, UV 흡수 발색단)로 전환시키도록 설계되며, 한편 다른 발색단은 또한 전형적으로 가시광 스펙트럼에서 높은 에너지 광자를 흡수하여 이를 광자를, 태양전지에 의해 가장 효율적으로 전기로 전환되는 더 낮은 에너지 파장으로 전환시키도록 설계된다. 예를 들면, 제 1 UV 흡수 발색단은 약 350 nm 내지 약 410 nm의 범위에서 흡수 피크 최대치, 및 약 410 nm 내지 약 450 nm의 범위에서 방출 피크 최대치를 가질 수 있고, 한편 제 2 발색단은 약 425 nm 내지 약 475 nm의 범위에서 흡수 피크 최대치 및 약 500 nm 내지 약 550 nm의 범위에서 방출 피크 최대치를 가질 수 있으며, 여기서 상기 필름의 광안정성은, 제 1 발색단이 제 2 발색단의 UV 방사선 노출을 감소시키고, 또한 동등하거나 더 나은 태양전지의 태양에너지 수확 효율을 유지하기 때문에 개선된다. 일부 구현예에서, 제 1 UV 흡수 발색단은 약 350 nm 내지 약 410 nm의 범위에서 흡수 피크 최대치, 및 약 410 nm 내지 약 450 nm의 범위에서 방출 피크 최대치를 가질 수 있다.

[0272] 본 발명에 이르러, 파장 변환 필름에서 2 이상의 발색단(약 400 nm 미만의 파장 (예를 들면, UV 방사선 범위)에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단을 사용함으로써 필름의 광안정성은 UV 흡수 발색단이 제 2 발색단의 UV 방사선으로의 노출을 감소시키기 때문에 유의미하게 개선된다는 것을 발견하였다. 따라서, 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스, 약 400 nm 미만의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단을 포함하는 파장 변환 필름은 단일 파장 전환 발색단만을 포함하는 유사한 파장 변환 필름과 비교하여 광안정성이 증가하는 것을 보여준다. 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 추가의 UV 흡수 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 추가의 파장 전환 발색단을 포함한다.

[0273] 또한, 본원에 기재된 바와 같은 파장 변환 필름에서, 약 400 nm 미만의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단 둘 모두는 이들이 높은 에너지 광자를 더 낮은 에너지 광자로 전환시키고 광전지 디바이스에 의해 더 효과적으로 전기로 전환시키도록 선택될 수 있다. 이것은 광전지 디바이스의 효율을 추가로 증가시킨다. 일부 구현예에서, 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 발색단은 더 높은 에너지 광자를 더 낮은 에너지 광자로 전환시켜 광전지 디바이스에 의해 더 효과적으로 전기로 전환시킨다. 파장 변환 필름은 다양한 적용, 예컨대, 몇 개만 예로 들면 광학 광 수집 시스템, 형광-기반 태양 집열기, 형광-활성화된 디스플레이, 및 단일-분자 분광계에 유용하다.

[0274] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스, 약 400 nm 미만의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단, 및 약 400 nm 이상의 파장에서 흡수 피크 최대치를 나타내는 적어도 하나의 광안정성 유기 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 제 1 파장을 갖는 적어도 하나의 광자를 인풋(input)으로서 수용하고 제 1 파장과 상이한 제 2 파장을 갖는 적어도 하나의 광자를 아웃풋(output)으로 제공한다. 일부 구현예에서, 상기 광안정성은 단 하나의 파장 전환 발색단을 포함하는 파장 변환 필름과 비교하여 증가된다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 파장 1에서 흡수 피크를 나타내는 제 1 발색단, 및 파장 2에서 흡수 피크를 나타내는 제 2 발색단을 포함하며, 여기서 파장 2는 파장 1보다 더 길다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 UV 흡수 발색단은 벤조트리아졸-형 구조를 포함한다. 일부 구현예에서, 벤조트리아졸-형 구조는 하기 구조로 나타낸다:



[0275] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 적어도 3개의 상이한 발색단을 포함한다. 상기 구조에서 사용되는 태양광 모듈에 따라서, 파장 변환 필름에서 다중 발색단을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 예를 들면, 약 500 nm 파장에서 최적의 광전 전환을 갖는 태양광 모듈 시스템에서, 그와 같은 시스템의 효율은 다른 파장의 광자를 500 nm 파장으로 전환시켜 개선될 수 있으며, 한편 안정성은 유해한 UV 광자를 흡수하고 UV 방사선에 대한 다른 발색단의 노출을 감소시키는 발색단을 사용함으로써 또한 개선될 수 있다. 그와 같은 예에서, 제 1 발색단은 약 400

nm 미만의 피크 최대 흡수 파장을 갖는 광자를 약 430 nm의 피크 최대 방출 파장의 광자로 전환시키도록 작용할 수 있고, 한편 제 2 발색단은 약 420 nm 내지 약 450 nm의 범위의 피크 최대 흡수 파장을 갖는 광자를 약 470 nm의 피크 최대 방출 파장의 광자로 전환시키도록 작용할 수 있고, 제 3 발색단은 약 450 nm 내지 약 480 nm의 범위에서 피크 최대 흡수 파장을 갖는 광자를 약 500 nm 이상의 피크 최대 방출 파장을 갖는 광자로 전환시키도록 작용할 수 있다. 특정한 파장 대조군은 이용되는 발색단(들)을 기반으로 선택될 수 있다.

[0277] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 하나 또는 다중 증감제를 추가로 포함한다. 일부 구현예에서 증감제는 나노입자, 나노금속, 나노와이어, 또는 탄소 나노튜브를 포함한다. 일부 구현예에서 증감제는 풀러렌을 포함한다. 일부 구현예에서 풀러렌은 임의로 치환된 C<sub>60</sub>, 임의로 치환된 C<sub>70</sub>, 임의로 치환된 C<sub>84</sub>, 임의로 치환된 단일 벽 탄소 나노튜브, 및 임의로 치환된 다중-벽 탄소 나노튜브로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 구현예에서 풀러렌은 [6,6]-페닐-C<sub>61</sub>-부티르산-메틸에스테르, [6,6]-페닐-C<sub>71</sub>-부티르산-메틸에스테르, 및 [6,6]-페닐-C<sub>85</sub>-부티르산-메틸에스테르로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 구현예에서 증감제는 임의로 치환된 프탈로시아닌, 임의로 치환된 페릴렌, 임의로 치환된 포르피린, 및 임의로 치환된 테릴렌로 이루어진 군으로부터 선택된다. 일부 구현예에서 상기 구조의 파장 전환 층은 증감제의 조합을 추가로 포함하며, 여기서 상기 증감제의 조합은 임의로 치환된 풀러렌, 임의로 치환된 프탈로시아닌, 임의로 치환된 페릴렌, 임의로 치환된 포르피린, 및 임의로 치환된 테릴렌으로 이루어진 군으로부터 선택된다.

[0278] 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 증감제를 조성물의 총 중량을 기반으로 약 0.01 중량% 내지 약 5 중량% 범위의 양으로 포함한다.

[0279] 일부 구현예에서 파장 변환 필름은 하나 또는 다중 가소제를 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, 가소제는 N-알킬 카바졸 유도체 및 트리페닐아민 유도체로부터 선택된다.

[0280] 본 발명의 일 양태는 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지, 및 본원에 기재된 파장 변환 필름을 포함하는, 태양의 광 에너지의 전기로의 전환을 위한 광전지 모듈을 제공한다. 파장 변환 필름은 광전지 디바이스 또는 태양전지의 상부에 편입되거나 광전지 디바이스 또는 태양전지 내로 캡슐화되고, 이로써 입사광은 태양의 광 에너지가 전기로 전환되는 모듈의 면에 도달하기 전에 파장 변환 필름을 통과한다.

[0281] 일부 구현예에서, 추가의 물질은 광전지 모듈, 예컨대 유리 플레이트 또는 폴리머 층에서 사용될 수 있다. 상기 물질은 파장 변환 필름을 캡슐화하는데 사용될 수 있거나, 이들은 태양전지 및 파장 변환 필름 둘 모두를 보호하거나 캡슐화하는데 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 저철분 유리, 보로실리케이트 유리, 또는 소다-석회 유리로부터 선택된 유리 플레이트를 상기 모듈에서 사용할 수 있다. 상기 모듈의 일부 구현예에서, 유리 플레이트 또는 폴리머 층의 조성물은 또한 태양전지에 유해한 높은 에너지 방사선을 차단하도록 강한 UV 흡수제를 추가로 포함할 수 있다.

[0282] 일부 구현예에서, 추가의 발색단은 광전지 모듈 내의 별도의 층 또는 서브층에 위치할 수 있다. 예를 들면, 파장 변환 필름은 적어도 하나의 UV 흡수 발색단 및 적어도 하나의 파장 전환 발색단을 포함하고, 태양전지 및 파장 변환 필름 사이의 추가의 폴리머 서브층은 추가의 UV 흡수 발색단 및/또는 추가의 파장 전환 발색단을 포함한다.

[0283] 본 발명의 또 하나의 양태는 광전지 디바이스 또는 태양전지의 성능을 개선하는 방법이고, 이 방법은, 예를 들면, 도 1에서 실증된 바와 같이, 파장 변환 필름을 태양전지 또는 광전지 디바이스의 광 입사 면에 직접 적용하는 단계를 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름은 적어도 하나의 광전지 디바이스를 캡슐화하도록 구성되고, 이로써 입사광은 적어도 하나의 광전지 디바이스에 도달하기 전에 파장 변환 필름을 통과한다. 본 발명의 또 하나의 양태는, 광전지 디바이스 또는 태양전지의 성능을 개선하는 방법이고, 이 방법은, 제작 동안 파장 변환 필름을 광전지 디바이스 또는 태양전지 내로 직접 편입시키고, 이로써 파장 변환 필름은, 예를 들면, 도 2에서 실증된 바와 같이, 광전지 디바이스 또는 태양전지 및 광 입사 면 상의 커버 기판 사이에 캡슐화되는 단계를 포함한다. 일부 구현예에서, 본 방법은 파장 변환 필름을 적어도 하나의 광전지 디바이스에 직접 적용하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 파장 변환 필름은 적어도 하나의 광전지 디바이스를 캡슐화하도록 구성되고, 이로써 입사광은 상기 광전지 디바이스에 도달하기 전에 상기 파장 변환 필름을 통과한다.

[0284] 일부 구현예에서 커버 기판은 유리 플레이트이다. 일부 구현예에서 커버 기판은 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸 메타크릴레이트, 폴리비닐 부티랄, 에틸렌 비닐 아세테이트, 에틸렌 테트라플루오로에틸렌, 폴리이미드, 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 실록산 콜-겔, 폴리우레탄, 폴리아크릴레이트, 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 폴리머 물질을 포함한다.

- [0285] 일부 구현예에서, 본 방법은 추가의 물질 또는 층 예컨대 유리 시트, 모서리 밀봉 테이프, 프레임 물질, 폴리머 물질, 또는 상기 시스템에 추가의 층을 부착시키기 위한 접착제 층을 사용함을 포함한다.
- [0286] 파장 변환 필름은 모든 상이한 유형 및 크기의 태양전지 및 태양광 패널과 양립가능하도록 구성될 수 있으며, 상기 태양전지 및 태양광 패널은 실리콘 기반 디바이스, III-V 및 II-VI PN 접합 디바이스, CIGS 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, CdS/CdTe 박막 디바이스, 염료 감응형 디바이스, 등을 포함한다. 디바이스, 예컨대 비결정성 실리콘 태양전지, 미세결정성 실리콘 태양전지, 및 결정성 실리콘 태양전지가 또한 개선될 수 있다.
- [0287] 상기 모듈의 일부 구현예에서, 추가의 물질 또는 층 예컨대 모서리 밀봉 테이프, 프레임 물질, 폴리머 재료, 또는 상기 시스템에 추가의 층을 부착시키기 위한 접착제 층이 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 상기 모듈은 UV 흡수제를 함유하는 추가의 폴리머 층을 추가로 포함한다.
- [0288] 상기 모듈의 일부 구현예에서, 파장 변환 필름의 조성물은 발색단 화합물의 추가 분해를 방지하도록 작용할 수 있는 항산화제를 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 변환 필름의 두께는 약 10  $\mu\text{m}$  내지 약 2 mm이다.
- [0289] 일부 구현예에서, 상기 모듈은 접착제 층을 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, 접착제 층은 파장 변환 필름을 태양전지의 광 입사 표면에 부착시킨다. 다양한 유형의 접착제가 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 접착제 층은 고무, 아크릴, 실리콘, 비닐 알킬 에테르, 폴리에스테르, 폴리아미드, 우레탄, 불소, 에폭시, 에틸렌 비닐 아세테이트, 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 물질을 포함한다. 접착제는 영구적이거나 비-영구적일 수 있다. 일부 구현예에서, 접착제 층의 두께는 1  $\mu\text{m}$  내지 100  $\mu\text{m}$ 이다. 일부 구현예에서, 접착제 층의 굴절률은 약 1.4 내지 약 1.7의 범위이다.
- [0290] 다른 층은 또한 태양광 모듈의 광전 전환 효율을 추가로 증대시키도록 포함될 수 있다. 예를 들면, 상기 모듈은 미세구조 층을 추가로 가질 수 있으며, 상기 층은, 흡수 및 파장 전환 후 발색단으로부터 태양광 모듈 디바이스의 광전 전환 층에서 벗어난 방향으로 종종 재-방출되는 환경으로의 광자의 손실을 감소시킴으로써 태양광 모듈의 태양에너지 수확 효율을 추가로 증대시키도록 설계된다 (참고 U.S. 가특허 출원 번호 61/555,799, 이것은 참고로 본원에 편입됨). 표면 위에 다양한 미세구조 (즉 피라미드 또는 원뿔형)를 갖는 층은 디바이스의 광전 전환 층 내로 광자의 내부 반사 및 굴절을 증가시켜, 디바이스의 태양에너지 수확 효율을 추가로 증대시킬 수 있다.
- [0291] 일부 구현예에서 파장 변환 필름, 및 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스를 포함하는 모듈의 파장 변환 필름(여기서, 상기 파장 변환 필름은 적어도 하나의 UV 흡수 발색단, 적어도 하나의 파장 전환 발색단, 및 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스를 포함한다)은 우선 UV 흡수 발색단/파장 전환 발색단/폴리머 용액을 액체 또는 젤의 형태로 합성하고, UV 흡수 발색단/파장 전환/폴리머 용액을 표준 적용 방법, 예컨대 스핀 코팅 또는 드롭 캐스팅을 사용하여 유리판에 도포한 후 상기 발색단/폴리머 용액을 제형 디자인에 의해 결정되는 바와 같은 고체 형태로 경화 (즉 열처리, UV 노출, 등)시켜 형성된다. 이후, 건조되면, 상기 필름을 태양전지의 광 입사 표면에 부착시킬 수 있다.
- [0292] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름, 및 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스를 포함하는 모듈의 파장 변환 필름은 우선 UV 흡수 발색단/파장 전환/폴리머 박막을 합성하고, 그 다음 UV 흡수 발색단/파장 전환/폴리머 박막을 광학적으로 투명하고 광안정성 접착제 및/또는 라미네이터를 사용하여 태양전지의 광 입사 표면에 부착시켜 형성된다.
- [0293] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름 (100)은 도 1에서 보여주는 바와 같이 태양전지 (103)의 광 입사 표면 (102) 위에 직접 부착된다.
- [0294] 일부 구현예에서, 상기 모듈은 굴절률 정합 물질을 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, 상기 굴절률 정합 물질은 액체 또는 광학용 접착제를 포함한다. 일부 구현예에서, 굴절률 정합 물질 (101)은 파장 변환 필름 및 태양전지의 전면 기판 사이에 적용되어 더 나은 광 아웃-커플링 효율을 확보한다. 일부 구현예에서 사용된 굴절률 정합액은 지방족 및 지환족 탄화수소, 및 수소첨가된 테르페닐(Cargille-Sacher Laboratories, Inc. 사제)을 포함하는 시리즈 A 미네랄 오일이다.
- [0295] 일부 구현예에서, 파장 변환 필름 (100)은 도 2에서 보여주는 바와 같이 태양전지 제작 동안 캡슐화 층으로 직접 적용된다. 이러한 형태는 본원에 개시된 파장 변환 필름의 탁월한 광안정성으로 인해 가능하다. 파장 변환 필름 (100)은 태양전지 모듈(103) 및 그것의 전면 커버 기판 (102) 사이에 캡슐화된다.

[0296]

본원에서 개시된 바와 같이, 파장 변환 필름, 및 적어도 하나의 태양전지 또는 광전지 디바이스를 포함하는 모듈은 모든 상이한 유형의 태양전지 디바이스에 적용 가능하다. 디바이스, 예컨대 실리콘 기반 디바이스, III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스, 구리-인듐-갈륨-셀레늄 (CIGS) 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, 또는 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 (CdS/CdTe) 박막 디바이스가 개선될 수 있다. 일부 구현 예에서, 모듈은 카드뮴 설파이드/카드뮴 텔루라이드 태양전지를 포함하는 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 디바이스 또는 태양전지는 구리 인듐 갈륨 딜레나이드 태양전지를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 또는 태양전지는 III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 또는 태양전지는 유기 증감제 디바이스를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 또는 태양전지는 유기 박막 디바이스를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 디바이스 또는 태양전지는 비결정성 실리콘 (a-Si) 태양전지를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 디바이스 또는 태양전지는 미세결정성 실리콘 ( $\mu$ c-Si) 태양전지를 포함한다. 일부 구현 예에서, 광전지 디바이스 또는 태양전지는 결정성 실리콘 (c-Si) 태양전지를 포함한다.

[0297]

일부 구현 예에서, 태양 전지 효율 증대는 우선 파장 변환 필름이 없이 측정되고 그 다음 Newport 솔라 시뮬레이터 시스템을 사용하여 하나의 태양 조사 (AM1.5G) 하에서 파장 변환 필름과 함께 측정된다. CdS/CdTe 태양전지의 효율 증대는 하기 방정식에 의해 결정된다:

[0298]

$$\text{효율 증대} = (\eta_{\text{셀+필름}} - \eta_{\text{셀}}) / \eta_{\text{셀}} * 100 \%$$

[0299]

일부 구현 예에서, CdS/CdTe 태양전지는 본원에서 개시된 방법에 따르는 파장 변환 필름에 의해 변형되고, 효율 증대는 5% 초과인 것으로 결정된다. 일부 구현 예에서, CdS/CdTe 태양전지는 파장 변환 필름에 의해 변형되고 효율 증대는 10% 초과인 것으로 결정된다. 일부 구현 예에서, CdS/CdTe 태양전지는 파장 변환 필름에 의해 변형되고 효율 증대는 13% 초과인 것으로 결정된다. 일부 구현 예에서, CdS/CdTe 태양전지는 파장 변환 필름에 의해 변형되고 효율 증대는 14% 초과인 것으로 결정된다. 일부 구현 예에서, CdS/CdTe 태양전지는 파장 변환 필름에 의해 변형되고 효율 증대는 15% 초과인 것으로 결정된다.

[0300]

일부 구현 예에서, 파장 변환 필름은 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스 및 2 이상의 발색단을 포함한다. 일부 구현 예에서, 필름은 (i) 폴리머 용액을, 용매, 예컨대 사이클로펜타논, 디옥산, 테트라클로로에틸렌 (TCE), 등에 용해된 폴리머 분말과 예정된 비로 제조하는 단계; (ii) 발색단-함유 폴리머 용액을 얻기 위해 상기 폴리머 용액을 2 이상의 발색단과 예정된 중량 비로 혼합하여 발색단 함유 폴리머 혼합물을 제조하는 단계, (iii) 상기 발색단-함유 폴리머 용액을 유리 기판 위에 직접 캐스팅하고, 그 다음 상기 기판을 실온에서 최대 100°C까지 2 시간 내에 열처리하고, 130°C에서 밤새 추가로 진공 가열하여 잔여 용매를 완전히 제거하여 발색단/폴리머 박막을 형성하는 단계, (iv) 수중에서 발색단/폴리머 박막을 벗겨내고 그 다음 사용전 드립된 폴리머 필름을 건조시키는 단계; (v) 발색단/폴리머 용액 농도 및 증발 속도를 가변시켜 필름 두께를 0.1  $\mu$ m~1mm로 조절할 수 있는 단계에 의해 제작될 수 있다.

[0301]

### 온실 적용

[0302]

파장 변환 필름의 추가 용도는 온실 지붕 재료를 포함한다. 식물은 대기 및 물로부터의 이산화탄소를 단당으로 전환시키는데 태양광 에너지를 사용한다. 그 다음 식물은 이를 당류를 구조적 빌딩 블록으로 사용한다. 당류는 식물의 주요 구조적 성분을 형성한다. 식물이 그것의 발달 동안 광의 세기 및 파장에 상이하게 반응한다고 이해된다. U.S 특허 출원 번호 2011/0016779에 기재된 바와 같이, 개선된 식물 성장은 보라색-청색 영역 및 오렌지-적색 영역의 광을 사용하여 달성된다. 녹색 영역에서의 광은 보통 식물에 의해 사용되지 않는다 (그리고 종종 잎에 의해 반사된다).

[0303]

일부 예에서, 광전지 디바이스 (예를 들면, 태양전지)는 온실 지붕 재료 내로 편입되어 입사 태양 방사선을 전기로 전환시킨다. 이때 이 전기는 온실 시스템 내의 기타 적용에 사용된다. 태양 에너지의 이용은 유망한 대안적인 에너지 공급원을 제공하는 한편, 광전지 모듈의 사용은 식물 종에 이용 가능한 광의 양을 낮춘다.

[0304]

충분한 전기적 발생 효율 및 원하는 식물 성장을 허용 가능한 비용으로 제공하는 광전지 디바이스를 갖는 온실 지붕 재료를 발견하려는 상당한 개발 노력이 진행 중이다. 예를 들면, U.S. 특허 6135665에 개시된 바와 같이, 무기 발광 물질, 이트륨-유로퓸을 포함하는 폴리머 시팅은 온실에서의 사용에 대해 기재된다. 그러나, 이를 무기 발광 화합물을 합성하는 비용은 유기 발광 화합물을 합성하는 비용보다 상당히 더 높기 때문에 실현 가능하지 않을 수 있다. 미국 특허 출원 번호 2011/0016779에 기재된 바와 같이, 유기 발광 염료를 편입한 온실 지붕 재료의 사용은 이를 염료의 좋지 못한 광안정성으로 인해 가능하지 않았고, 상기 공지된 상업적으로 이용 가능한

염료는 전형적으로 태양 방사선으로의 노출 수일 내에 광표백을 나타냈다.

[0305] 온실 지붕 재료에서 발광 염료의 사용은 전형적으로, 더 짧은 파장 광이 여기되고 더 긴(더 높은) 더 바람직한 파장으로 발광 패널 내에서 재-방출되게 하는 다운-쉬프팅 염료를 포함했다. 식물 종 성장이 청색 광 및 적색 광에 대한 식물의 노출에 의해 일어난다는 것이 잘 확립되어 있다. 전형적으로, 식물은 녹색 광을 사용하지 않고, 이 광을 열로서 흡수하거나 반사시켜 버린다. 추가로, 스펙트럼의 UV 부분은 대부분의 식물 종에 의해 사용되지 않고, 보통 식물에 상당히 유해하다. 광의 UV 부분의 제거는 종종 지붕 재료 내에 UV 흡수제를 편입하여 모든 UV 방사선을 흡수함으로써 수행되며, 이는 온실 내부의 식물에 도달하는 스펙트럼으로부터 UV 방사선을 효과적으로 제거한다. UV가 식물 종에 대단히 유해하기 때문에, 광의 UV 부분의 차단은 식물 성장을 증대시킬 수 있다. 그러나, 이 태양 에너지는 이때 환경에 열로 소실된다. 식물 성장을 추가로 증대시키려는 이전의 시도는, 기본적으로 식물로 향하는 이용가능한 태양 에너지를 증가시키면서, 녹색 광을 적색 광으로 전환시키는 온실 지붕 패널 내로 발광 염료를 편입시키는 것이었다. 온실을 위한 광의 UV 파장의 전환 및 사용은 보고되지 않았다.

[0306] 본 발명의 일부 구현예에서, UV 에너지를 청색 광으로 전환시킬 수 있는 유기 광안정성 발색단은 식물에 이용 가능한 사용하기 좋은 광의 양을 추가로 증가시켜 식물 성장을 추가로 증대시키는 것으로 밝혀졌다.

[0307] 본 발명의 일부 구현예는 유기 광안정성 발색단 화합물을 포함하는 발광 패널에 관한 것이다. 발광 패널은 유기 광안정성 발색단 화합물을 편입하지 않는 패널과 비교하여 개선된 파장 프로파일 및 식물 성장을 제공하는 온실 지붕으로서 유용하다. 발색단 화합물은 UV 파장 범위에서 파장 흡수 최대치를 가지며 청색 파장 범위에서 파장 방출 최대치를 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단 (A), 및 녹색 파장 범위에서 파장 흡수 최대치를 가지며 적색 파장 범위에서 파장 방출 최대치를 갖는 제 2 유기 광안정성 발색단 (B)을 포함한다. 2개의 발색단은 동일한 파장 전환 층으로 혼합될 수 있거나, 이들은 별도의 층에 존재할 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 태양 수집 패널은 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스를 발광 패널 내로 편입시켜 형성될 수 있다. 본 개시내용은 온실 지붕 재료를 위한 발광 패널에 관한 것이다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 적어도 하나의 유기 광안정성 발색 단 화합물을 포함한다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 적어도 2 개의 유기 광안정성 발색단 화합물의 혼합물을 포함한다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 장기간 동안 광안정성 발광 발색단을 편입하지 않은 패널과 비교하여 개선된 식물 성장을 제공하는 온실 지붕으로 유용하다. 일부 구현예에서, 적어도 2 개의 발색단 화합물을 사용한 구현예에서, 발색단 화합물은 UV 파장 범위에서 파장 흡수 최대치를 가지며 청색 파장 범위에서 파장 방출 최대치를 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단 (A), 및 녹색 파장 범위에서 파장 흡수 최대치를 가지며 적색 파장 범위에서 파장 방출 최대치를 갖는 제 2 유기 광안정성 발색단 (B)을 포함한다. 일부 구현예에서, 2 개의 발색 단은 동일한 파장 전환 층에 혼합될 수 있다. 일부 구현예에서, 1 초파의 파장 전환 층이 존재하는 경우, 2개의 발색단은 상이한 파장 전환 층에 존재할 수 있다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 전환 층은 폴리머 매트릭스를 추가로 포함한다.

[0308] 일부 구현예에서, 흡수 및 방출 스펙트럼이 중첩되지 않는 발색단을 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 이것은 광자의 재흡수를 최소화하고 효율을 개선시키는 것을 돋는다. 예를 들면, 일부 구현예에서, (A)의 방출 스펙트 럼 및 (B)의 흡수 스펙트럼은 최소 중첩을 갖는다. 일부 구현예에서, 최소 중첩은 약 0% 내지 약 3%, 약 3% 내지 약 5%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 15%, 약 15% 내지 약 25%, 또는 약 25% 내지 약 35% 범위의 중첩이며, 여기서 퍼센트 중첩은 방출 또는 흡수 곡선하 면적에 의해 나눠진 중첩된 스펙트럼의 부분 아래 면적의 측정이다. 일부 구현예에서, 최소 중첩은 약 35%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 3%, 2%, 또는 1% 미만이다.

[0309] 발광 패널에 사용될 수 있는 발색단의 수에 대해서는 제한이 없다. 일부 구현예에서, 2 개의 발색단 (A) 및 (B)는 하나의 파장 전환 층 내로 혼합된다. 일부 구현예에서, 2 개의 발색단 (A) 및 (B)는 별도의 파장 전환 층(들)에 위치한다. 일부 구현예에서, 추가의 발색단은 발광 패널 내로 편입되어 원하는 특성을 제공할 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널에 이용된 발색단은 온실 내에서 성장되는 특정 식물 종에 최적인 특정 방출 스펙트 럼을 제공하도록 맞춰질 수 있다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층(들)은 3개 이상의 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층(들)은 4개 이상의 발색단을 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층(들)은 5개 이상의 발색단을 포함한다.

[0310] 발색단이 입사 태양 광에 대해 발광 패널에서 배치될 수 있는 위치에 대한 요건도 또한 없다. 일부 구현예에서, 발색단 (A)는 발색단 (B)를 포함하는 파장 전환 층 앞에 입사 태양 에너지를 수용하는 파장 전환 층에 존재할 수 있다. 일부 구현예에서, 발색단 (B)은 발색단 (A)를 포함하는 파장 전환 층 앞에 입사 태양 에너지를 수용하는 파장 전환 층에 존재할 수 있다. 일부 구현예에서, 우선 태양 에너지를 수용하는 발색단 (A)를 포함하는 파장 전환 층을 갖는 것이 바람직할 수 있다. 일부 구현예에서, 발색단 (A)는 UV 파장을 청색 파장으로 전환시키

도록 작용한다. 발색단 화합물은 종종 UV 파장에 노출될 때 훨씬 더 빨리 분해한다. 따라서, 우선 입사 태양 방사선에 노출되는 발색단 (A)를 포함하는 파장 전환 층을 가짐으로써, UV 광의 많은 부분이 청색 광으로 전환될 수 있고, 기저 층은 UV 광에 노출되지 않을 것이다. 이러한 UV 광 전환은 UV 방사선에 대한 발색단 (B)를 포함하는 파장 전환 층의 노출을 감소시켜 발색단 (B)를 포함하는 파장 전환 층의 안정성을 효과적으로 증가시킨다. 따라서, 일부 구현예에서, 파장 전환 층은 그것의 파장 흡수 특성을 오름 차순으로 배치한다.

[0311] 일부 구현예에서, 발광 패널은 유리 또는 폴리머 층을 추가로 포함할 수 있다. 유리 또는 폴리머 층은 파장 전환 층 또는 층들을 보호하도록 작용할 수 있다. 유리 또는 폴리머 층은 또한 파장 전환 층 또는 층들이 부착되는 기판으로서 작용할 수 있다.

[0312] 발광 패널의 일부 구현예에서, 파장 전환 층 또는 층들은 유리 또는 폴리머 플레이트 사이에 낼 수 있으며, 여기서 상기 유리 또는 폴리머 플레이트는 수분 또는 산소 침투로부터 파장 전환 층 또는 층들을 보호하도록 작용할 수 있다.

[0313] 발광 패널의 일부 구현예에서, 파장 전환 층 또는 층들의 폴리머 매트릭스는 폴리에틸렌 테레프탈레이트, 폴리메틸 메타크릴레이트, 폴리비닐 부티랄, 에틸렌 비닐 아세테이트, 에틸렌 테트라플루오로에틸렌, 폴리이미드, 비결정성 폴리카보네이트, 폴리스티렌, 실록산 졸-겔, 폴리우레탄, 폴리아크릴레이트, 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 물질로부터 독립적으로 형성된다.

[0314] 발광 패널의 일부 구현예에서, 파장 전환 층 또는 층들의 폴리머 매트릭스는 하나의 호스트 폴리머, 호스트 폴리머 및 코-폴리머, 또는 다중 폴리머로 제조될 수 있다.

[0315] 일부 구현예에서, 파장 전환 층 또는 층들에서 사용된 폴리머 매트릭스 물질은 약 1.40 내지 약 1.70 범위의 굴절률을 갖는다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층에서 사용된 폴리머 매트릭스 물질의 굴절률은 약 1.45 내지 약 1.55의 범위이다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층 또는 층들에서 사용된 폴리머 매트릭스 물질의 굴절률은 약 1.45 내지 약 1.55, 약 1.40 내지 약 1.50, 약 1.50 내지 약 1.60, 또는 약 1.60 내지 약 1.70의 범위이다.

[0316] 일부 구현예에서, 파장 전환 층은 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스, 및 발색단 (A) 또는 발색단 (B) 중 적어도 하나를 포함한다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층은 (i) 폴리머 용액을, 용매, 예컨대 사이클로펜타논, 디옥산, 테트라클로로에틸렌 (TCE), 등에 용해된 폴리머 분말과 예정된 비로 제조하는 단계; (ii) 발색단-함유 폴리머 용액을 얻기 위해 상기 폴리머 용액을 1 이상의 발색단과 예정된 중량 비로 혼합하여 발색단-함유 폴리머 용액을 제조하는 단계, (iii) 상기 발색단-함유 폴리머 용액을 유리 기판 위에 직접 캐스팅하고, 그 다음 상기 기판을 실온에서 최대 100°C까지 2 시간 내에 열처리하고, 130°C에서 밤새 추가로 진공 가열하여 잔여 용매를 완전히 제거하여 발색단/폴리머 박막을 형성하는 단계, (iv) 수증에서 발색단/폴리머 박막을 벗겨내고 그 다음 사용전 독립된 폴리머 필름을 건조시키는 단계; (v) 발색단/폴리머 용액 농도 및 증발 속도를 가변시켜 필름 두께를 0.1  $\mu\text{m}$ ~1mm로 조절할 수 있는 단계에 의해 제작될 수 있다.

[0317] 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 전환 층의 조성물은 발색단 화합물의 추가 분해를 방지하도록 작용할 수 있는 항산화제를 추가로 포함한다.

[0318] 일부 구현예에서, 추가 물질, 예컨대 유리 플레이트, 폴리머 층, 또는 반사 거울 층은 발광 패널에 사용될 수 있다. 상기 물질은 파장 전환 층 또는 층들을 캡슐화하는데 사용될 수 있거나, 이들은 파장 전환 층(들)을 보호하거나 캡슐화하는데 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 저철분 유리, 보로실리케이트 유리, 또는 소다-석회 유리로부터 선택된 유리 플레이트가 발광 패널에 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 유리 플레이트 또는 폴리머 층의 조성물은 또한 패널 내에 유해한 고에너지 방사선을 차단하도록 강한 UV 흡수제를 추가로 포함할 수 있다. 유리 플레이트 또는 폴리머 층에서의 UV 흡수제는 또한 파장 전환 층으로부터 유해한 고에너지 방사선을 차단하기 때문에 파장 전환 층(들)의 수명을 개선시킬 수 있다.

[0319] 수명이 개선된 발색단은, 최초 발색단의 50%가 분해되는데 걸리는 시간이 약 50%, 100%, 200%, 또는 300% 초과로 증가된 발색단이다. 예를 들면, 발색단이 전형적으로 발색단의 50%가 10일 후에도 유지되도록 분해되는 경우, 발색단 수명의 100% 증가율은 발색단이 50%로 분해되는데 20일 걸린다는 의미일 것이다. 이러한 분해율 감속은 개선된 수명을 나타낼 것이다.

[0320] 또 하나의 구현예에서, 발광 태양 수집 패널은 본원에서 개시된 바와 같은 발광 패널, 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스를 포함한다. 발광 태양 수집 패널은 2 개의 발광 물질을 편입하지 않는 패널과 비교하여 개선된 식물 성장 및 태양에너지 수확 효율의 증가를 동시에 제공하는 온실 지붕으로서 유용하고, 장기간 동안 광안정하다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널 내에 캡슐화되고, 이로써

디바이스는 외부 환경에 노출되지 않고, 여기서 상기 태양 에너지 전환 디바이스는 태양 에너지의 일부를 수용하고 에너지를 전기로 전환한다.

[0321] 발광 패널의 일부 구현예에서, 추가의 물질 또는 층 예컨대 모서리 밀봉 테이프, 프레임 물질, 폴리머 재료, 또는 추가의 층을 시스템에 접착하기 위한 접착제 층이 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 UV 흡수제를 함유하는 추가의 폴리머 층을 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, UV 흡수제는 발색단 (A)에 의해 흡수되지 않는 UV 파장을 흡수하도록 선택될 수 있다. 이렇게 함으로서, 발색단 (A)에 의해 사용하기 좋은 청색 광으로 전환될 수 있는 UV 파장이 전환될 것이며, 한편 발색단 (A)에 의해 전환될 수 없는 UV 파장은 UV 흡수제에 의해 흡수될 것이며, 이로써 이들 유해한 파장은 온실 내부의 식물에 도달하지 않는다.

[0322] 도 3은 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105) 및 제 2 유기 광안정성 발색단 (B) (106)을 포함하는 발광 패널 (104)의 구현예를 실증하며, 여기서 (A) (105) 및 (B) (106)는 파장 전환 층 (100) 내에서 혼합되고, 상기 파장 전환 층 (100)은 폴리머 매트릭스를 포함한다. 일부 구현예에서, (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (10 7)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 본원에 사용되는 바와 같이, 전자기 스펙트럼의 색상 영역은 전자기 스펙트럼의 가시광 영역을 의미한다. 일부 구현예에서, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다.

[0323] 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스를 포함한다. 발광 및 에너지 수집 패널은 동시에 개선된 식물 성장을 제공하고 태양 에너지 수확을 허용하는 온실 지붕으로서 유용하다. 일부 구현예에서, 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널 내에 캡슐화되고, 이로써 디바이스는 외부 환경에 노출되지 않고, 여기서 상기 태양 에너지 전환 디바이스는 태양 에너지의 일부를 수용하고 에너지를 전기로 전환한다.

[0324] 발광 물질을 온실 지붕 패널 내로 편입시키는 하나의 문제점은, 입사 광자가, 발광 물질에 의해 흡수되고 재-방출되면, 종종 패널의 폴리머 매트릭스 내에서 포획되고, 온실 내부의 식물 종에 절대 도달하지 않는다는 것이다. 태양전지 또는 광전지 모듈을 또한 포함하지 않는 발광 물질을 갖는 온실 패널의 경우, 포획된 광은 보통 열로 소멸된다. 태양 에너지 전환 디바이스를 발광 물질을 갖는 온실 지붕 패널 내로 편입시키는 하나의 이점은 이러한 포획된 광의 대부분이 태양 에너지 전환 디바이스에 의해 흡수되어 전기로 전환될 것이며, 이로써 매우 적은 광이 낭비된다는 점이다.

[0325] 동시에, 상기 패널 내로 태양 에너지 전환 디바이스의 편입은 태양 에너지의 일부를 전기로 전환시켜 충분한 전기 발생을 제공한다. 원하는 전기 발생, 및 식물 종에 도달하는데 필요한 광자의 양에 따라서, 다양한 디자인이 태양전지를 발광 패널 내로 편입시켜 발광 및 에너지 수집 패널을 형성하는데 사용될 수 있다. 태양 에너지 전환 디바이스가 온실 지붕 패널 내로 편입되는 경우, 태양 에너지 전환 디바이스는 입사 태양 방사선에 대해 식물과 경쟁한다. 태양 에너지 전환 디바이스는 불투명하고, 입사 태양 방사선을 차단할 것이다. 온실 지붕 패널의 너무 많은 부분이 태양 에너지 전환 디바이스를 편입한다면, 온실 내부의 식물에 도달하는 태양 에너지는 너무 적을 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널 내로 편입되는 태양 에너지 전환 디바이스의 양은 온실 내의 식물의 태양 방사선 요구를 충족시키도록 맞추어질 수 있다. 일부 구현예에서, 상이한 온실 부분은 발광 및 에너지 수집 패널 내에 상이한 밀도의 태양 에너지 전환 디바이스 포함할 수 있다. 예를 들면, 온실 지붕의 북쪽은 온실의 남쪽과 비교하여 발광 및 에너지 수집 패널에 더 많은 태양 에너지 전환 디바이스를 편입 할 수 있다. 조정은 온실의 위치를 기반으로 이루어질 수 있다.

[0326] 발광 패널 내의 태양 에너지 전환 디바이스의 배치에 대한 제한은 없다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널의 파장 전환 층들 중 하나 내로 편입될 수 있다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 파장 전환 층 또는 층들 및 발광 패널의 또 하나의 폴리머 또는 유리 층 사이에 편입될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널에서 태양 에너지 전환 디바이스의 배치는 태양 에너지 전환 디바이스의 유형을 기반으로 지정될 수 있다. 예를 들면, 일부 구현예에서, UV 방사선으로의 노출로 빠르게 분해하는 태양 에너지 전환 디바이스는 발광 패널에 배치될 수 있으며, 이로써 발색단 (A)를 포함하는 파장 전환 층은 전자기 스펙트럼의 UV 영역에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역에서 방출 피크 최대치를 갖고, 이로써 이 유해한 UV 광자가 태양 에너지 전환 디바이스에 도달하기 전에 더 긴 파장길이 광자로 전환시켜, 태양 에너지 전환 디바이스가 UV 방사선을 수용하는 것을 효과적으로 방지한다.

[0327] 상이한 유형의 태양전지는 종종 상이한 파장의 광자를 상이하게 이용한다. 예를 들면, 일부 실리콘 기반 디바이스는 더 높은 파장 광자를 전기로 전환시키는데 더 효율적이며, 한편 CdTe 기반 태양전지는 오렌지 및 적색 스

스펙트럼의 광자를 전기로 전환시키는데 더 효율적일 수 있다. 따라서, 태양 에너지 전환 디바이스는 또한, 광자를 전기로 전환시키는 태양 에너지 전환 디바이스에 대해 최적의 파장에서 방사선을 재방출하는 파장 전환 층 내에 배치될 수 있다. 예를 들면, 청색 광자에 의해 최대 전기적 전환율을 나타내는 실리콘 기반 태양전지는 실리콘 태양전지가 주로 청색 광자를 포획하게 할 위치에서 발광 패널에 배치될 것이다. 최적의 전기적 전환율은 상이한 유형의 태양전지에 따라 가변적이다. 따라서, 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 특정한 태양 에너지 전환 디바이스에 대해 최적의 파장 광자의 포획을 최대화하는 위치에서 발광 패널 내에 배치될 수 있다.

[0328] 발광 및 에너지 수집 패널은 모든 상이한 유형의 태양 에너지 전환 디바이스와 양립가능하다. 따라서, 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 실리콘 기반 디바이스, III-V 및 II-VI PN 접합 디바이스, CIGS 박막 디바이스, 유기 증감제 디바이스, 유기 박막 디바이스, CdS/CdTe 박막 디바이스, 염료 감응형 디바이스, 등을 포함하는, 모든 상이한 유형 및 크기의 태양전지 및 태양광 패널과 양립가능하도록 구성될 수 있다. 디바이스, 예컨대 비결정성 실리콘 태양전지, 미세결정성 실리콘 태양전지, 및 결정성 실리콘 태양전지가 또한 이용될 수 있다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 카드뮴 살파이드/카드뮴 텔루라이드 태양전지를 포함하는 적어도 하나의 광전지 디바이스 또는 태양전지를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 구리 인듐 갈륨 딜셀레나이드 태양전지를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 III-V 또는 II-VI PN 접합 디바이스를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 유기 증감제 디바이스를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 유기 박막 디바이스를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 비결정성 실리콘 (a-Si) 태양전지를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 미세결정성 실리콘 ( $\mu$ c-Si) 태양전지를 포함한다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스는 결정성 실리콘 (c-Si) 태양전지를 포함한다.

[0329] 발광 및 에너지 수집 패널의 일부 구현예에서, 다중 유형의 광전지 디바이스가 패널 내에서 사용될 있으며 독립적으로 선택되고 파장 전환 층의 방출 파장에 따라서 발광 패널 내로 편입되어 최고 가능한 광전 전환 효율을 제공할 수 있다. 추가로, 파장 전환 층에서 발색단의 혼합물은 파장 전환 층의 방출 스펙트럼이 특정한 광전지 또는 태양전지 디바이스에 대해 최적화되도록 선택될 수 있으며, 단, 온실 내부의 식물에 도달하는 광은 청색 및 적색 파장을 포함한다.

[0330] 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널은 발광 패널 내의 상기 층을 광전지 디바이스 또는 태양전지의 광입사 표면에 부착시키는데 사용되는 굴절률 정합액을 추가로 포함한다. 일부 구현예에서 사용된 굴절률 정합액은 지방족 및 지환족 탄화수소, 및 수소첨가된 테르페닐(Cargille-Sacher Laboratories, Inc. 사제)을 포함하는 시리즈 A 미네랄 오일이다.

[0331] 일부 구현예에서, 도 3에서 보여주는 바와 같이, 재-방출된 광자는 발광 패널 내의 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있다. 이러한 스펙트럼의 내부적으로 반사된 부분은 광전지 디바이스에서 수확되어 사용하기 좋은 전기를 생산할 수 있다.

[0332] 도 4는 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 유기 광안정성 발색단 (B) (106)을 포함하는 발광 패널 (104)의 구현예를 실증하며, 여기서 (A) (105)는 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치하고 (B) (106)은 제 2 파장 전환 층 (100'')에 위치한다. 일부 구현예에서, 도시되지 않지만, (B) (106)은 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치하고 (A) (105)는 제 2 파장 전환 층 (100'')에 위치한다. 일부 구현예에서, 각각의 파장 전환 층은 폴리머 매트릭스를 독립적으로 포함한다. 일부 구현예에서, (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖고, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자는 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있으며 태양전지로 수송된다.

[0333] 일부 구현예에서, 발광 및 에너지 수집 패널 (104)은 1 이상의 접착제 층을 추가로 포함한다. 일부 구현예에서, 1 이상의 접착제 층은 파장 전환 층 또는 층들과 함께 부착된다. 일부 구현예에서, 접착제 필름은 태양 에너지 전환 디바이스를 발광 패널 내의 임의의 다양한 층에 부착시킬 수 있다. 다양한 유형의 접착제가 사용될 수 있다. 일부 구현예에서, 접착제 층 또는 층들은 고무, 아크릴, 실리콘, 비닐 알킬 에테르, 폴리에스테르, 폴리아미드, 우레탄, 불소, 에폭시, 에틸렌 비닐 아세테이트, 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택된 물질을 독립적으로 포함한다. 접착제는 영구적이거나 비-영구적일 수 있다. 일부 구현예에서, 접착제 층의 두께는 약 1  $\mu$ m 내지 100  $\mu$ m이다. 일부 구현예에서, 접착제 층의 굴절률은 약 1.40 내지 약 1.70의 범위이다.

[0334] 도 5는 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치한 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 파장 전환 층

(100")에 위치한 (B) (106)을 포함하고, 추가로 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)를 포함하는 발광 패널 (104)의 구현예를 실증한다. 상기에서 논의된 바와 같이, 이들 층들 (100', 100", 112)은 접착제 층을 사용하여 서로 부착될 수 있다. 또한, 상기에서와 같이, 각각의 상기 파장 전환 층들 (100', 100")은 폴리머 매트릭스를 독립적으로 포함할 수 있으며, 여기서 (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖고, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자는 발광 패널 내에서 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있다. 이러한 스펙트럼의 내부적으로 반사된 부분은 광전지 디바이스에서 수확되어 사용하기 좋은 전기를 생산할 수 있다. 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)는 발광 패널 (104) 내에서 반사 및 굴절 효율을 증가시켜 광전지에 의해 수확된 광의 양을 증가시키는데 사용될 수 있다.

[0335] 다른 층은 또한 발광 태양 수집 패널의 광전 전환 효율을 추가로 증대시키도록 포함될 수 있다. 예를 들면, 발광 태양 수집 패널은 추가로 적어도 하나의 미세구조 층을 가질 수 있고, 상기 미세구조 층은 환경으로의 광자의 손실을 감소시켜 태양광 모듈의 태양에너지 수확 효율을 추가로 증대시키도록 설계된다 (참고 U.S. 가특허 출원 번호 61/555,799, 이것은 참고로 본원에 편입됨). 표면 위에 다양한 미세구조 (즉 피라미드 또는 원뿔형)를 갖는 층은 태양전지의 광전 전환 층 내로 광자의 내부 반사 및 굴절을 증가시켜, 디바이스의 태양에너지 수확 효율을 추가로 증대시킬 수 있다. 상기에서와 같이, 이들 층은 접착제 층을 사용하여 서로 부착될 수 있다.

[0336] 일부 구현예에서, 적어도 하나의 파장 전환 층, 및 적어도 2 개의 유기 광안정성 발색단을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널의 파장 전환 층(여기서, 상기 파장 전환 층 또는 층들은 추가로 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스를 포함한다)은 우선 발색단/폴리머 용액을 액체 또는 젤의 형태로 합성하고, 상기 발색단/폴리머 용액을 표준 적용 방법, 예컨대 스픈 코팅 또는 드롭 캐스팅을 사용하여 유리 또는 폴리머 플레이트에 도포한 후 상기 발색단/폴리머 용액을 제형 디자인에 의해 결정되는 바와 같은 고체 형태로 경화 (즉 열처리, UV 노출, 등)시켜 형성된다. 이후, 건조되면, 상기 필름을 다양한 구조에서 발광 및 에너지 수집 패널에 사용할 수 있다.

[0337] 도 7은 발광 및 에너지 수집 패널의 구현예를 설명하고, 이 패널은 발광 패널 (104) 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스 (103)를 포함한다. 발광 패널은 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치한 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 파장 전환 층 (100")에 위치한 (B) (106)를 포함한다. 일부 구현예에서, 각각의 파장 전환 층들 (100', 100")은 추가로 폴리머 매트릭스를 독립적으로 포함하며, 여기서 (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖고, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자는 발광 패널 내에서 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있으며, 여기서 이들 포획된 광자는 태양 에너지 전환 디바이스 (103)에 의해 흡수될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)를 추가로 포함한다.

[0338] 상이한 유형의 광 입사 표면을 이용하는 태양 에너지 전환 디바이스가 사용될 수 있다. 예를 들면, 일부 태양 에너지 전환 디바이스는 양면이며, 2개의 면에서 방사선을 수용할 수 있다. 일부 태양 에너지 전환 디바이스는 단지 한쪽에서만 방사선을 수용할 수 있다. 발광 및 에너지 수집 패널의 일부 구현예에서, 양면 태양 에너지 전환 디바이스는 그것의 양면 중 한쪽 면에서 직접적인 입사 태양 방사선을 수용할 수 있고, 또한 그것의 양면 중 두 면에서 발광 패널 내의 내부 반사로부터 간접적인 방사선을 수용할 수 있도록 사용된다. 발광 및 에너지 수집 패널의 일부 구현예에서, 단일면 태양 에너지 전환 디바이스는 그것의 한쪽 면에서 직접적인 입사 태양 방사선을 수용하고, 또한 그것의 한쪽 면에서 발광 패널 내의 내부 반사로부터 간접적인 방사선을 수용할 수 있도록 발광 및 에너지 수집 패널 내에 사용되고 배치된다. 태양 에너지 전환 디바이스가 뒤집혀 (upside down) 위치하고 이로써 태양 에너지 전환 디바이스의 광 입사면이 태양으로부터 외면되게 하는 것이 바람직할 수 있다. 태양 에너지 전환 디바이스가 뒤집히는 경우, 직접적인 태양 방사선을 수용할 수 없으며, 이것은 에너지로 전환될 방사선을, 발광 패널 내에 포획되어 태양 에너지 전환 디바이스에 도달할 때까지 내부적으로 반사되고 굴절되는 광자의 것으로 한정한다. 이것은 식물과 태양전지 사이의 경쟁을 완화시키는 것을 돋는다. 이는 또한 직접적인 태양광으로부터 태양전지를 보호하며, UV 방사선 노출의 양을 감소시켜 그것의 수명을 증가시킬 수 있다. 따라서, 발광 및 에너지 수집 패널의 일부 구현예에서, 단일면 태양 에너지 전환 디바이스는 그것의 한쪽 면에서 직접적인 입사 태양 방사선을 수용할 수 없고, 그것의 한쪽 면에서 발광 패널 내의 내부 반사로부터 간접적인 방사선만을 수용할 수 있도록 발광 및 에너지 수집 패널 내에 사용되고 배치된다.

[0339] 일부 구현예에서, 도 7에서 보여주는 바와 같이, 태양 에너지 전환 디바이스 (103)는 양면 또는 단일면일 수 있고, 직접적인 및 간접적인 광자 둘 모두를 수용하도록 배치될 수 있거나 간접적인 광자만을 수용하도록 배치될

수 있다.

[0340] 도 8은 발광 및 에너지 수집 패널의 구현예를 설명하고, 이 패널은 발광 패널 (104) 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스 (103)를 포함한다. 발광 패널은 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치한 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 파장 전환 층 (100'')에 위치한 (B) (106)을 포함한다. 일부 구현예에서, 각각의 파장 전환 층들 (100', 100'')은 추가로 폴리머 매트릭스를 독립적으로 포함하고, 여기서 (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖고, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자는 발광 패널 내에서 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있으며, 여기서 이들 포획된 광자는 태양 에너지 전환 디바이스 (103)에 의해 흡수될 수 있다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스 (103)는 양면 또는 단일면일 수 있고, 직접적인 및 간접적인 광자 둘 모두를 수용하도록 배치될 수 있거나 간접적인 광자만을 수용하도록 배치될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)를 추가로 포함한다.

[0341] 도 9는 발광 및 에너지 수집 패널의 구현예를 설명하고, 이 패널은 발광 패널 (104) 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스 (103)를 포함한다. 발광 패널 (104)은 제 1 파장 전환 층 (100')에 위치한 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 파장 전환 층 (100'')에 위치한 (B) (106)을 포함한다. 일부 구현예에서, 각각의 파장 전환 층들 (100', 100'')은 추가로 폴리머 매트릭스를 독립적으로 포함한다. 일부 구현예에서, (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자들 (108, 110)은 발광 패널 내에서 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있으며, 여기서 이들 포획된 광자는 태양 에너지 전환 디바이스 (103)에 의해 흡수될 수 있다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스 (103)는 양면 또는 단일면일 수 있고, 직접적인 및 간접적인 광자 둘 모두를 수용하도록 배치될 수 있거나 간접적인 광자만을 수용하도록 배치될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)를 추가로 포함한다.

[0342] 도 10은 발광 및 에너지 수집 패널의 구현예를 설명하고, 이 패널은 발광 패널 (104) 및 적어도 하나의 태양 에너지 전환 디바이스 (103)를 포함한다. 발광 패널은 제 1 유기 광안정성 발색단 (A) (105), 및 제 2 유기 광안정성 발색단 (B) (106)을 포함하고, 여기서 (A) (105) 및 (B) (106)은 동일한 파장 전환 층 (100) 내에서 혼합된다. 일부 구현예에서, 파장 전환 층은 폴리머 매트릭스를 포함하고 (A) (105)는 전자기 스펙트럼의 UV 영역 (107)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 청색 영역 (108)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, (B) (106)은 전자기 스펙트럼의 녹색 영역 (109)에서 흡수 피크 최대치를 갖고 전자기 스펙트럼의 적색 영역 (110)에서 방출 피크 최대치를 갖는다. 일부 구현예에서, 재-방출된 광자는 발광 패널 (104) 내에서 내부 반사 (111)에 의해 포획될 수 있으며, 이들 포획된 광자는 태양 에너지 전환 디바이스 (103)에 의해 흡수될 수 있다. 일부 구현예에서, 태양 에너지 전환 디바이스 (103)는 양면 또는 단일면일 수 있고, 직접적인 및 간접적인 광자 둘 모두를 수용하도록 배치될 수 있거나 간접적인 광자만을 수용하도록 배치될 수 있다. 일부 구현예에서, 발광 패널은 유리 또는 폴리머 플레이트 (112)를 추가로 포함한다.

[0343] 일부 구현예에서, 식물의 성장률을 증가시키는 방법이 제공된다. 일부 구현예에서, 상기에서 기재된 발광 패널을 사용하여 여과되는 광에 노출되는 식물의 성장률은, 여과된 광에 노출되지 않은 식물에 비해, 약 0 내지 약 5%, 약 5% 내지 약 10%, 약 10% 내지 약 20%, 약 20% 내지 약 30%, 약 30% 내지 약 40%, 약 40% 내지 약 50%, 약 50% 내지 약 60%, 약 60% 내지 약 70%, 약 70% 내지 약 100%, 또는 약 100% 초과 또는 그렇지 않으면 이들 사이의 값만큼 증가된다.

[0344] 일부 구현예는 식물의 성장률을 증가시키는 방법에 관한 것이며, 이 방법은 상기 또는 하기에서 기재된 바와 같은 발광 패널을 통해 여과된 광에 식물을 노출시키는 단계를 포함한다.

[0345] 일부 구현예는 식물의 성장률을 증가시키는 방법에 관한 것이며, 이 방법은 상기 또는 하기에서 기재된 바와 같은 발광 패널을 통해 여과된 광에 식물을 노출시키는 단계로서, 상기 발광 패널은 광전지를 추가로 포함하는, 상기 노출 단계를 포함한다.

[0346] 일부 구현예에서, 본원에 기재된 발광 패널을 사용한 성장률은 종래의 온실 패널을 통해 여과된 광을 수용하는 식물에 비해 약 1% 내지 약 40%, 약 5% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 25%, 또는 약 15% 내지 약 20% 범위로 증가된다. 일부 구현예에서, 식물 성장률은 종래의 온실 패널을 통해 여과된 광을 수용하는 식물에 비해 약 40%,

30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 또는 약 1% 초과로 증가된다.

[0347]

일부 구현예는 식물의 과일 수확량을 증가시키는 방법에 관한 것이며, 이 방법은 상기 또는 하기에서 기재된 바와 같은 발광 패널 및/또는 에너지 수집 패널을 통해 여과된 광에 식물을 노출시키는 단계를 포함한다. 일부 구현예에서, 과일 수확량은 종래의 온실 패널을 통해 여과된 광을 수용하는 식물에 비해 약 1% 내지 약 40%, 약 5% 내지 약 30%, 약 10% 내지 약 25%, 또는 약 15% 내지 약 20% 범위의 양만큼 증가된다. 일부 구현예에서, 식물 과일 수확량은 종래의 온실 패널을 통해 여과된 광을 수용하는 식물에 비해 약 40%, 30%, 25%, 20%, 15%, 10%, 5%, 또는 약 1% 초과로 증가된다.

[0348]

일부 구현예는, 입사 광자를 흡수하도록 구성된 흡광 표면, 약 300 nm 내지 약 450 nm 범위의 최대 흡수 및 약 400 nm 내지 약 520 nm 범위의 최대 방출을 갖는 제 1 유기 광안정성 발색단; 및 약 480 nm 내지 약 620 nm 범위의 최대 흡수 및 약 550 nm 내지 약 800 nm 범위의 최대 방출을 갖는 제 2 유기 광안정성 발색단을 포함하는 적어도 하나의 파장 변환 층을 포함하는 온실 패널에 속한다.

[0349]

본 발명의 측면들을 요약할 목적 및 관련된 기술을 넘어 달성된 이점에 대해, 본 발명의 특정 목적 및 이점이 이 개시내용에 기재된다. 물론, 반드시 모든 그와 같은 목적 또는 이점이 본 발명의 임의의 특정한 구현예에 따라서 달성될 수 있지 않음이 이해되어야 한다. 따라서, 예를 들면, 당해분야의 숙련가는, 본 발명이, 본원에 교시되거나 제안될 수 있는 기타 목적 또는 이점을 필연적으로 달성하지 않고, 본원에 교시된 하나의 이점 또는 이점 그룹을 달성하거나 최적화하는 방식으로 구체화되거나 수행될 수 있음이 인지될 것이다. 본 발명의 추가의 측면, 특징 및 이점은 하기 실시예로부터 분명할 것이다.

[0350]

실시예

[0351]

본 개시내용에서, 열거된 치환체 그룹은, 달리 명시되지 않으면, 추가의 치환된 및 비치환된 그룹 모두를 포함한다. 게다가, 상태 및/또는 구조가 명시되지 않은 본 개시내용에서, 당해분야의 숙련가는, 일상적인 실험 과정의 문제로서, 본 개시내용을 고려하여, 그와 같은 상태 및/또는 구조를 쉽게 제공할 수 있다.

[0352]

광전지 적용

[0353]

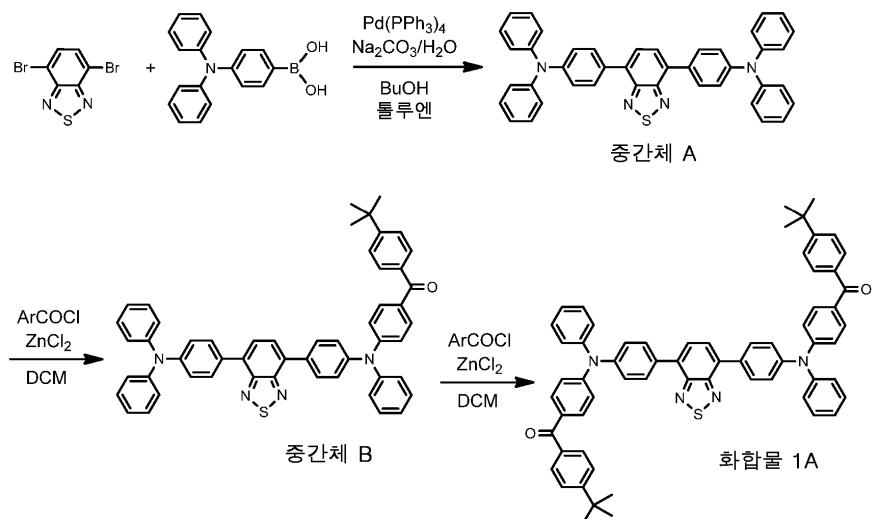
발색단 화합물의 합성

[0354]

화합물 1A

[0355]

화합물 1A의 합성은 하기 도식에 따라 수행되었다:



[0356]

4,7-디브로모벤조[2,1,3]티아디아졸 (13.2 g, 45 mmol), 4-(*N,N*-디페닐아미노)페닐보론산 (30.0 g, 104 mmol), 물 (80 mL) 중 탄산나트륨 (21.2 g, 200 mmol)의 용액, 테트라키스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) (5.0 g, 4.3 mmol), *n*-부탄올 (800 mL), 및 톨루엔 (400 mL)의 혼합물을 아르곤 하에서 교반하고 100 °C에서 20 시간 동안 가열했다. 실온으로 냉각한 후, 혼합물을 물 (600 mL)로 희석하고 2 시간 동안 교반했다. 마지막으로, 반응 혼합물을 톨루엔 (2 L)로 추출하고, 휘발성물질을 감압 하에서 제거했다. 잔류물을 실리카겔 및 헥산/디클로로메탄 (1:1)을 용출물로서 사용하는 크로마토그래피를 수행하여 26.96 g (43.3 mmol, 96%)의 4,7-비스[*(N,N*-디페

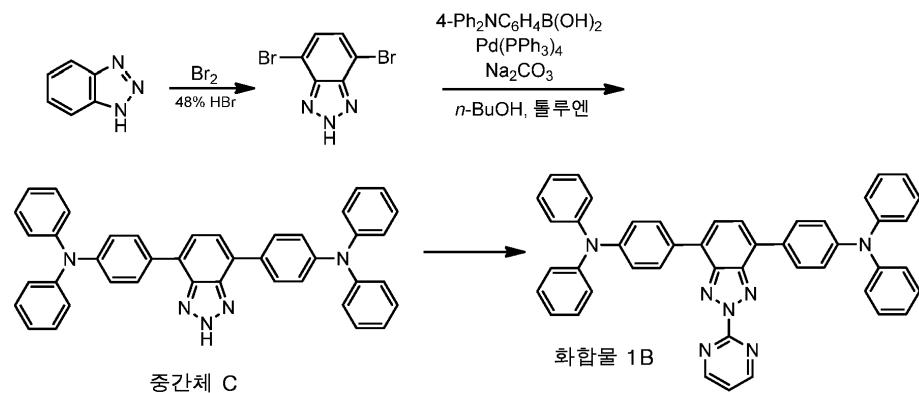
닐아미노)페닐)]벤조[2,1,3]티아디아졸 (중간체 A)를 얻었다.

[0358] 아르곤 하에서 교반되고 얼음/물 배쓰에서 냉각된 디클로로메탄 (800 mL) 중 중간체 A (22.0 g, 35.3 mmol)의 용액에 4-*t*-부틸벤조일 클로라이드 (97.4 mL, 500 mmol) 및 에틸 에테르 (700 mL, 700 mmol) 중 아연 클로라이드의 1M 용액을 소량씩 부가했다. 수득된 혼합물을 교반하고 44 °C에서 68 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 부서진 얼음 (2 kg) 상에 부었고, 교반하고, 포화된 탄산나트륨으로 처리하여 pH 8로 만들고, 디클로로메탄 (2 L)로 희석하고 대기압 하에서 미세 유리 깔때기에 통과시켰다. 디클로로메탄 층을 분리하고, 황산마그네슘 상에서 건조시키고, 용매를 증발시켰다. 잔여물의 칼럼 크로마토그래피 (실리카겔, 헥산/디클로로메탄/에틸 아세테이트, 48:50:2) 그 다음 에탄올로부터 재결정화로 순수한 발광 염료 중간체 B를 제 1 분획, 7.72 g (28%)으로서 얻었다.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.94 (d, 2H,  $J$  = 7.3 Hz), 7.87 (d, 2H,  $J$  = 7.7 Hz), 7.74 (m, 6H), 7.47 (d, 2H,  $J$  = 7.3 Hz), 7.36 (t, 2H,  $J$  = 7.3 Hz), 7.31 (d, 2H,  $J$  = 7.3 Hz), 7.27 (m, 6H), 7.19 (m, 7H), 7.13 (d, 2H,  $J$  = 7.7 Hz), 7.06 (t, 2H,  $J$  = 7.3 Hz), 1.35 (s, 9H). UV-vis 스펙트럼:  $\lambda_{\text{max}} = 448$  nm (디클로로메탄), 456 nm (PVB 필름). 형광측정법:  $\lambda_{\text{max}} = 618$  nm (디클로로메탄), 562 nm (PVB 필름).

[0359] 제 2 분획으로 발광 염료 화합물 1A, 12.35 g (37% 수율)를 얻었다.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.95 (d, 4H,  $J$  = 8.4 Hz), 7.79-7.73 (m, 10H), 7.48 (d, 4H,  $J$  = 7.7 Hz), 7.36 (t, 4H,  $J$  = 7.7 Hz), 7.31 (d, 4H,  $J$  = 8.4 Hz), 7.25 (d, 4H,  $J$  = 7.7 Hz), 7.18 (t, 2H, Ph), 7.14 (d, 4H,  $J$  = 8.8 Hz), 1.35 (s, 18H). UV-vis 스펙트럼:  $\lambda_{\text{max}} = 437$  nm (디클로로메탄), 455 nm (PVB 필름). 형광측정법:  $\lambda_{\text{max}} = 607$  nm (디클로로메탄), 547 nm (PVB 필름).

#### 화합물 1B

화합물 1B의 합성은 하기 도식에 따라 수행되었다:



[0362] [0363] 벤조트리아졸 (5.96 g, 50 mmol), 브롬 (7.7 mL, 150 mmol) 및 48% HBr (30 mL)의 혼합물을 120 °C에서 24 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 얼음/물 (200 mL)에 부었고, 5N NaOH로 중화하고, 과잉의 브롬을 1M 나트륨 티오셀페이트 (KI/녹말 시험지로 시험함)의 부가로 제거했다. 30 분 동안 교반한 후, 고형물을 여과 제거하고, 물로 세정하고 진공 오븐에서 건조했다. 조 생성물을 칼럼 크로마토그래피 (실리카겔, 디클로로메탄/에틸 아세테이트 75:25)로 정제하고 에틸 아세테이트 (50 mL)로 세정하여 4,7-디브로모-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 2.65 g (19%)를 얻었다.

[0364] 4,7-디브로모-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (1.37 g, 5.5 mmol), 4-(디페닐아미노)페닐보론산 (3.47 g, 12 mmol), 물 (10 mL) 중 탄산나트륨 (5.30 g, 50 mmol), 테트라카이스(트리페닐포스핀)팔라듐 (0) (1.15 g, 1.0 mmol), *n*-부탄올 (80 mL), 및 톨루엔 (10 mL)의 혼합물을 교반하고 아르곤 하에서 120 °C에서 4일 동안 가열했다. 반응 혼합물을 물 (300 mL)에 부었고, 15 분 동안 교반하고, 디클로로메탄 (2 x 300 mL)로 추출했다. 용액을 무수 황산나트륨 상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거하고, 잔류물에 대해 크로마토그래피 (실리카겔, 디클로로메탄/에틸 아세테이트 95:5)를 수행하여 4,7-비스(4-(N,N-디페닐아미노)페닐)-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (중간체 C), 1.85 g (56%)를 얻었다.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.58 (s, 2H, 벤조트리아졸), 7.16-7.23 (m, 16H, *p*-페닐렌 및 Ph), 7.07 (t,  $J$  = 7.3, 4H, Ph), 7.02 (bs, 1H, N-H).

[0365]

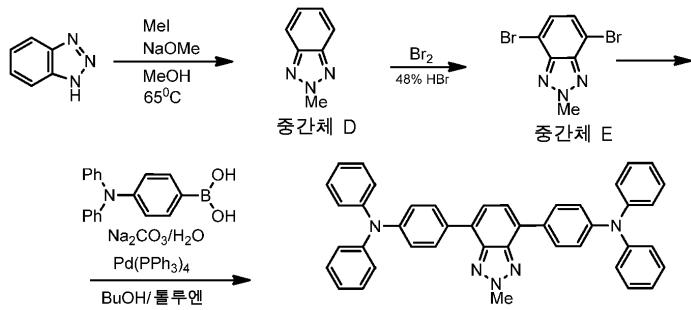
중간체 **C** (500 mg, 0.82 mmol), 2-클로로페리미딘 (343 mg, 3.0 mmol), 60% NaH (60 mg, 1.5 mmol), 및 디메틸 포름아미드 (10 mL)의 혼합물을 아르곤 하에서 교반하고 120 °C에서 20 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 물 (100 mL)에 부었고 디클로로메탄 (4 x 100 mL)로 추출했다. 추출물을 무수 황산나트륨 상에서 건조시키고, 휘발성 물질을 감압 하에서 제거하고, 잔류물에 대해 실리카겔 및 디클로로메탄/에틸 아세테이트 (95:5)을 용출물로서 사용하는 크로마토그래피를 수행했다. 수득된 생성물을 에탄올로부터 재결정하여 4,7-비스(4-(*N,N*-디페닐 아미노)페닐)-2-(페리미딘-2-일)-2*H*-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (화합물 **1B**), 오렌지 결정, 340 mg (61%)를 얻었다. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 8.99 (d, *J* = 5.1 Hz, 2H, 페리미딘), 8.02 (d, *J* = 8.8 Hz, 4 H, *p*-페닐렌), 7.66 (s, 2H, 벤조트리아졸), 7.47 (t, *J* = 4.8 Hz, 1H, 페리미딘), 7.28 (m, 8H, Ph), 7.21 (d, *J* = 8.4 Hz, 4H, *p*-페닐렌), 7.18 (m, 8H, Ph), 7.05 (tt, *J* = 7.3 및 1.1 Hz, 4H, Ph). UV-vis 스펙트럼 (디클로로메탄):  $\lambda_{\text{max}} = 451$  nm. 형광측정법 (디클로로메탄):  $\lambda_{\text{max}} = 600$  nm. UV-vis 스펙트럼 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 450$  nm. 형광측정법 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 563$  nm.

[0366]

#### 화합물 2 (UV 흡수 발색단)

[0367]

화합물 **2**의 합성은 하기 도식에 따라 수행되었다:



[0368]

[0369]

메탄올 (100 mL) 중 벤조트리아졸 (23.82 g, 200 mmol), 나트륨 메톡사이드 (13.56 g, 250 mmol) 및 아이오도메탄 (15.60 mL, 250 mmol)의 용액을 환류에서 24 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 물 (200 mL)에 부었고 디클로로메탄 (2 x 100 mL)로 추출했다. 추출물을 탄산나트륨 상에서 건조시키고 실리카겔 및 디클로로메탄/에틸아세테이트 (98:2 → 90:10의 구배 방법)을 용출물로서 사용하는 크로마토그래피를 수행하여 2-메틸벤조트리아졸 (중간체 **D**) (3.50 g, 10.5%)을 제 1 분획으로서 얻었다.

[0370]

48% 브롬화수소산 (25 mL) 중 중간체 **D** (3.00 g, 22.5 mmol)의 용액을 브롬 (4.5 mL, 86.8 mmol)으로 처리하고 120 °C에서 18 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 염음/물 (100 mL)에 부었고, 2N 수산화나트륨으로 처리하고 pH 10을 만들고, 디클로로메탄 (2 x 100 mL)로 추출했다. 추출물을 황산마그네슘 상에서 건조시키고 실리카겔의 층을 통해 여과하여 4,7-디브로모-2-메틸벤조트리아졸 (중간체 **E**) (4.35 g, 67%)를 얻었다.

[0371]

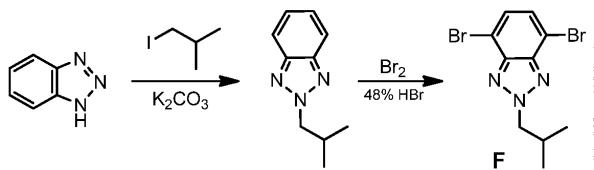
중간체 **E** (2.90 g, 10.0 mmol), 4-(디페닐아미노)페닐보론산 (7.50 g, 26 mmol), 테트라카이스(트리페닐포스핀) 팔라듐(0) (1.16 g, 1.0 mmol), 물 (25 mL) 중 탄산나트륨 (5.30 g, 50 mmol), 및 1,2-디메톡시에탄 (80 mL)의 혼합물을 아르곤 하에서 교반하고 110 °C에서 40 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 물 (100 mL)에 부었고, 2 시간 동안 교반하고, 디클로로메탄 (2 x 100 mL)로 추출했다. 추출물을 나트륨 설페이트 상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거하고, 잔류물에 대해 헥산/디클로로메탄 (9:1 → 2:8의 구배 방법)을 용출물로서 사용하는 크로마토그래피를 수행했다. 원하는 생성물을 함유하는 분획을 조합하고 농축하여 발색단 화합물 **2** (4.06 g, 64%)을 황색 결정성 물질로서 얻었다. <sup>1</sup>H NMR (CDCl<sub>3</sub>): δ 7.95 (d, *J* = 8.8 Hz, 4 H), 7.59 (s, 2 H), 7.27 (m, 8 H), 7.18 (m, 12 H), 7.04 (tt, *J* = 7.3 및 1.1 Hz, 2 H), 4.57 (s, 3 H). UV-vis 스펙트럼 (디클로로메탄):  $\lambda_{\text{max}} = 402$  nm. 형광측정법 (디클로로메탄):  $\lambda_{\text{max}} = 492$  nm. UV-vis 스펙트럼 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 407$  nm. 형광측정법 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 470$  nm.

[0372]

#### 중간체 F

[0373]

공통의 중간체 F는 하기 도식에 따라 합성되었다.



[0374]

단계 1: 2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸.

[0375]

벤조트리아졸 (11.91 g, 100 mmol), 1-아이오도-2-메틸프로판 (13.8 mL, 120 mmol), 탄산칼륨 (41.46 g, 300 mmol), 및 디메틸포름아미드 (200 mL)의 혼합물을 교반하고 아르곤 하에서 40 °C에서 2 일 동안 가열했다. 반응 혼합물을 열음/물 (1 L)에 부었고 톨루엔/헥산 (2:1, 2 x 500 mL)로 추출했다. 추출물을 1 N HCl (2 x 200 mL) 그 다음 염수 (100 mL)로 세정하고, 무수 황산마그네슘 상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거했다. 잔류물을 헥산 (200 mL)로 분쇄하고 실온에서 2 시간 동안 두었다. 침전물을 분리하고 버리고, 용액을 실리카겔 (200 g)의 층을 통해 여과했다. 실리카겔을 헥산/디클로로메탄/에틸 아세테이트 (37:50:3, 2 L)로 세정했다. 여과물 및 세정물을 조합하고, 용매를 감압 하에서 제거하고 2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (8.81 g, 50% 수율)을 오일성 생성물로서 얻었다. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 7.86 (m, 2H, 벤조트리아졸), 7.37 (m, 2H, 벤조트리아졸), 4.53 (d, J = 7.3 Hz, 2H, *i*-Bu), 2.52 (m, 1H, *i*-Bu), 0.97 (d, J = 7.0 Hz, 6H, *i*-Bu).

[0376]

단계 2: 4,7-디브로모-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (중간체 F).

[0377]

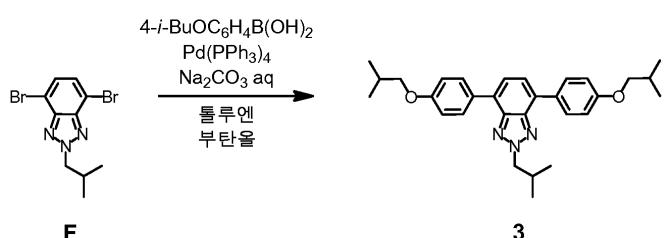
2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (8.80 g, 50 mmol), 브롬 (7.7 mL, 150 mmol) 및 48% HBr (50 mL)의 혼합물을 130 °C에서 24 시간 동안 HBr 트랩과 함께 연결된 환류 콘텐서 하에서 가열했다. 반응 혼합물을 열음/물 (200 mL)에 부었고, 5 N NaOH (100 mL)로 처리하고 디클로로메탄 (2 x 200 mL)로 추출했다. 추출물을 무수 황산마그네슘 상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거했다. 헥산/디클로로메탄 (1:1, 200 mL)의 잔여물의 용액을 실리카겔의 층을 통해 여과하고 농축하여 4,7-디브로모-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸, 중간체 F (11.14 g, 63% 수율)을 오일로서 얻었고, 이것은 실온에서 보관시 서서히 고형화되었다. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 7.44 (s, 2H, 벤조트리아졸), 4.58 (d, J = 7.3 Hz, 2H, *i*-Bu), 2.58 (m, 1H, *i*-Bu), 0.98 (d, J = 6.6 Hz, 6H, *i*-Bu).

[0378]

## 화합물 3

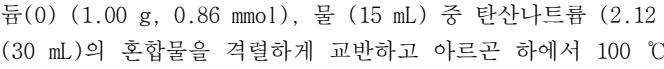
[0379]

발색단 화합물 3의 예는 하기 반응 도식에 따라 합성되었다.



[0380]

발색단 화합물 3의 예는 하기 반응 도식에 따라 합성되었다.



[0381]

중간체 F (1.32 g, 4.0 mmol), 4-이소부톡시페닐보론산 (1.94 g, 10.0 mmol), 테트라카이스(트리페닐포스핀)팔라듐(0) (1.00 g, 0.86 mmol), 물 (15 mL) 중 탄산나트륨 (2.12 g, 20 mmol)의 용액, 부탄올 (50 mL), 및 톨루엔 (30 mL)의 혼합물을 격렬하게 교반하고 아르곤 하에서 100 °C에서 16 시간 동안 가열했다. 반응 혼합물을 물 (300 mL)에 부었고, 30 분 동안 교반하고 톨루엔/에틸 아세테이트/헥산 (5:3:2, 500 mL)로 추출했다. 휘발성 물질을 감압 하에서 제거하고, 잔류물에 대해 크로마토그래피 (실리카겔, 헥산/디클로로메탄, 1:1)를 수행했다. 분리된 생성물을 에탄올로부터 재결정화하여 순수한 4,7-비스(4-이소부톡시페닐)-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸, 화합물 3 (1.57 g, 83% 수율)을 얻었다. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 7.99 (d, J = 8.7 Hz, 4H, 4-i-BuOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 7.55 (s, 2H, 벤조트리아졸), 7.04 (d, J = 8.8 Hz, 4H, 4-i-BuOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 4.58 (d, J = 7.3 Hz, 2H, *i*-Bu), 3.79 (d, J = 6.6 Hz, 4H, 4-i-BuOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 2.59 (m, 1H, *i*-Bu), 2.13 (m, 2H, 4-i-BuOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 1.04

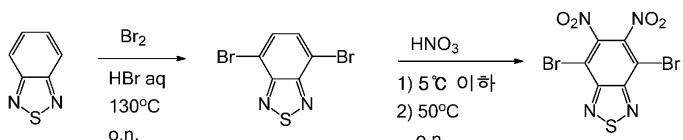
(d,  $J = 6.6$  Hz, 12H, 4-*i*-BuOC<sub>6</sub>H<sub>4</sub>), 1.00 (d,  $J = 6.6$  Hz, 6H, *i*-Bu). UV-vis 스펙트럼 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 359$  nm. 형광측정법 (PVB):  $\lambda_{\text{max}} = 434$  nm. 도 11은 화합물 3에 대한 흡수 및 방출 스펙트럼을 보여준다.

[0383] 토실레이트의 제조의 일반적인 절차

[0384] 등물 양의 p-톨루엔솔 폰 클로라이드, 상응하는 알코올 및 1.2 당량의 트리에틸아민을 디클로로메탄에서 밤새 실온에서 교반했다. 물로 워크업하고, 무수 MgSO<sub>4</sub>로 건조시키고 농축하여 제공된 95-98% 순수한 토실레이트화된 알코올을 제공했고, 이것을 아래에 기재된 화합물의 합성에서 정제없이 사용했다.

[0385] 중간체 G

[0386] 중간체 G는 하기 반응 도식에 따라 합성된다:

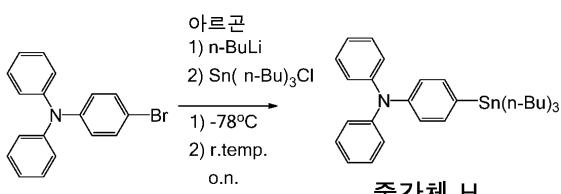


**중간체 G**

[0387] [0388] 벤조티아디아졸 (25g, 184 mmol)을 (물 중) 400mL의 48% HBr에서 125-130 °C에서 20.8mL 브롬 (2.2eq)와 밤새 반응시켰다. 반응을 냉각한 후 혼합물 (적-갈색 고형물의 무거운 서스펜션)을 1 리터의 부서진 얼음에 부었고 30 분 동안 교반되도록 했다. 여과, 물로 세정하고, 그 다음 아황산나트륨 용액 및 물로 세정하여 4,7-디브로모 벤조티아디아졸을 벽돌색 니들로서 얻었다, (50.1g, 92%, 진공 오븐에서 건조 후). 이러한 물질을, 하기와 같이 트리플루오로메탄솔 폰산 (TFMSA) 중 발연 질산으로 질화에 사용했다: 질산 (10.0mL)을 TFMSA (150g)에 적가하고, 이것을 집중적인 교반과 함께 5 °C 미만으로 냉각했다 (백색 고형물이 형성됨). 4,7-디브로모벤조티 아디아졸 (고형물로서)을 상기 반응 혼합물에 나누어서 부가하고, 균질하게 된 후, 플라스크를 오일 배쓰 내에 두었고 50 °C에서 16-24 시간 동안 교반되도록 했다. 반응을 <sup>13</sup>C NMR (110.4, 145.0, 및 151.4ppm)으로 모니터링했다. 용액을 500mL의 얼음/물에 부어서 중간체 G (4,7-디브로모-5,6-디나이트로벤조티아디아졸)을 황색을 띤 고형물로서 얻었고, 이것을 철저히 물로 세정하고 진공 오븐에서 건조시켰다 (30.6g, 94%).

[0389] 중간체 H

[0390] 중간체 H는 하기 반응 도식에 따라 합성된다:



**중간체 H**

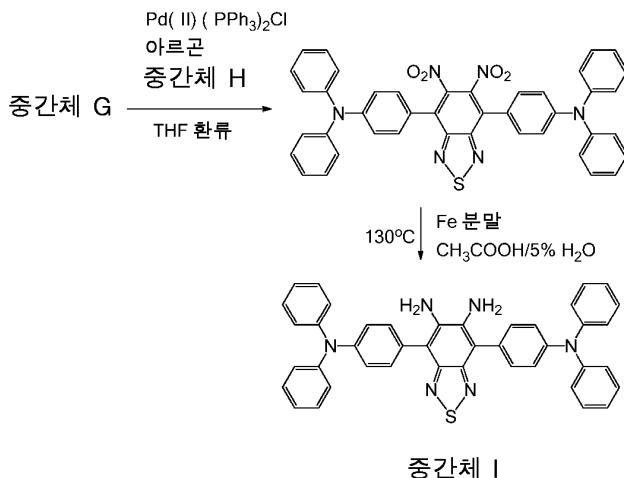
[0391]

[0392] 4-브로모트리페닐아민 (65.0g, 200 mmol)을 자석 교반 막대, 저온 온도계 및 아르곤 유입구가 구비된 500 mL 건조 3 목 RB 플라스크 내에 두었다. 테트라하이드로푸란을 캐뉼라 (200mL)를 사용하여 반응 플라스크로 이동시키고 드라이아이스 아세톤 배쓰에서 -78 °C로 냉각시키고 혼산 (130mL) 중 n-BuLi 91.6M을 30 분 기간에 걸쳐 적가했다. 반응 혼합물을 동일한 온도에서 30 분 동안 교반되도록 하고 그 시간에 트리부틸주석 클로라이드 (65.0mL)을 30 분에 걸쳐 적가했다. 반응을 밤새 교반되도록 하고, 그 후 반응을 실온으로 따뜻해 지도록 했다. 용액을 얼음-냉수 (대략 500mL)에 부었고 디에틸 에테르 (2 x 250mL)를 사용하여 추출했다. 유기 층을 MgSO<sub>4</sub>로 건조시키고 용매를 증발로 제거하여 106.5g의 중간체 H를 황색을 띤 오일로서 얻었고, <sup>1</sup>H NMR에 의해 대략 95% 순수했다.

[0393] 중간체 I

[0394]

중간체 I는 하기 반응 도식에 따라 합성된다:



[0395]

[0396]

단계 1: 테트라하이드로푸란 중 중간체 G (3.84g, 10 mmol), 중간체 H (10.7g, 20 mmol), 및 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II) 클로라이드 (1.40g, 2.0mmol)의 혼합물을 교반하고 아르곤 하에서 70 °C에서 5 시간 동안 가열 했다. 용매를 제거하고 MeOH (100mL)을 잔류물에 부가했다. 자주색 고형물을 여과로 분리하고, MeOH로 세정하고, 건조하여 4,4'-(5,6-디나이트로벤조[c][1,2,5]티아디아졸-4,7-디일)비스(N,N-디페닐아닐린) (7.0g)을 자주색 고형물로서 얻었다.

[0397]

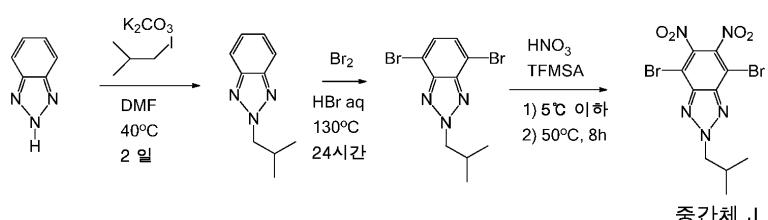
단계 2: 상기 조 4,4'-(5,6-디나이트로벤조[c][1,2,5]티아디아졸-4,7-디일)비스(N,N-디페닐아닐린) (10 mmol로 계산됨) 및 철 분진 (5.6g, 100mmol)의 혼합물을 빙초산 (100mL)에서 (부산물, 이미다졸의 형성을 방지하기 위해) 5%의 물과 함께 110 °C에서 2 시간 동안 가열했다. 용액을 냉수 (200mL)에 부었고 수득한 고형물을 여과로 분리하고, 물로 세정하고 건조했다. 에틸 DCM/헥산 (3:2)를 사용하여 (철의 입자를 제거하기 위해) 2 개 층의 실리카겔을 통해 여과 및 농축 후, 중간체 I (4,7-비스(4-(디페닐아미노)페닐)벤조[c][1,2,5]티아디아졸-5,6-디아민)을 밝은 갈색 고형물로서 수집했다 (4.50 g, 68%, 2 단계 후).  $^1\text{H}$  NMR (400MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.44 (d,  $J=8.6$  Hz, 4H), 7.16-7.30 (m, 20H), 7.44 (t,  $J=6.3$  Hz, 4H).

[0398]

중간체 J

[0399]

중간체 J는 하기 반응 도식에 따라 합성된다:



[0400]

[0401]

단계 1: 벤조트리아졸 (11.91 g, 100 mmol), 1-아이오도-2-메틸프로판 (13.8 mL, 120 mmol), 탄산칼륨 (41.46 g, 300 mmol), 및 디메틸포름아미드 (200 mL)의 혼합물을 교반하고 아르곤 하에서 40 °C에서 2 일 동안 가열했다. 반응 혼합물을 얼음/물 (1 L)에 부었고 톨루엔/헥산 (2:1, 2 x 500 mL)로 추출했다. 추출물을 1 N HCl (2 x 200 mL) 그 다음 염수 (100 mL)로 세정했다. 그 다음 추출물을 무수  $\text{MgSO}_4$  상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거했다. 잔류물을 헥산 (200 mL)로 분쇄하고 실온에서 2 시간 동안 두었다. 침전물을 분리하고 버리고, 용액을 실리카겔 (200 g)의 층을 통해 여과했다. 실리카겔을 헥산/디클로로메탄/에틸 아세테이트 (37:50:3, 2 L)로 세정했다. 여과물 및 세정물을 조합하고, 용매를 감압 하에서 제거하여 2-이소부틸-2H-벤조[d][1,2,3]트리아졸 (8.81 g, 50% 수율)을 오일성 생성물로서 얻었다.  $^1\text{H}$  NMR (400 MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  7.86 (m, 2H, 벤조트리아졸), 7.37 (m, 2H, 벤조트리아졸), 4.53 (d,  $J = 7.3$  Hz, 2H, *i*-Bu), 2.52 (m, 1H, *i*-Bu), 0.97 (d,  $J = 7.0$  Hz, 6H, *i*-Bu).

[0402]

단계 2: 2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (8.80 g, 50 mmol), 브롬 (7.7 mL, 150 mmol) 및 48% HBr (50 mL)의 혼합물을 130 °C에서 24 시간 동안 HBr 트랩이 연결된 환류 콘덴서 하에서 가열했다. 반응 혼합물을 얼음/물 (200 mL)에 부었고, 5 N NaOH (100 mL)으로 처리하고 디클로로메탄 (2 x 200 mL)로 추출했다. 추출물을 무수 황산마그네슘 상에서 건조시키고, 용매를 감압 하에서 제거했다. 헥산/디클로로메탄 (1:1, 200 mL) 중 잔여 물의 용액을 실리카겔의 층을 통해 여과하고 농축하여 4,7-디브로모-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸, (11.14 g, 63% 수율)을 오일로서 얻었고, 이것은 실온에서 보관시 서서히 고형화되었다. <sup>1</sup>H NMR (400 MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 7.44 (s, 2H, 벤조트리아졸), 4.58 (d, J = 7.3 Hz, 2H, *i*-Bu), 2.58 (m, 1H, *i*-Bu), 0.98 (d, J = 6.6 Hz, 6H, *i*-Bu).

[0403]

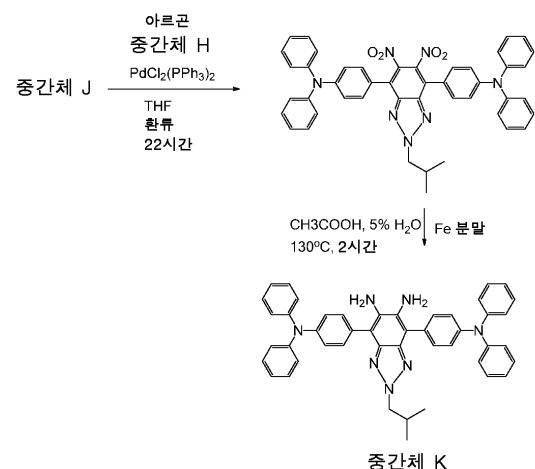
단계 3: 4,7-디브로모-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸 (17.8g, 53 mmol)을 0-5 °C에서 예비혼합된 발연 HNO<sub>3</sub> (7.0mL) 및 TFMSA (110g)에 나누어서 부가하고 대략 10 분 후 반응 혼합물을 오일 배쓰 내에 두었고 55 °C에서 8 시간 동안 가열했다. 그 다음 용액을 500mL의 얼음/물에 부어서 냉각했다. 수득된 고형물을 물, 그 다음 MeOH로 철저히 세정하고 진공 오븐에서 건조하여 중간체 J (4,7-디브로모-2-이소부틸-5,6-디나이트로-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸)을 황색을 띤 고형물 (20.4g, 91%)로서 얻었다. <sup>1</sup>H NMR (400MHz, CDCl<sub>3</sub>): δ 4.66 (s, J = 7.2 Hz, 2H, *i*-Bu), 2.60 (m, 1H, *i*-Bu), 1.01 (d, J=7.0 Hz, 6H, *i*-Bu).

[0404]

#### 중간체 K

[0405]

중간체 K는 하기 반응 도식에 따라 합성된다:



[0406]

[0407]

단계 1: 아르곤 유입구 및 자석 교반 막대가 구비된 3 목 반응 플라스크에서, THF (100mL), 중간체 H (31.1g, 30 mmol)를 두었고, 아르곤으로 대략 10 분 동안 거품을 일으킨 후 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II) 클로라이드 (중간체 C 당 10% 몰, 1.80 g, 2.5 mmol)을 부가했다. 반응을 아르곤 하에서 10 분 동안 교반한 후 중간체 J (10.6 g, 25 mmol)을 한번에 부가했다. 반응 혼합물을 22 시간 동안 환류했다. 반응을 LCMS 및 TLC로 모니터링 했다. 반응을 냉각하고 MeOH (200 mL)을 교반하면서 부가했다. 절은 오렌지색 고형물이 형성되었고, 이것을 여과로 분리하고, MeOH로 세정하고, 건조하여 4,4'-(2-이소부틸-5,6-디나이트로-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸-4,7-디일)비스(N,N-디페닐아닐린)를 얻었다 (11.5 g, 62%, LCMS에 의한 순도 86%).

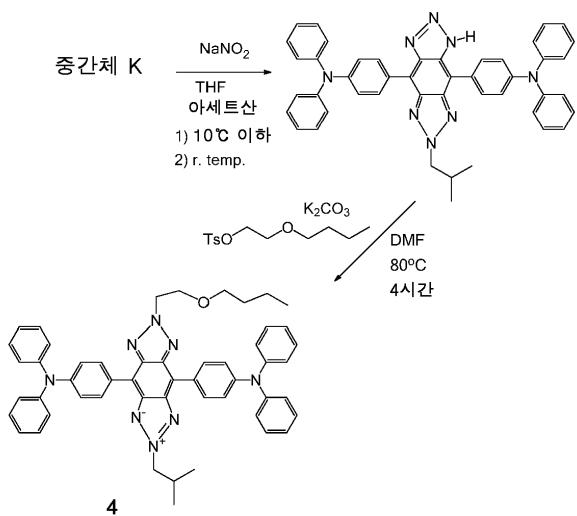
[0408]

단계 2: 4,4'-(2-이소부틸-5,6-디나이트로-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸-4,7-디일)비스(N,N-디페닐아닐린) (6.0 g, 8.0mmol) 및 철 분말 (4.5 g, 80 mmol)의 혼합물을 가열하고 빙초산 (100 mL)에서 130 °C에서 2 시간 동안 교반했다. 반응을 LCMS 및 TLC로 모니터링 했다. 반응을 냉각하고 물에 부어서 황색 고형물을 얻었고, 이것을 여과로 분리하고, 물로 세정하고 건조하여 중간체 K (4,7-비스(4-(디페닐아미노)페닐)-2-이소부틸-2H-벤조[*d*][1,2,3]트리아졸-5,6-디아민)를 얻었다 (4.6g, 66%, LCMS에 의한 순도 82%).

[0409]

#### 화합물 4

화합물 4의 합성은 하기 도식에 따라 수행되었다:

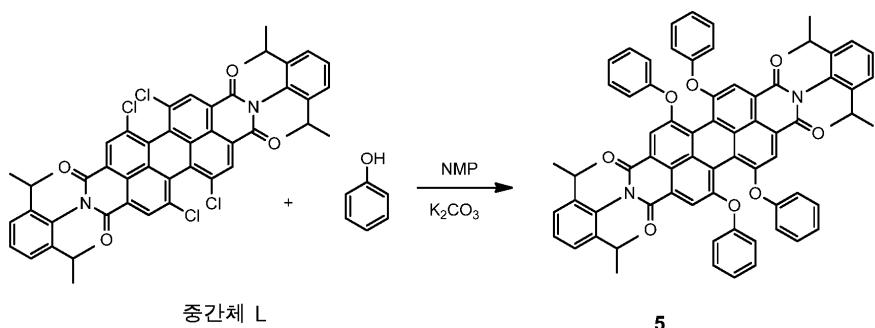


단계 1: 중간체 **K** (5.54g, 8 mmol)을 50 mL의 THF (용해도에 대한)에서 용해시키고 50 mL의 아세트산을 부가했다. 혼합물을 열음/물 배쓰에서 냉각한 후 물 중  $\text{NaNO}_2$ 의 12 mL의 1M 용액을 부가했다. 10 분 후 반응은 완료되었다. 400 mL의 물로 희석하여 오렌지색 고형물을 얻었고, 이것을 여과로 분리하고, 세정하고 건조하여 4,4'-(6-이소부틸-1,6-디하이드로벤조[1,2-d:4,5-d']비스([1,2,3]트리아졸)-4,8-디일)비스(N,N-디페닐아닐린)을 오렌지색 고형물 (2.72g, 48%)로서 얻었다.  $^1\text{H}$  NMR (400MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  8.5 (bs, 1H), 7.9 (bs, 1H), 7.2-7.3 (m, 24H), 7.08 (t,  $J$  = 7.3 Hz, 4H), 4.65 (d,  $J$  = 7.4 Hz, 2H), 2.64 (m, 1H), 1.01 (d,  $J$  = 6.5 Hz, 6H).

단계 2: 그 다음, 2.5 mmol로 계산된 1.70 g의 4,4'-(6-이소부틸-1,6-디하이드로벤조[1,2-d:4,5-d']비스([1,2,3]트리아졸)-4,8-디일)비스(N,N-디페닐아닐린을, DMF (30 mL)에서 용해시켰다. 탄산칼륨 (2.80 g, 20 mmol)을 부가하고, 그 다음 2-부톡시에틸 4-메틸벤젠설포네이트 (1.36 g, 5 mmol)을 부가하고 반응 혼합물을 125 °C에서 50 분 동안 가열했다. 용액을 회전증발시키고 잔류물을 MeOH로 분쇄했다. 적갈색 고형물을 분리하고, MeOH로 세정하고 건조시켰다. 칼럼 크로마토그래피 (실리카겔, DCM/헥스-3:2)로 화합물 **4** (4,4'-(2-(2-부톡시에틸)-6-이소부틸-1,2,3,6-테트라하이드로벤조[1,2-d:4,5-d']비스([1,2,3]트리아졸)-4,8-디일)비스(N,N-디페닐아닐린))을 적색 고형물 (1.62g, 80%)로서 제공했다.  $^1\text{H}$  NMR (400MHz,  $\text{CDCl}_3$ ):  $\delta$  8.60 (d,  $J=8.7$  Hz, 4H), 7.20-7.32 (m, 20H), 7.06 (t,  $J=7.3$  Hz, 4H), 5.02 (t,  $J=5.8$  Hz, 2H), 4.66 (d,  $J=7.4$  Hz, 2H), 4.20 (t,  $J=6.0$  Hz, 2H), 3.48 (t,  $J=6.6$  Hz, 2H), 2.66 (d,  $J=6.9$  Hz, 2H), 1.50 (m, 2H), 1.23 (m, 2H), 1.00 (m, 2H), 1.03 (d,  $J=6.6$  Hz, 6H), 0.78 (t,  $J=7.7$  Hz). UV-vis 스펙트럼:  $\lambda_{\text{max}} = 517$  nm (디클로로메탄), 512 nm (PMMA 필름). 형광측정법:  $\lambda_{\text{max}} = 615$  nm (디클로로메탄), 606 nm (PMMA 필름). 도 12는 화합물 **4**에 대한 흡수 및 밝출 스펙트럼을 보여준다.

화합물 5

화합물 5의 합성은 하기 도식에 따라 수행되었다.

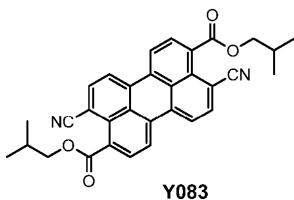


[0416]

[0417] 1.89 g의 중간체 L, 1.05 g의 폐놀, 40 ml의 N-메틸피롤리돈 (NMP), 및 1.23 g의  $K_2CO_3$ 의 혼합물을 아르곤 대기 하에서 함께 부가하고 132 °C로 밤새 가열했다. 그 다음, 반응 혼합물을 1 N 염산 용액에 부어 생성물의 침전을 야기했다. 침전물을 여과하고, 물로 세정하고, 오븐에서 건조했다. 조 생성물을 용출물로서 디클로로메탄/헥산 (v/v, 3:2)을 사용하여 실리카겔상 칼럼 크로마토그래피로 정제하여 화합물 5를 적색 고체로서 수득했다 (0.82 g, 34%). UV-vis 스펙트럼 (PVB):  $\lambda_{max} = 574$  nm. 형광측정법 (PVB):  $\lambda_{max} = 603$  nm. 도 13은 화합물 5에 대한 흡수 및 방출 스펙트럼을 보여준다.

#### [0418] 상업적 화합물 Y083

[0419] 상업적 화합물 Y083은 BASF로부터 구입하였고 구입한 그대로 사용하였다. 화합물의 구조는 다음과 같다:



[0420]

#### [0421] 상업적 발색단과 비교된 신규 발색단의 광안정성

[0422] 하나의 발색단, 및 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스를 포함하는 파장 변환 필름은 (i) 사이클로펜타논에 용해된 폴리머 분말과 20 wt% 폴리비닐 부티랄 (PVB) (Aldrich로부터 입수된 대로 사용함) 폴리머 용액을 제조하고; (ii) 발색단-함유 폴리머 용액을 얻기 위해 PVB 폴리머 용액을 합성된 발색단 화합물과  $10^{-5}$  mol/g의 농도 (1 그램의 PVB당  $10^{-5}$  mol의 발색단 화합물)로 혼합하여 발색단 함유 PVB 매트릭스를 제조하고; (iii) 상기 용액을 대략 30분 동안 교반시키고; (iv) 그 다음 상기 염료-함유 폴리머 용액을 유리 기판 위에 직접적으로 드롭 캐스팅한 후 상기 필름을 실온에서 밤새 건조시키고 그 다음 상기 필름을 진공 하에서 60°C에서 10 분 동안 열처리하여 잔여 용매를 완전히 제거함으로써 발색단/폴리머 필름을 형성하고; (v) 상기 무수 조성물을 진공 하에서 열간 프레싱하여 대략 20  $\mu$ m의 필름 두께를 갖는 기포 없는 필름을 형성함으로써 제작된다.

#### [0423] 신규 발색단의 광안정성 측정

[0424] 파장 변환 필름을 주위 온도에서 연속적 하나의 태양 (AM1.5G) 조사에 노출시켰다. 파장 변환 필름의 흡수 피크를 노출 전에 UV-Vis 분광기를 사용하여 측정했고 그 후에 24 시간 총 노출에서 측정했다. 초기 UV-Vis 흡수 테이터는 0시간에서의 피크 세기가 100%가 되도록 그것의 흡수 피크 최대치로 정규화되었다. 그 다음 하나의 태양으로의 노출 후 UV-Vis 측정치가 초기 0 시간 데이터로 정규화되고, 흡수 피크 세기는 광안정성 것으로 보고된다. 쉽게 분해되는 필름은 전형적으로 하나의 태양 조사 후 몇 시간 내에 흡수 피크의 급격한 감소를 보여준다. 광안정성이 탁월한 필름은 하나의 태양 조사에 대한 장기간의 노출에 걸쳐 피크 흡수를 유지할 것이다. 하기 표는 상업적으로 이용 가능한 유기 발색단과 비교하여 신규 발색단의 광안정성을 보여준다.

발색단	24 시간 노출 후 광안정성
화합물 1A	90%
화합물 1B	97%
화합물 2	88%
화합물 3	84%
화합물 5	95%
Y083 (BASF로부터 구매한 대로 사용)	41%

[0425]

#### [0426] 실시예 1

[0427] 2 이상의 발색단, 및 광학적으로 투명한 폴리머 매트릭스를 포함하는 파장 변환 필름 (101)은 (i) 사이클로펜타논에 용해된 폴리머 분말로 15 wt% 에틸 비닐 아세테이트 (EVA) (Aldrich로부터 입수된 대로 사용함) 폴리머 용액을 제조하고; (ii) 발색단-함유 폴리머 용액을 얻기 위해, EVA 폴리머 용액을 합성된 화합물 1A 와 0.3 wt%의

중량비 (화합물 1A/EVA)로, 화합물 2와 0.3 wt%의 중량비 (화합물 2/EVA)로 혼합하여 발색단 함유 EVA 매트릭스를 제조하고; (iii) 상기 용액을 대략 30분 동안 교반시키고; (iv) 그 다음 상기 염료-함유 폴리머 용액을 기판 위에 직접적으로 드롭 캐스팅한 후 상기 필름을 실온에서 밤새 건조시키고 그 다음 상기 필름을 진공 하에서 60 °C에서 10 분 동안 열처리하여 잔여 용매를 완전히 제거함으로써 발색단/폴리머 필름을 형성하고; (v) 상기 무수 조성물을 진공 하에서 열간 프레싱하여 대략 200  $\mu$ m의 필름 두께를 갖는 기포 없는 필름을 형성함으로써 제작된다.

[0428] 효율 증대의 측정

태양전지 광전 전환 효율을 Newport 300W 풀 스펙트럼 솔라 시뮬레이터 시스템에 의해 측정했다. 광 세기를 2x2cm<sup>2</sup> 보정된 참조 단결정성 실리콘 태양전지에 의해 하나의 태양 (AM1.5G)에 대해 조정했다. 그 다음 CdS/CdTe 태양전지의 I-V 특성규명을 동일한 조사 하에 수행하고 그것의 효율을 시뮬레이터에 설치된 Newport 소프트웨어 프로그램에 의해 계산한다. 이 연구에서 사용된 CdS/CdTe 태양전지는 11.3%의 효율  $\eta_{\text{셀}}$ 을 가지며, 이것은 대부분의 상업적으로 이용가능한 CdS/CdTe 셀에서 달성된 효율 수준과 유사하다. 상기 셀의 스텝드(stand) 단독 효율을 결정한 후, CdS/CdTe 셀의 동일한 형상 및 크기의 광 입사 활성 윈도우로 절단한 실시예 1 파장 변환 필름을 도 1에서 실증된 바와 같이 CdS/CdTe 셀의 광 입사 전면 유리 기판에, 발광 필름 및 CdS/CdTe 태양전지의 광 입사 유리 표면 사이에 채워지는 굴절률 정합액 ( $n = 1.500$ )을 사용하여 부착했다. 파장 변환 필름을 갖는 태양 전지 효율  $\eta_{\text{셀+발광 필름}}$ 을 동일한 하나의 태양 노출 하에서 다시 측정했다. 부착된 파장 변환 필름에 기인한 CdS/CdTe 태양전지의 효율 증대는 하기 방정식을 사용하여 결정했다:

$$\text{효율 증대} = (\eta_{\text{셀+발광 필름}} - \eta_{\text{셀}}) / \eta_{\text{셀}} * 100\%$$

표 1은 제작된 각각의 파장 변환 필름에 대한 효율 증대를 보여준다. 이 시험의 측정 오차는 대략 +/-1%이다.

[0432] 광안정성의 측정

실시예 1 파장 변환 필름을 주위 온도에서 연속적 하나의 태양 (AM1.5G) 조사에 노출시켰다. 파장 변환 필름의 흡수 피크를 노출 전에 UV-Vis 분광기를 사용하여 측정했고 그 후에 3 시간 총 노출, 20 시간 총 노출, 46 시간 총 노출, 및 70 시간 총 노출에서 측정했다. 초기 UV-Vis 흡수 데이터는 0시간에서의 피크 세기가 100%가 되도록 그것의 흡수 피크 최대치로 정규화되었다. 그 다음 하나의 태양으로의 노출 후 UV-Vis 측정치가 초기 0 시간 데이터로 정규화되고, 흡수 피크 세기는 광안정성 것으로 보고된다. 쉽게 분해되는 필름은 전형적으로 하나의 태양 조사 후 몇 시간 내에 흡수 피크의 급격한 감소를 보여준다. 광안정성이 탁월한 필름은 하나의 태양 조사에 대한 장기간의 노출에 걸쳐 피크 흡수를 유지할 것이다. 표 2는 제작된 파장 변환 필름의 광안정성을 보여준다.

[0434] 비교 실시예 2

비교 실시예 2는 실시예 1에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 2는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0436] 실시예 3

실시예 3은 실시예 1에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 1B는 화합물 1A 대신에 사용된다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0438] 비교 실시예 4

비교 실시예 4는 실시예 3에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 2는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0440] 실시예 5

실시예 5는 실시예 1에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 사용된 폴리머 매트릭스는 Elvax (Dupont으로부터 입수된 대로 사용된 Elvax 1300)이다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0442] 비교 실시예 6

비교 실시예 6은 실시예 5에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 2는 사용되지

않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0444] 실시예 7

실시예 7은 실시예 5에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **1B**는 화합물 **1A** 대신에 사용된다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0446] 비교 실시예 8

비교 실시예 8은 실시예 7에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **2**는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0448] 실시예 9

실시예 9는 실시예 1에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 사용된 폴리머 매트릭스는 폴리비닐 부티랄 (Kuraray로부터 입수된 대로 사용된 Mowital B60T)이다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0450] 비교 실시예 10

비교 실시예 10은 실시예 9에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **2**는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0452] 실시예 11

실시예 11은 실시예 9에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **1B**는 화합물 **1A** 대신에 사용된다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0454] 비교 실시예 12

비교 실시예 12는 실시예 11에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **2**는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0456] 실시예 13

실시예 13은 실시예 1에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 사용된 폴리머 매트릭스는 폴리비닐 부티랄 (Sigma Aldrich로부터 입수된 대로 사용된 PVB)이다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0458] 비교 실시예 14

비교 실시예 14는 실시예 13에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **2**는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0460] 실시예 15

실시예 15는 실시예 13에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **1B**는 화합물 **1A** 대신에 사용된다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0462] 비교 실시예 16

비교 실시예 16은 실시예 15에서 주어진 것과 동일한 방법을 사용하여 합성되고, 단, 화합물 **2**는 사용되지 않는다. 표 1은 이러한 필름의 효율 증대를 보여주고 표 2는 광안정성을 보여준다.

[0464]

표 1 파장 변환 필름의 효율 증대 측정

실시예	발색단 화합물	폴리머 매트릭스	효율 증대
실시예 1	1A + 2	EVA	16.83%
비교 실시예 2	1A	EVA	15.83%
실시예 3	1B + 2	EVA	16.55%
비교 실시예 4	1B	EVA	16.63%
실시예 5	1A + 2	Elvax	15.65%
비교 실시예 6	1A	Elvax	14.90%
실시예 7	1B + 2	Elvax	15.11%
비교 실시예 8	1B	Elvax	15.28%
실시예 9	1A + 2	PVB60T	16.18%
비교 실시예 10	1A	PVB60T	15.66%
실시예 11	1B + 2	PVB60T	13.78%
비교 실시예 12	1B	PVB60T	13.52%
실시예 13	1A + 2	PVB	16.77%
비교 실시예 14	1A	PVB	15.51%
실시예 15	1B + 2	PVB	14.00%
비교 실시예 16	1B	PVB	14.41%

[0465]

표 1은 화합물 **1A** 및 화합물 **2** 둘 모두의 혼합물을 갖는 파장 변환 필름이, 모든 4 개의 상이한 종류의 폴리머 매트릭스에 대해, 화합물 **1A**만을 함유한 필름보다 더 나은 효율을 나타냈음을 보여준다. 화합물 **1B** 및 화합물 **2** 둘 모두의 혼합물을 갖는 파장 변환 필름은 화합물 **1B**만을 함유한 필름과 유사한 효율을 보여주었다. 효율 시험에 대한 측정 오차는 대략  $~+/-1\%$ 이다. 따라서, UV 흡수 발색단인 화합물 **2**의 파장 변환 필름으로의 부가는 CdS/CdTe 태양 전지 효율에 어떠한 영향도 나타내지 않거나 CdS/CdTe 태양 전지 효율에서의 개선을 나타냈다.

[0467] 표 2 과장 변환 필름의 광안정성 측정

실시예	발색단 화합물	폴리머 매트릭스	0 시간	3 시간	20 시간	46 시간	70 시간
실시예 1	1A + 2	EVA	100%	100%	92%	87%	84%
비교 실시예 2	1A	EVA	100%	100%	87%	67%	52%
실시예 3	1B + 2	EVA	100%	96%	91%	88%	85%
비교 실시예 4	1B	EVA	100%	98%	91%	82%	75%
실시예 5	1A + 2	Elvax	100%	100%	95%	86%	78%
비교 실시예 6	1A	Elvax	100%	99%	83%	47%	17%
실시예 7	1B + 2	Elvax	100%	98%	95%	85%	68%
비교 실시예 8	1B	Elvax	100%	98%	94%	77%	51%
실시예 9	1A + 2	PVB60T	100%	99%	95%	87%	78%
비교 실시예 10	1A	PVB60T	100%	99%	94%	79%	63%
실시예 11	1B + 2	PVB60T	100%	99%	98%	96%	95%
비교 실시예 12	1B	PVB60T	100%	99%	97%	94%	90%
실시예 13	1A + 2	PVB	100%	99%	96%	87%	77%
비교 실시예 14	1A	PVB	100%	100%	94%	80%	60%
실시예 15	1B + 2	PVB	100%	99%	99%	94%	90%
비교 실시예 16	1B	PVB	100%	100%	98%	92%	87%

[0468] [0469] 표 2는 화합물 1A 및 화합물 2 둘 모두의 혼합물을 함유하는 과장 변환 필름의 광안정성이, 모든 4 개의 상이한 종류의 폴리머 매트릭스에 대해, 화합물 1A만을 함유한 과장 변환 필름과 비교하여 유의미하게 개선된다는 것을 보여준다. 제2 발색단의 부가로 인해 광안정성의 최대 개선이 Elvax 폴리머 매트릭스를 포함하는 과장 변환 필름의 하나의 태양 노출 70시간 후 수득되었고, 이것은 화합물 1A만에 의해 단지 17% 광안정성을 나타냈고, 필름에 화합물 1A 및 화합물 2 둘 모두를 함유한 경우 78% 광안정성까지 개선되었다. 유사하게, 화합물 1B 및 화합물 2 둘 모두의 혼합물을 포함한 과장 변환 필름도 또한 화합물 1B만으로 구성된 필름과 비교하여 광안정성의 유의미한 개선을 나타냈다.

[0470] 본 발명의 목적은 과장 변환 필름을 제공하는 것이고, 이 필름은 태양전지, 광전지 디바이스, 태양광 모듈, 및 태양광 패널을 캡슐화하는데 적합한 적어도 2개의 발색단을 포함한다. 상기 실시예에 의해 실증된 바와 같이, 이러한 물질의 사용은 태양전지 광 전환 효율을 개선시키고 단일 발색단 화합물만을 함유한 과장 변환 필름보다 더 나은 광안정성을 갖는다.

#### [0471] 온실 적용

#### [0472] 과장 변환 필름의 합성

[0473] 구현예에서, 과장 변환 필름은 하기와 같이 제작되었다: (i) 사이클로펜타논에 용해된 폴리머 분말로 20 wt%에 틸렌 비닐 아세테이트 (Aldrich로부터 구매되어 입수된 대로 사용된 EVA) 폴리머 용액을 제조하고; (ii) 발색단-함유 폴리머 용액을 얻기 위해 EVA 폴리머 용액을 합성된 발색단 화합물 (화합물 3, 4 또는 5)과 0.3 wt%의 발색단/EVA의 중량비로 혼합하여 발색단 함유 EVA 매트릭스를 제조하고; (iii) 상기 용액을 대략 30분 동안 교반시키고; (iv) 그 다음 상기 염료-함유 폴리머 용액을 기판 위에 직접적으로 드롭 캐스팅한 후 상기 필름을 실온에서 밤새 건조시키고 그 다음 상기 필름을 진공 하에서 60°C에서 10 분 동안 열처리하여 잔여 용매를 완전히 제거함으로써 발색단/폴리머 필름을 형성하고, (v) 상기 무수 조성물을 진공 하에서 열간 프레싱하여 대략 0.3 mm의 필름 두께를 갖는 기포 없는 필름을 형성함.

#### [0474] 실시예 17

[0475] 실시예 17 발광 패널 (104)은, 도 14에서 보여주는 구조와 유사하게, 2 개의 과장 전환 층 (100) 및 유리 플레

이트 (112)을 포함하도록 구성되었고, 여기서 상기 층들은 파장 변환 필름의 천연 점착성으로 인해 서로의 상부에 놓고 함께 부착시켰다. 패널은 대략 1 인치 X 2 인치의 주요 평면 표면적 치수를 나타냈다. 제 2 층에 발색단 (A) (105) (화합물 3)를 포함하는 파장 전환 층, 및 제3 층에 발색단 (B) (106) (화합물 5)를 포함하는 파장 전환 층을 갖는 유리 플레이트 위에 태양 방사선 (113)을 입사했다.

[0476] 비교 실시예 18

비교 실시예 18 디바이스는 실시예 17과 유사하게 구성되지만, 단, 발색단 (A) (105)를 포함하는 파장 전환 층은 EVA 층 (UV-청색 전환을 갖는 발색단이 없음)만으로 대체되었다.

[0478] 디바이스 투과 측정

실시예 17 및 비교 실시예 18 디바이스의 표준 하나의 태양 (AM1.5G) 방사선으로의 노출에 의한 투과 스펙트럼을 UV-Vis-NIR 분광측정기 모델 UltraScan® PRO (HunterLab 사제)를 사용하여 측정했고, 실시예 17 디바이스가 비교 실시예 18 디바이스와 비교하여 발광 패널로부터 9% 더 많은 청색 광을 투과시켰음을 발견하였다.

[0480] 실시예 19

실시예 19 발광 패널 (104)은 실시예 17과 유사하게 구성되지만, 단, 발색단 (B) (106)를 포함하는 파장 전환 층은 화합물 5 대신 화합물 4를 사용했다.

[0482] 비교 실시예 20

비교 실시예 20 디바이스는 실시예 19와 유사하게 구성되지만, 단, 발색단 (A) (105)를 포함하는 파장 전환 층은 EVA 층 (UV-청색 전환을 갖는 발색단이 없음)만으로 대체되었다.

[0484] 디바이스 투과 측정

실시예 19 및 비교 실시예 20 디바이스의 표준 하나의 태양 (AM1.5G) 방사선으로의 노출에 의한 투과 스펙트럼을 UV-Vis-NIR 분광측정기 모델 UltraScan® PRO (HunterLab 사제)를 사용하여 측정했고, 실시예 19 디바이스가 비교 실시예 20 디바이스와 비교하여 발광 패널로부터 7% 더 많은 청색 광을 투과시켰음을 발견하였다.

[0486] 실시예 21

실시예 21 발광 및 에너지 수집 패널은, 도 15에서 보여주는 구조와 유사하게, 2 개의 파장 전환 층 (100) 및 유리판 (112), 및 태양 에너지 전환 디바이스 (103)를 포함하도록 구성되었고, 여기서 상기 층들은 파장 변환 필름의 천연 점착성으로 인해 서로의 상부에 놓고 함께 부착시켰다. 패널은 대략 6 인치 X 6 인치의 주요 평면 표면적 치수를 나타냈다. 제 2 층에 발색단 (A) (105) (화합물 3)를 포함하는 파장 전환 층, 및 제 3 층에 발색단 (B) (106) (화합물 5)를 포함하는 파장 전환 층을 갖는 유리판 위에 태양 방사선 (113)을 입사했다. 치수 6 인치 x 1.0 cm 및 15% 전환 효율의 결정성 실리콘 태양전지 (c-Si) 디바이스 (IXYS Corporation 사제)를 발색단 (A) (105)를 포함하는 파장 전환 층의 내부에 배치하고, 태양전지의 광 입사 표면은 유리판쪽을 향했다.

[0488] 비교 실시예 22

비교 실시예 22 디바이스는 실시예 21과 유사하게 구성되지만, 단, 발색단 (A) (105)를 포함하는 파장 전환 층은 EVA 층 (UV-청색 전환을 갖는 발색단이 없음)만으로 대체되었다.

[0490] 효율 측정

태양전지 광전 전환 효율을 Newport 300W 풀 스펙트럼 솔라 시뮬레이터 시스템에 의해 측정했다. 광 세기를 6in x 1cm 보정된 참조 단결정성 실리콘 태양전지에 의해 하나의 태양 (AM1.5G)에 대해 조정했다. 실시예 21 및 비교 실시예 22 디바이스 내의 태양 전지 효율을 측정하고 비교했다. 비교 실시예 22 디바이스와 비교하여 실시예 21 디바이스에 대해 3% 효율 증가율을 관측하였다.

[0492] 실시예 23

실시예 23에 대해, 실시예 21에서 구성된 것과 동일한 발광 및 에너지 수집 패널을 사용하지만, 단, 이를 뒤집어 놓았고, 이로써 발색단 (B) (106)를 포함하는 파장 전환 층에 햇빛을 입사했다. 본 실시예 23에서, 태양전지의 광 입사 표면은 햇빛 쪽으로 향하지 않고, 따라서 간접적인 유도 발광만이 태양전지에 도달할 수 있다.

[0494] 비교 실시예 24

[0495] 유사하게, 비교 실시예 24에 대해, 비교 실시예 22에 대해 구성된 것과 동일한 디바이스를 사용하지만, 단, 이를 태양 방사선으로의 노출에 대해 뒤집어 놓았다. 본 비교 실시예 24에서, 태양전지의 광 입사 표면은 햇빛 쪽으로 향하지 않고, 따라서 간접적인 유도 발광만이 태양전지에 도달할 수 있다.

#### 효율 측정

[0497] 태양전지 광전 전환 효율을 Newport 300W 풀 스펙트럼 솔라 시뮬레이터 시스템에 의해 측정했다. 광 세기를 6in x 1cm 보정된 참조 단결정성 실리콘 태양전지에 의해 하나의 태양 (AM1.5G)에 대해 조정했다. 실시예 23 및 비교 실시예 24 디바이스 내의 태양 전지 효율을 측정하고 비교했다. 비교 실시예 24 디바이스와 비교하여 실시예 23 디바이스에 대해 13% 효율 증가율을 관측하였다.

[0498] 실시예 17-20 디바이스는, 제 1 유기 광안정성 발색단 (A), 및 제 2 유기 광안정성 발색단 (B)을 갖는 발광 패널의 사용이 증가된 청색 광 투과를 나타냈다는 것을 보여주며, 여기서 (A) 및 (B)는 2 개의 별도의 파장 전환 층들에 위치하고, 상기 파장 전환 층(들)은 폴리머 매트릭스를 추가로 포함하고, (A)는 300 내지 450 nm 범위에서 광자를 흡수하여 이를 광자를 400 내지 520 nm의 범위에서 재방출시키도록 작용하고, (B)는 480 내지 620 nm의 범위에서 광자를 흡수하여 이를 광자를 550 내지 800 nm의 범위에서 재방출시키도록 작용한다. 상기 발광 패널을 통한 증가된 청색 광 투과는 온실 내의 식물 성장을 증대시키는데 유용하다.

[0499] 게다가, 실시예 21-24 디바이스는, 태양전지 전환 효율이 또한, 하나의 광안정성 발색단만을 갖는 디바이스와 비교하여, 제 1 유기 광안정성 발색단 (A), 및 제 2 유기 광안정성 발색단 (B)을 포함하는 발광 및 에너지 수집 패널에서 증대된다는 것을 보여주며, 여기서 (A) 및 (B)는 2 개의 별도의 파장 전환 층들에 위치하고, 상기 파장 전환 층(들)은 폴리머 매트릭스를 추가로 포함하고, (A)는 300 내지 450 nm 범위에서 광자를 흡수하여 이를 광자를 400 내지 520 nm의 범위에서 재방출시키도록 작용하고, (B)는 480 내지 620 nm의 범위에서 광자를 흡수하여 이를 광자를 550 내지 800 nm의 범위에서 재방출시키도록 작용한다.

[0500] 본 발명의 목적은 식물 성장을 증대시키는 발광 패널을 제공하기 위한 것이고 또한, 2 개의 유기 광안정성 발색 단을 편입시키지 않은 패널과 비교하여, 온실을 위한 지붕으로 설치될 때 식물 성장 및 태양 전기 발생을 동시에 증대시키는 발광 및 에너지 수집 패널을 제공하는 것이다. 상기 실시예에 의해 실증된 바와 같이, 발광 패널 및 발광 및 에너지 수집 패널의 사용은 단 하나의 발색단을 갖는 디바이스와 비교하여 개선된 청색 광 투과 및 증가된 태양 전지 효율을 제공한다.

[0501] 하기 예언적인 실시예는 본원에 기재된 패널을 사용하여 잠재적 결과들을 입증한다.

#### 실시예 25

[0503] 2개의 온실을 제작한다. 제 1 온실은 종래의 온실 윈도우를 사용하여 제작하고 제 2 온실은 실시예 17로부터의 발광 패널을 사용하여 제작한다. 대략 동일한 크기 및 연령의 토마토 식물 묘목을 제 1 온실 또는 제 2 온실에서 성장시킨다. 6주 후, 토마토 식물은 과일을 생산한다. 제 2 온실로부터의 토마토 식물은 제 1 온실로부터의 토마토 식물보다 20% 더 많은 과일을 생산한다. 제 2 온실로부터의 토마토는 제 1 온실로부터의 토마토보다 평균적으로 10% 더 많다.

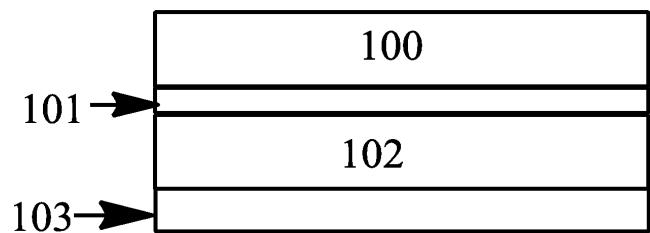
#### 실시예 26

[0505] 2개의 온실을 제작한다. 제 1 온실은 포매된 상업적으로 이용가능한 UV 흡수제 및 발색단을 함유하는 온실 윈도우를 사용하여 제작한다. 제 2 온실은 실시예 18로부터의 발광 패널을 사용하여 제작한다. 호박씨를 심고 제 1 온실 또는 제 2 온실에서 성장시킨다. 8 주 후, 호박은 수확할 수 있게 된다. 제 2 온실로부터의 호박 식물은 제 1 온실로부터의 호박 식물보다 평균적으로 15% 더 많은 호박을 생산한다. 제 2 온실로부터의 호박은 제 1 온실로부터의 호박보다 평균적으로 18% 더 많다.

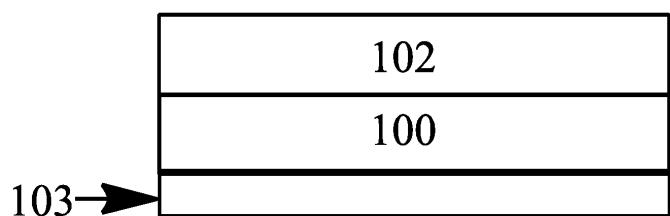
[0506] 수많은 다양한 변형이 본 발명의 정신을 벗어나지 않고서 이루어질 수 있음이 당해분야의 숙련가에 의해 이해될 것이다. 따라서, 본 발명의 형태가 단지 설명적이고 본 발명의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않음이 명확히 이해되어야 한다.

도면

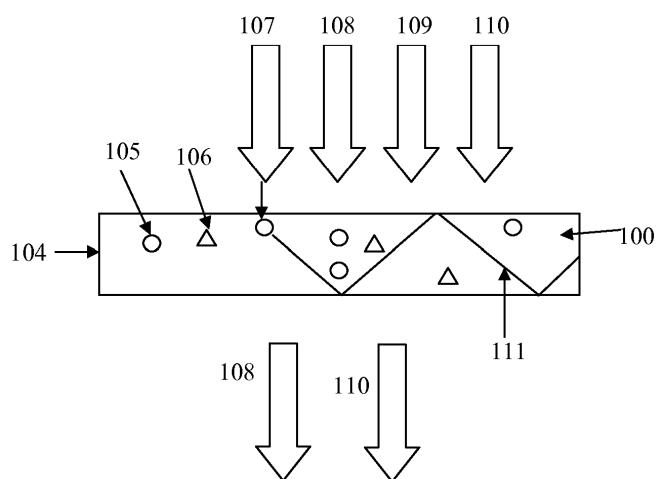
도면1



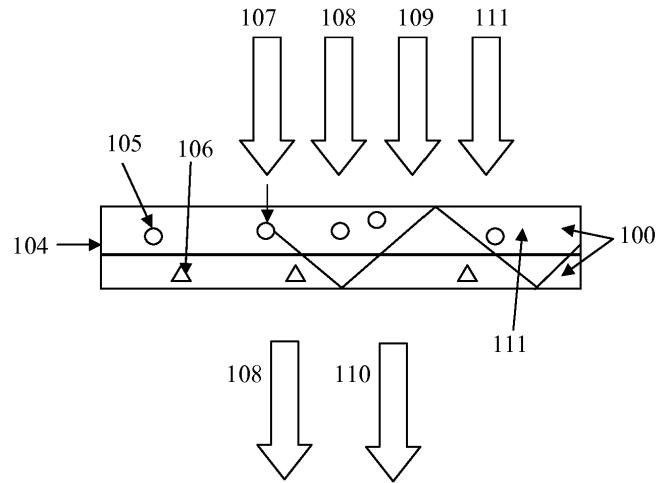
도면2



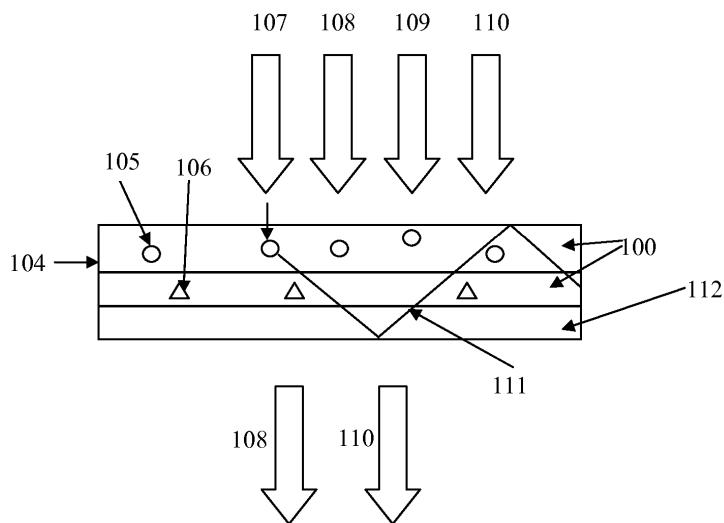
도면3



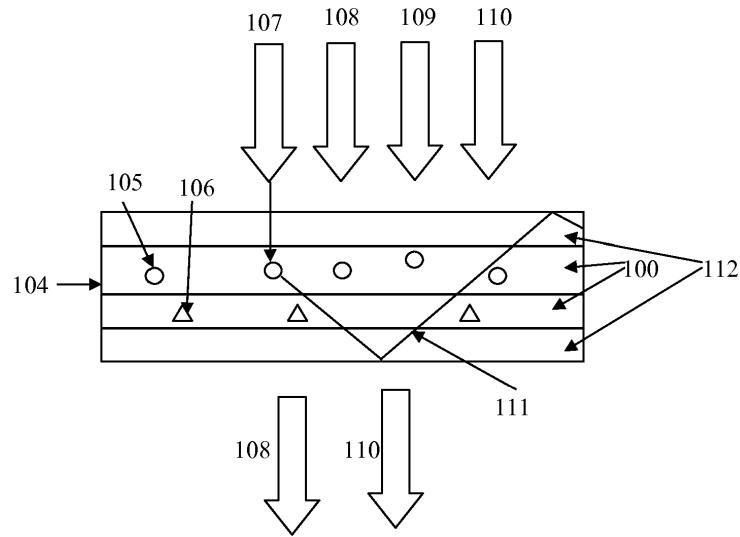
도면4



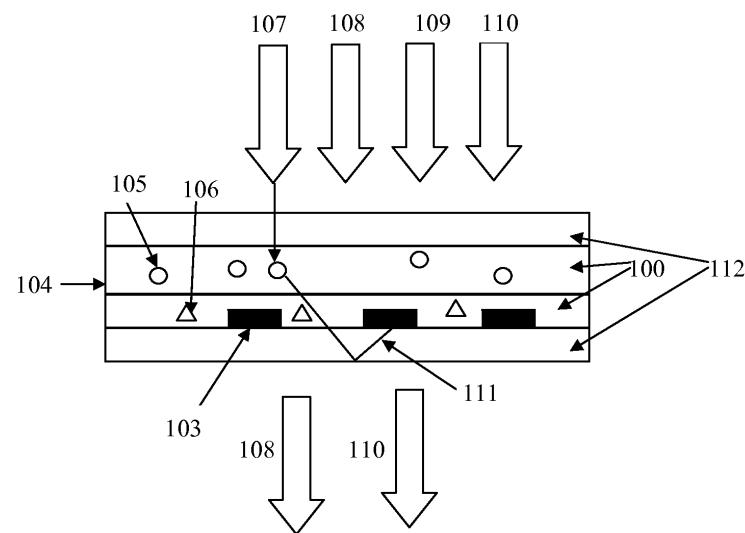
도면5



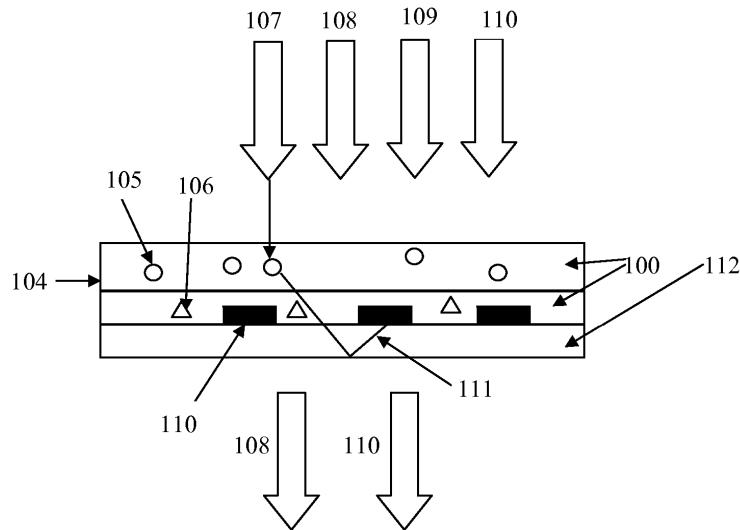
도면6



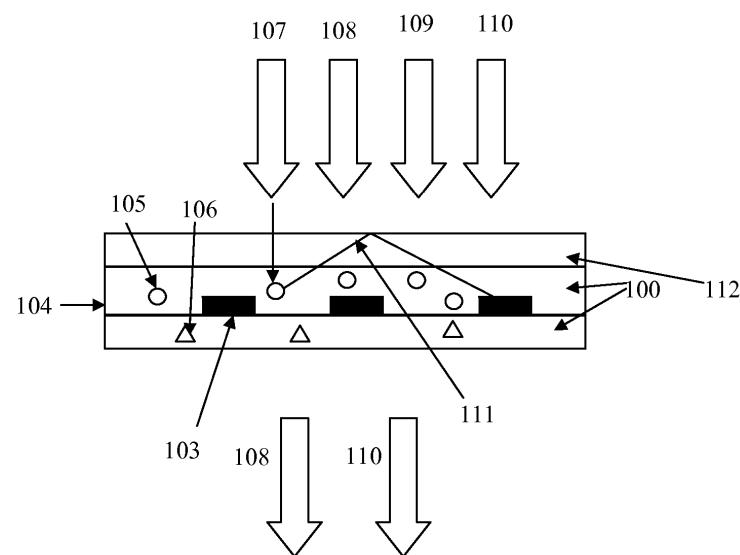
도면7



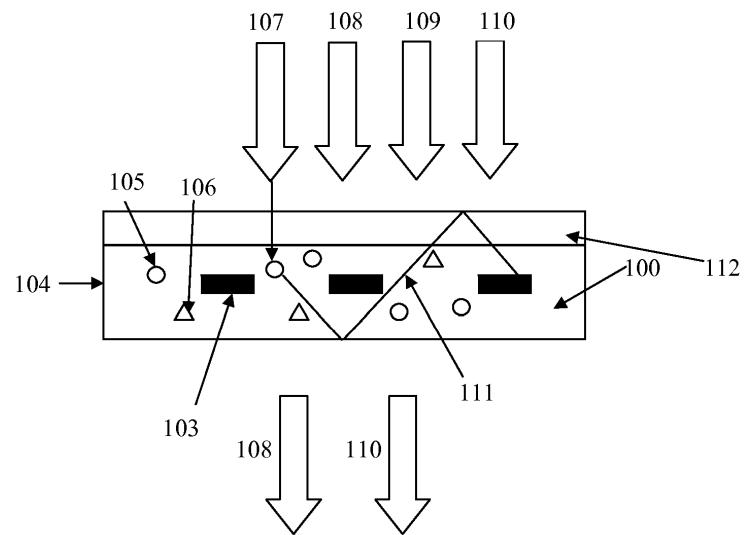
도면8



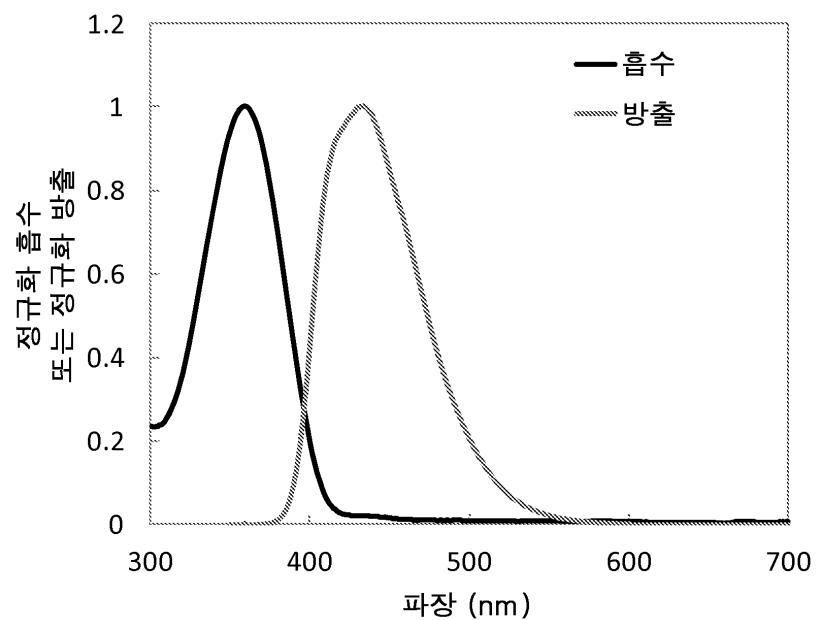
도면9



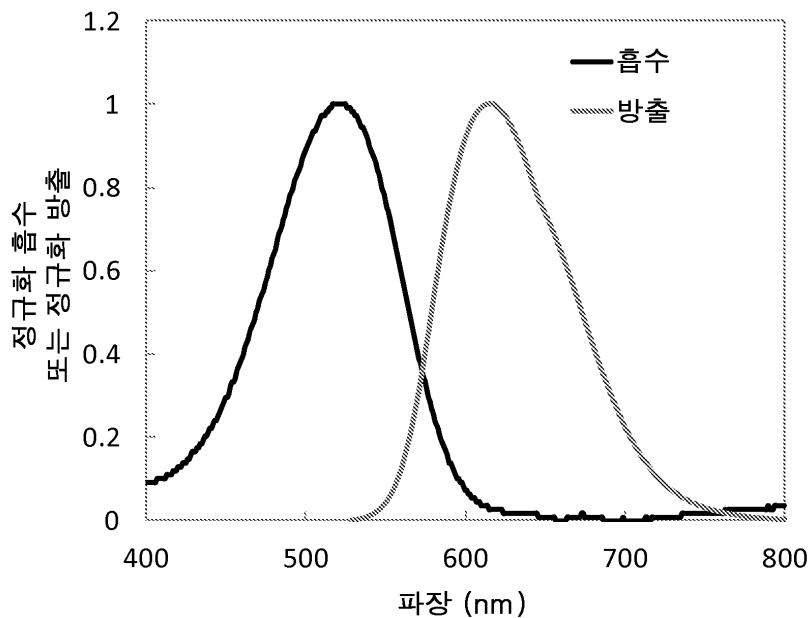
도면10



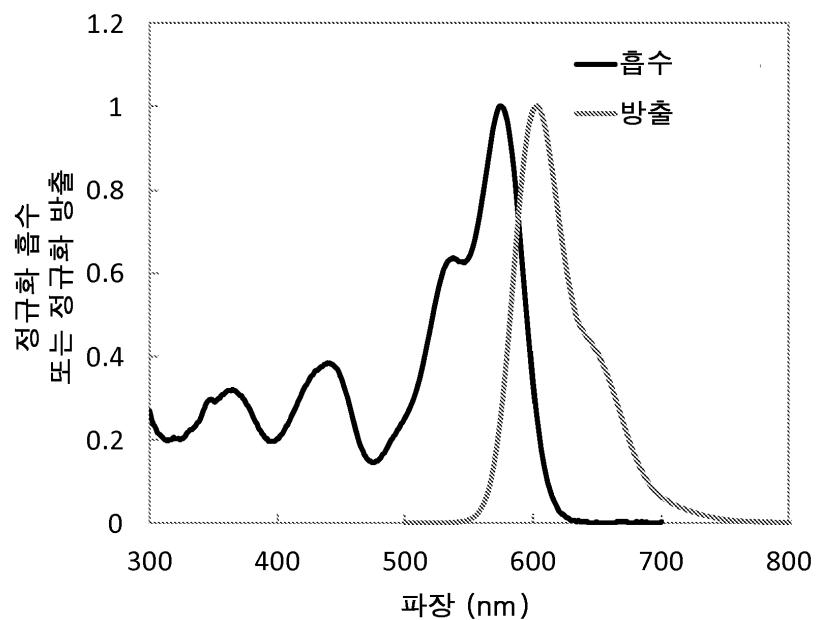
도면11



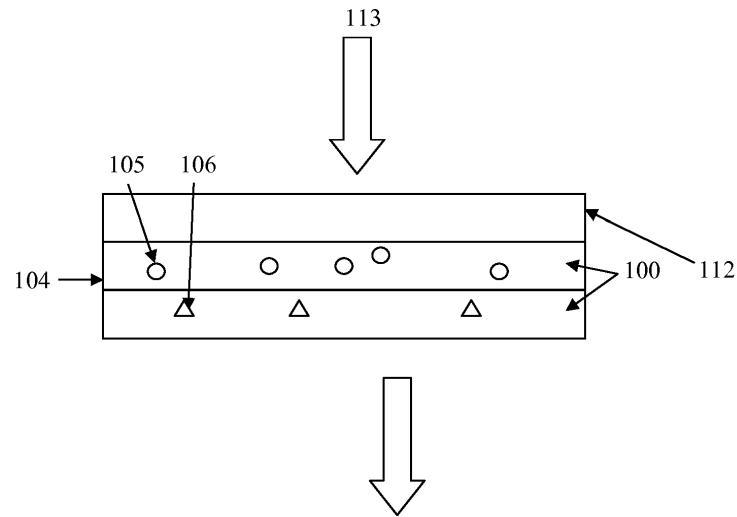
도면12



도면13



도면14



도면15

