

(19)日本国特許庁(JP)

(12)公開特許公報(A)

(11)公開番号
特開2022-132168
(P2022-132168A)

(43)公開日 令和4年9月7日(2022.9.7)

(51)国際特許分類		F I	テーマコード(参考)	
H 01 L	51/50 (2006.01)	H 05 B	33/22	B 3 K 1 0 7
C 07 D	487/04 (2006.01)	C 07 D	487/04	1 4 7 4 C 0 5 0
C 07 D	403/10 (2006.01)	C 07 D	403/10	4 C 0 6 3
C 07 D	491/048 (2006.01)	C 07 D	491/048	
C 07 D	401/14 (2006.01)	C 07 D	401/14	

審査請求 未請求 請求項の数 5 O L (全102頁) 最終頁に続く

(21)出願番号	特願2022-27214(P2022-27214)	(71)出願人	000153878
(22)出願日	令和4年2月24日(2022.2.24)		株式会社半導体エネルギー研究所
(31)優先権主張番号	特願2021-30924(P2021-30924)		神奈川県厚木市長谷398番地
(32)優先日	令和3年2月26日(2021.2.26)	(72)発明者	吉安 唯
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
		(72)発明者	社半導体エネルギー研究所内
		(72)発明者	橋本 直明
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
		(72)発明者	社半導体エネルギー研究所内
		(72)発明者	高橋 辰義
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
		(72)発明者	社半導体エネルギー研究所内
		(72)発明者	川上 祥子
			神奈川県厚木市長谷398番地 株式会
		(72)発明者	社半導体エネルギー研究所内
			最終頁に続く

(54)【発明の名称】 混合材料

(57)【要約】

【課題】耐熱性を向上させた新規な混合材料を提供する。

【解決手段】第1の複素芳香族化合物と第2の複素芳香族化合物とを有し、第1の複素芳香族化合物は、一般式(G1)乃至一般式(G6)のいずれか一で表される混合材料である。(ただし、前記第2の複素芳香族化合物は、前記第1の複素芳香族化合物と同じ一般式で表されることはない。)

【選択図】なし

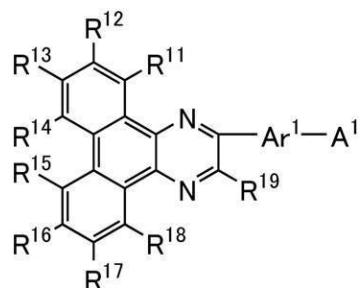
【特許請求の範囲】

【請求項 1】

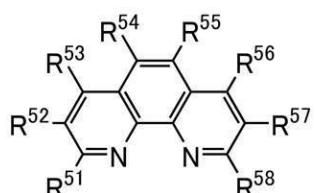
第 1 の複素芳香族化合物と第 2 の複素芳香族化合物とを有し、

前記第 1 の複素芳香族化合物は、一般式 (G1) 乃至一般式 (G6) のいずれか一で表される混合材料。(ただし、前記第 2 の複素芳香族化合物は、前記第 1 の複素芳香族化合物と同じ一般式で表されることはない。)

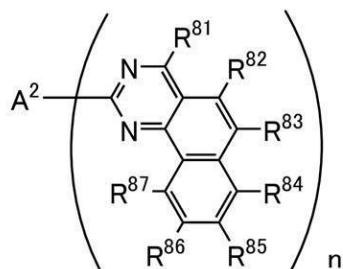
【化 1】



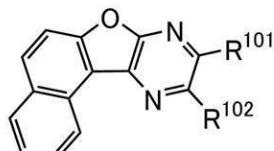
(G1)



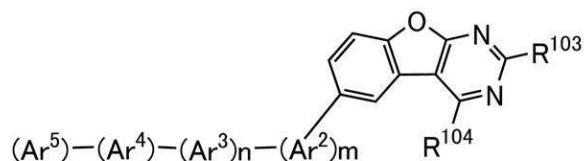
(G2)



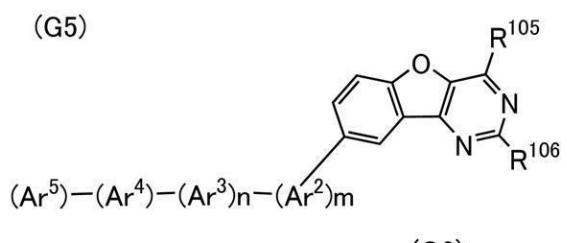
(G3)



(G4)



(G5)



(G6)

(式 (G1) 中、A¹は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のベンゾナフトチオフェニル基、置換もしくは無置換のジナフトチオフェニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、または置換もしくは無置換のベンゾナフトフラニル基、または置換もしくは無置換のジナフトフラニル基、のいずれかを表し、R¹¹ ~ R¹⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 4 のアルキル基、または炭素数 6 乃至 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数 6 乃至 30 のアリーレン基を表し、前記アリーレン

10

20

30

40

50

基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式 (G 2) 中、R^{5 1} ~ R^{5 8} は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 4 のアルキル基、または炭素数 6 乃至 30 の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数 1 乃至 30 の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数 1 乃至 6 のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式 (G 3) 中、A² は芳香環または複素芳香環を含む炭素数 3 乃至 30 の置換基を表す。また、R^{8 1} 乃至 R^{8 7} はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかを表し、n は 2 又は 3 である。また、上記式 (G 4) 中、R^{1 0 1} および R^{1 0 2} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 1} および R^{1 0 2} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 5) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R^{1 0 3} および R^{1 0 4} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 3} および R^{1 0 4} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 6) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R^{1 0 5} および R^{1 0 6} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 5} および R^{1 0 6} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。)

10

20

30

40

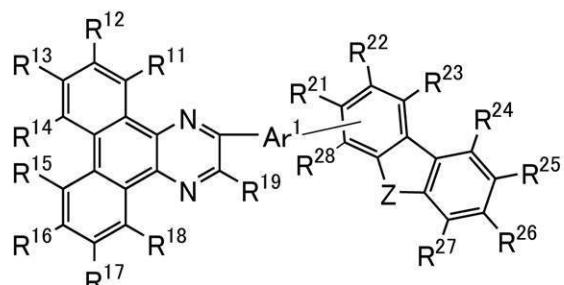
50

【請求項 2】

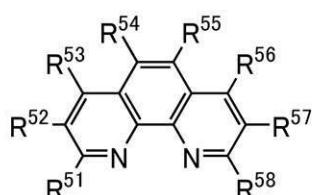
第 1 の複素芳香族化合物と第 2 の複素芳香族化合物とを有し、

前記第 1 の複素芳香族化合物は、一般式 (G 1 - 1) 乃至一般式 (G 6 - 1) のいずれか一で表される混合材料。(ただし、前記第 2 の複素芳香族化合物は、前記第 1 の複素芳香族化合物と同じ一般式で表されることはない。)

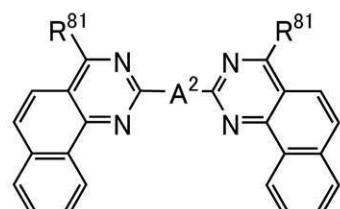
【化2】



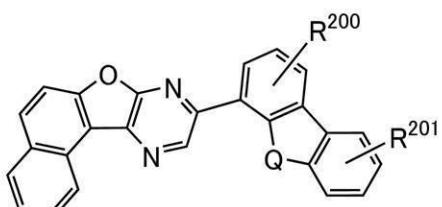
(G1-1)



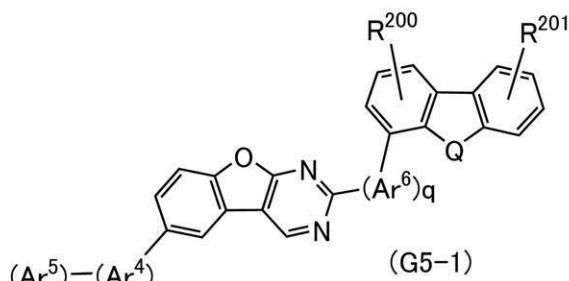
(G2-1)



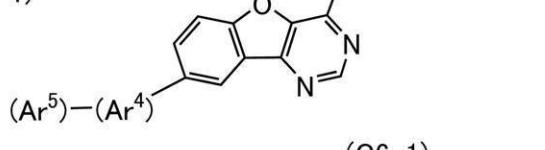
(G3-1)



(G4-1)



(G5-1)



(G6-1)

10

20

30

40

50

(式(G1-1)中、Zは、窒素、酸素、又は硫黄を表し、R¹¹～R¹⁹およびR²¹～R²⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表す。但し、窒素を表す場合のZ、または、R²¹～R²⁸のいずれかは、Ar¹との結合手となる。また、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2-1)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至14の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至15の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3-1)中、A²は置換または無置換の芳香環または複素芳香環を含む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、R⁸¹は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかを表す。また、上記式(G4-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、R²⁰⁰およびR²⁰¹

^{0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表し、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} が 2 乃至 4 の場合同じであっても異なっていてよい。また、上記式 (G 5 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 1 0 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 3 0 である。また、Ar⁶ は、炭素数 6 乃至 1 3 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 または 1 である。また、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。式 (G 6 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 1 0 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 3 0 である。また、Ar⁶ は、炭素数 6 乃至 1 3 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 乃至 4 である。また、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。)

10

20

30

40

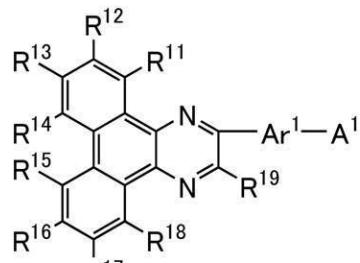
50

【請求項 3】

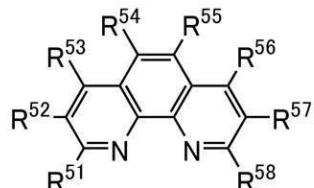
第 1 の複素芳香族化合物と第 2 の複素芳香族化合物とを有し、

前記第 1 の複素芳香族化合物および前記第 2 の複素芳香族化合物は、それぞれ一般式 (G 1) 乃至一般式 (G 6) のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料。

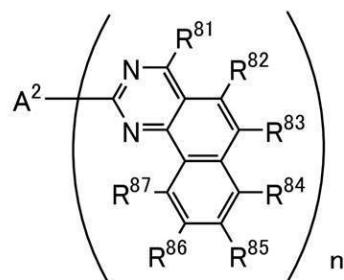
【化3】



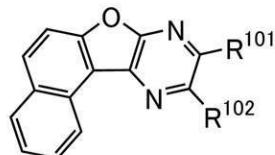
(G1)



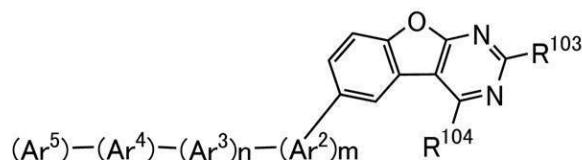
(G2)



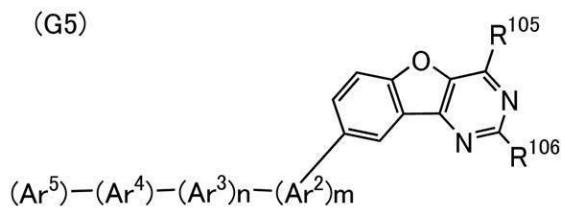
(G3)



(G4)



(G5)



(G6)

(式(G1)中、A¹は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のベンゾナフトチオフェニル基、置換もしくは無置換のジナフトチオフェニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、または置換もしくは無置換のベンゾナフトフラニル基、または置換もしくは無置換のジナフトフラニル基、のいずれかを表し、R¹¹～R¹⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至30の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至30の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3)中、A²は芳香環または複素芳香環を含む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、R⁸¹乃至R⁸⁷はそれぞれ独立に

10

20

30

40

50

水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかを表し、n は 2 又は 3 である。また、上記式 (G 4) 中、R^{0 1} および R^{1 0 2} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 1} および R^{1 0 2} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 5) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R^{1 0 3} および R^{1 0 4} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 3} および R^{1 0 4} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 6) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R^{1 0 5} および R^{1 0 6} は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R^{1 0 5} および R^{1 0 6} の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。)

10

20

30

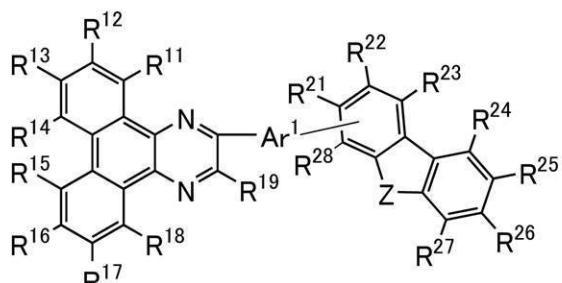
40

50

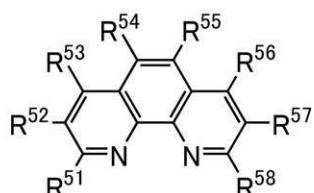
【請求項 4】

第 1 の複素芳香族化合物と第 2 の複素芳香族化合物とを有し、前記第 1 の複素芳香族化合物および前記第 2 の複素芳香族化合物は、それぞれ一般式 (G 1 - 1) 乃至一般式 (G 6 - 1) のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料。

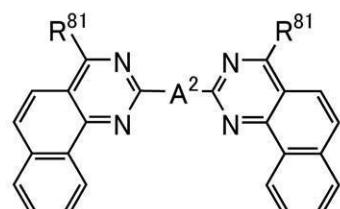
【化4】



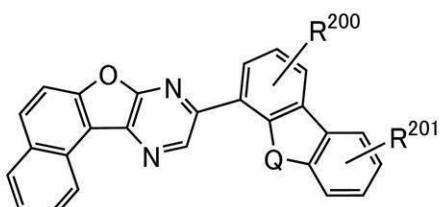
(G1-1)



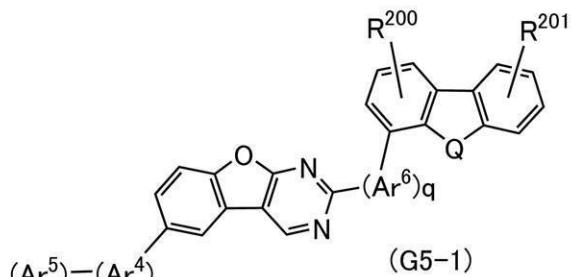
(G2-1)



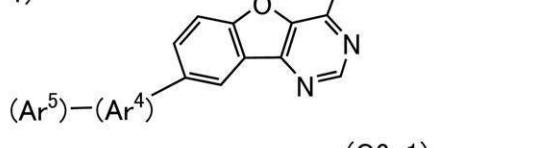
(G3-1)



(G4-1)



(G5-1)



(G6-1)

(式(G1-1)中、Zは、窒素、酸素、又は硫黄を表し、R¹¹～R¹⁹およびR²¹～R²⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表す。但し、窒素を表す場合のZ、または、R²¹～R²⁸のいずれかは、Ar¹との結合手となる。また、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2-1)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至14の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至15の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3-1)中、A²は置換または無置換の芳香環または複素芳香環を含む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、R⁸¹は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかを表す。また、上記式(G4-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、R²⁰⁰およびR²⁰¹

10

20

30

40

50

^{0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表し、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} が 2 乃至 4 の場合同じであっても異なっていてよい。また、上記式 (G 5 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 1 0 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 3 0 である。また、Ar⁶ は、炭素数 6 乃至 1 3 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 または 1 である。また、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。式 (G 6 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 1 0 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 3 0 である。また、Ar⁶ は、炭素数 6 乃至 1 3 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 乃至 4 である。また、R^{2 0 0} および R^{2 0 1} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 1 3 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。)

10

20

30

40

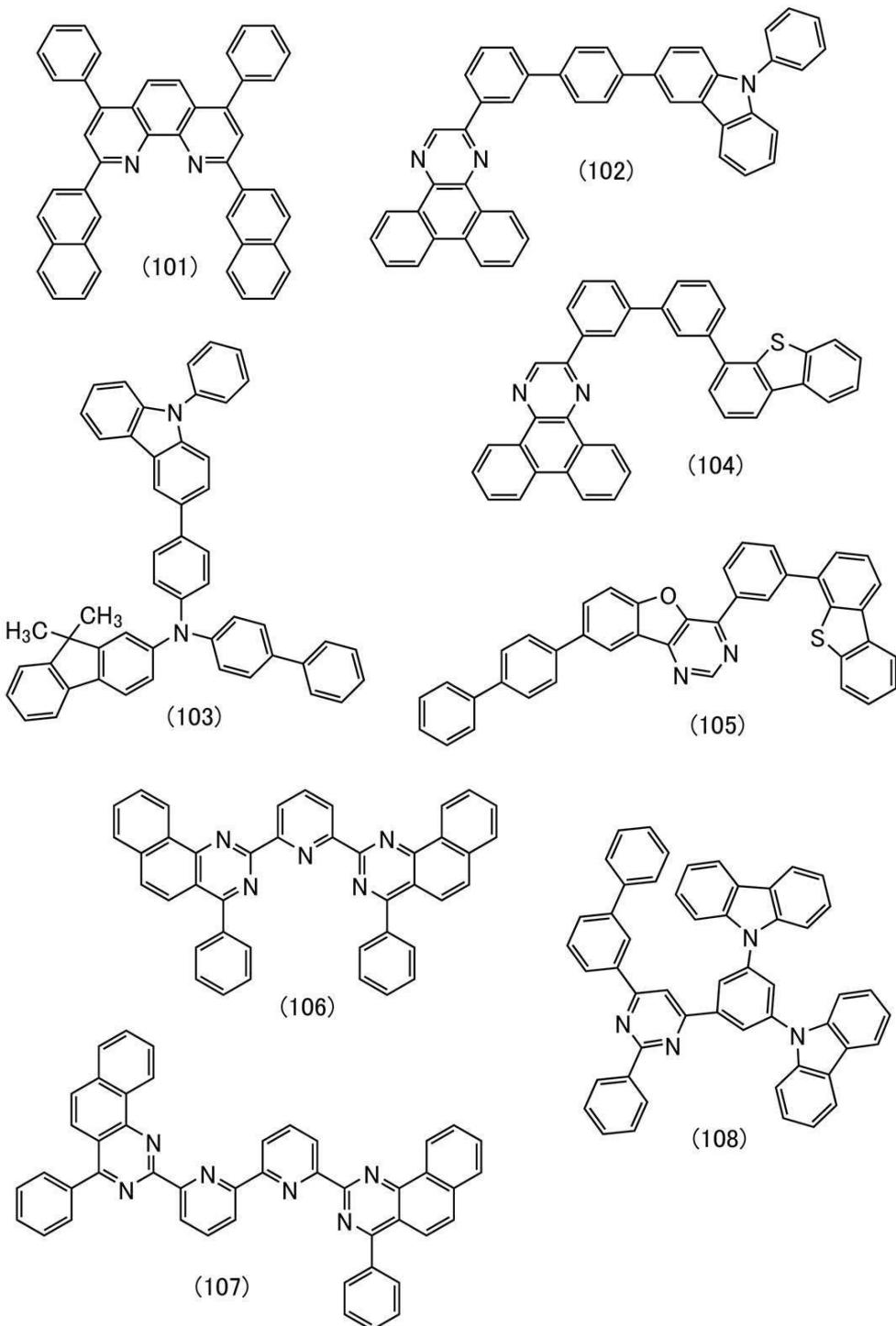
50

【請求項 5】

第 1 の複素芳香族化合物と第 2 の複素芳香族化合物とを有し、

前記第 1 の複素芳香族化合物および前記第 2 の複素芳香族化合物は、それぞれ構造式 (1 0 1) 乃至構造式 (1 0 8) のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料。

【化5】



10

20

30

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、発光デバイスに適用可能な混合材料に関する。また、発光デバイス、ディスプレイメモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器、照明装置および電子デバイスに関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的

50

に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、発光装置、照明装置、記憶装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法、を一例として挙げることができる。

【背景技術】

【0002】

有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス(EL: Electroluminescence)を利用する発光デバイス(有機ELデバイス)の実用化が進んでいる。これら発光デバイスの基本的な構成は、一対の電極間に発光材料を含む有機化合物層(EL層)を挟んだものである。このデバイスに電圧を印加して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料からの発光を得ることができる。

10

【0003】

このような発光デバイスは自発光型であるためディスプレイの画素として用いると、液晶に比べ、視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適である。また、このような発光デバイスを用いたディスプレイは、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

また、これらの発光デバイスは発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状に発光を得ることができる。これは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

20

【0005】

このように発光デバイスを用いたディスプレイや照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、より良好な特性を有する発光デバイスを求めて研究開発が進められている。

【0006】

発光デバイスに用いる有機化合物は、デバイス特性に大きく影響を与える。そのため、用いる有機化合物の物性が、発光デバイスの製造プロセスや用途に応じて要求される温度範囲に適用可能であることは、発光デバイスの信頼性を向上させる上で非常に重要である。そのため熱によるモルフォロジー変化を抑制する材料開発などが進められている(特許文献1)。

30

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2017-75114号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

本発明の一態様は、耐熱性を向上させた新規な混合材料を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な発光デバイスを提供することを課題の一とする。また、本発明の別の態様は、新規な有機半導体デバイスを提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な発光装置を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な電子機器を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な照明装置を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な照明装置を提供することを課題の一とする。

40

【0009】

また、本発明の一態様は、薄膜化の際に耐熱性を向上させることができる新規な混合材料を提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、耐熱性の高い発光デバイスを提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、製造プロセスにおける耐熱性の高い発光デバイスを提供することを課題の一とする。または、本発明の他の一態様は

50

、信頼性の高い発光デバイスを提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、耐熱性の高い有機半導体デバイスを提供することを課題の一とする。また、本発明の一態様は、製造プロセスにおける耐熱性の高い有機半導体デバイスを提供することを課題の一とする。または、本発明の他の一態様は、信頼性の高い有機半導体デバイスを提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、消費電力の小さい発光デバイス、有機半導体デバイス、発光装置、電子機器、表示装置および電子デバイスを各々提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様は、消費電力が小さく、信頼性の高い発光デバイス、有機半導体デバイス、発光装置、電子機器、表示装置および電子デバイスを各々提供することを課題の一とする。

【0010】

10

なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、これらの課題の全てを解決する必要はないものとする。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

【課題を解決するための手段】

【0011】

20

本発明の一態様は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ少なくとも1つの複素芳香環を有し、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも一は、一般式(G1)乃至一般式(G6)のいずれか一で表される縮環構造を有する混合材料である。

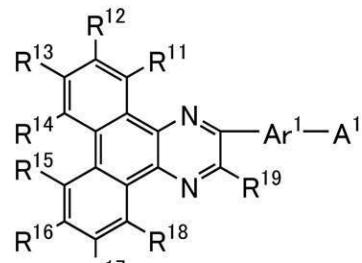
【0012】

30

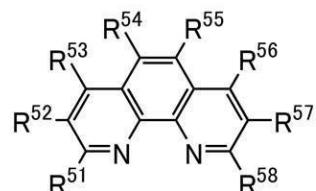
40

50

【化1】

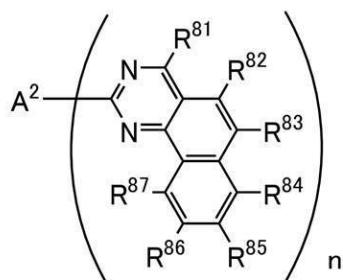


(G1)

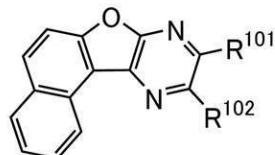


(G2)

10

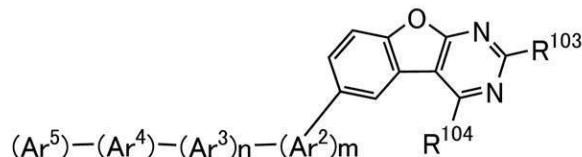


(G3)

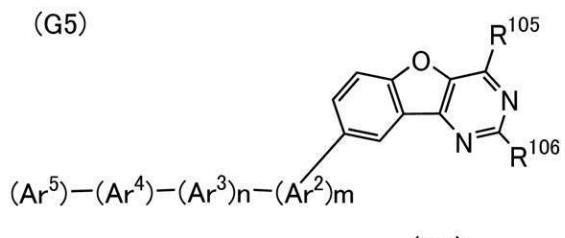


(G4)

20



(G5)



(G6)

30

【0013】

なお、上記式(G1)中、A¹は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のベンゾナフトチオフェニル基、置換もしくは無置換のジナフトチオフェニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、または置換もしくは無置換のベンゾナフトフラニル基、または置換もしくは無置換のジナフトフラニル基、のいずれかを表し、R¹¹～R¹⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至30の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至30の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3)中、A²は芳香環または

40

50

複素芳香環を含む炭素数 3 乃至 30 の置換基を表す。また、R⁸⁻¹ 乃至 R⁸⁻⁷ はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかを表し、n は 2 又は 3 である。また、上記式 (G 4) 中、R¹⁰⁻¹ および R¹⁰⁻² は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻¹ および R¹⁰⁻² の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 5) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R¹⁰⁻³ および R¹⁰⁻⁴ は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻³ および R¹⁰⁻⁴ の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 6) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R¹⁰⁻⁵ および R¹⁰⁻⁶ は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻⁵ および R¹⁰⁻⁶ の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。

10

20

30

40

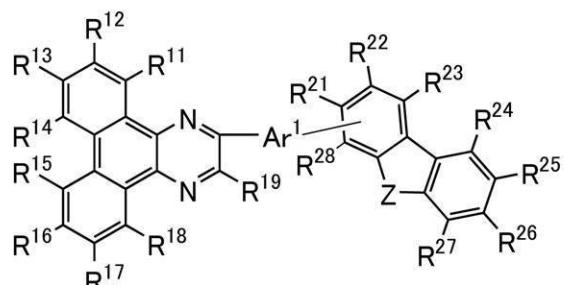
50

【0014】

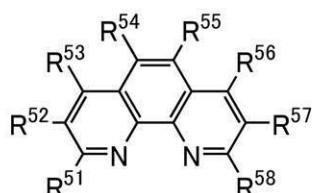
また、本発明の別の一態様は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ少なくとも 1 つの複素芳香環を有し、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも一は、一般式 (G 1 - 1) 乃至一般式 (G 6 - 1) のいずれか一で表される縮環構造を有する混合材料である。

【0015】

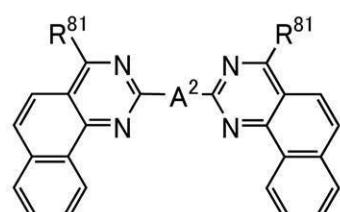
【化2】



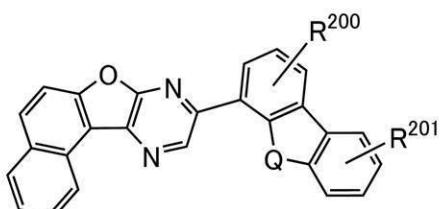
(G1-1)



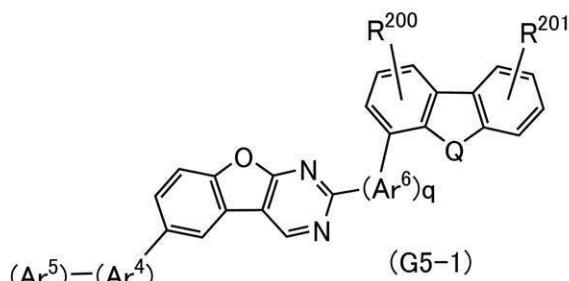
(G2-1)



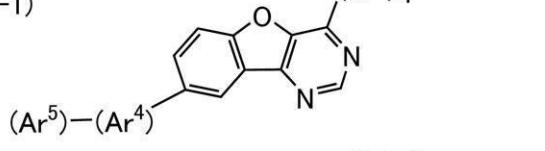
(G3-1)



(G4-1)



(G5-1)



(G6-1)

【0016】

なお、上記式(G1-1)中、Zは、窒素、酸素、又は硫黄を表し、R¹¹～R¹⁹およびR²¹～R²⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表す。但し、Zが窒素を表す場合、Zは水素、炭素数1乃至6のアルキル基、又は置換または無置換の炭素数6乃至30のアリール基を有し、または、ZはAr¹と直接結合していてもよく、または、R²¹～R²⁸のいずれか一基は、Ar¹との結合手となっててもよい。また、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2-1)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至14の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至15の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3-1)中、A²は置換または無置換の芳香環または複素芳香環を含

10

20

30

40

50

む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、 $R^{8\cdot 1}$ は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかを表す。また、上記式(G4-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表し、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ が2乃至4の場合同じであっても異なっていてもよい。
 また、上記式(G5-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至30である。また、 A_r^6 は、炭素数6乃至13のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、qは0または1である。また、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。式(G6-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至30である。また、 A_r^6 は、炭素数6乃至13のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、qは0乃至4である。また、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

10

20

30

【0017】

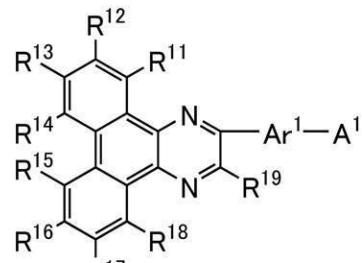
また、本発明の別の一態様は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ一般式(G1)乃至一般式(G6)のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料である。

【0018】

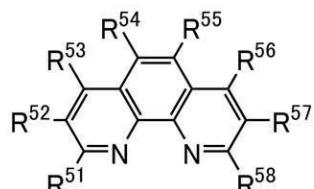
40

50

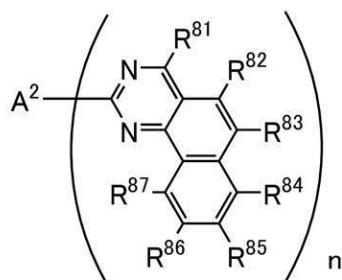
【化3】



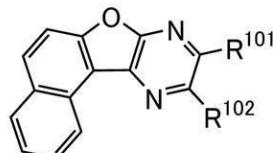
(G1)



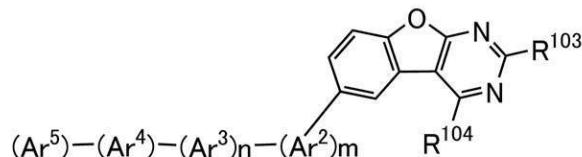
(G2)



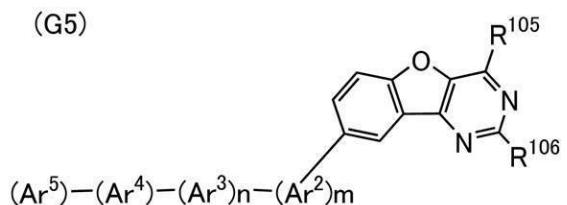
(G3)



(G4)



(G5)



(G6)

【0019】

また、上記式(G1)中、A¹は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のベンゾナフトチオフェニル基、置換もしくは無置換のジナフトチオフェニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基、または置換もしくは無置換のベンゾナフトフラニル基、または置換もしくは無置換のジナフトフラニル基、のいずれかを表し、R¹¹～R¹⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至30の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至30の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3)中、A²は芳香環または

10

20

30

50

複素芳香環を含む炭素数 3 乃至 30 の置換基を表す。また、R⁸⁻¹ 乃至 R⁸⁻⁷ はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかを表し、n は 2 又は 3 である。また、上記式 (G 4) 中、R¹⁰⁻¹ および R¹⁰⁻² は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻¹ および R¹⁰⁻² の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 5) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R¹⁰⁻³ および R¹⁰⁻⁴ は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻³ および R¹⁰⁻⁴ の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 6) 中、Ar²、Ar³、Ar⁴、および Ar⁵ は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 25 である。また、m および n はそれぞれ 0 または 1 である。また、R¹⁰⁻⁵ および R¹⁰⁻⁶ は、それぞれ独立に、水素または総炭素数 1 乃至 100 の基を表し、R¹⁰⁻⁵ および R¹⁰⁻⁶ の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。

【0020】

また、本発明の別の一態様は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ一般式 (G 1 - 1) 乃至一般式 (G 6 - 1) のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料である。

【0021】

10

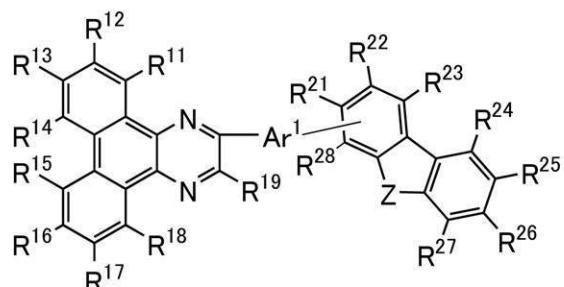
20

30

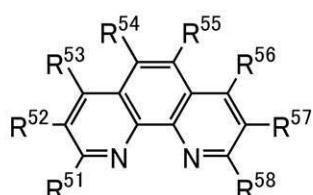
40

50

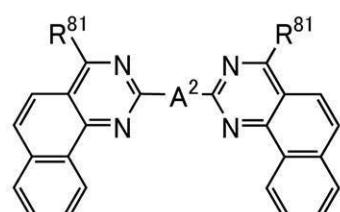
【化4】



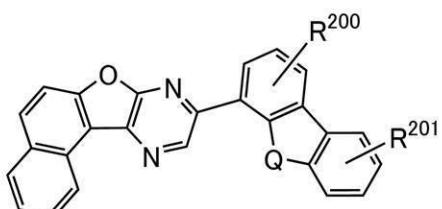
(G1-1)



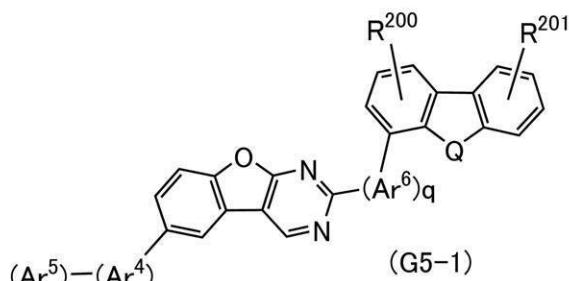
(G2-1)



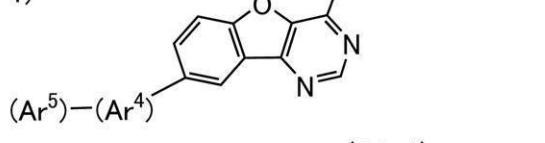
(G3-1)



(G4-1)



(G5-1)



(G6-1)

10

20

30

【0022】

なお、上記式(G1-1)中、Zは、窒素、酸素、又は硫黄を表し、R¹¹～R¹⁹およびR²¹～R²⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表す。但し、Zが窒素を表す場合、Zは水素、炭素数1乃至6のアルキル基、又は置換または無置換の炭素数6乃至30のアリール基を有し、または、ZはAr¹と直接結合していてもよく、または、R²¹～R²⁸のいずれか一基は、Ar¹との結合手となっててもよい。また、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2-1)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至14の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至15の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3-1)中、A²は置換または無置換の芳香環または複素芳香環を含

40

50

む炭素数 3 乃至 30 の置換基を表す。また、 $R^{8\cdot 1}$ は、水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれかを表す。また、上記式 (G 4 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、 R^{200} および R^{201} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表し、 R^{200} および R^{201} が 2 乃至 4 の場合同じであっても異なっていてもよい。また、上記式 (G 5 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 30 である。また、 A_r^6 は、炭素数 6 乃至 13 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 または 1 である。また、 R^{200} および R^{201} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。式 (G 6 - 1) 中、Q は、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、または炭素数 1 乃至 6 のアルコキシ基、または炭素数 5 乃至 7 の単環式飽和炭化水素基、または炭素数 7 乃至 10 の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は 6 乃至 30 である。また、 A_r^6 は、炭素数 6 乃至 13 のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、q は 0 乃至 4 である。また、 R^{200} および R^{201} はそれぞれ 1 乃至 4 のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数 6 乃至 13 の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

10

20

30

40

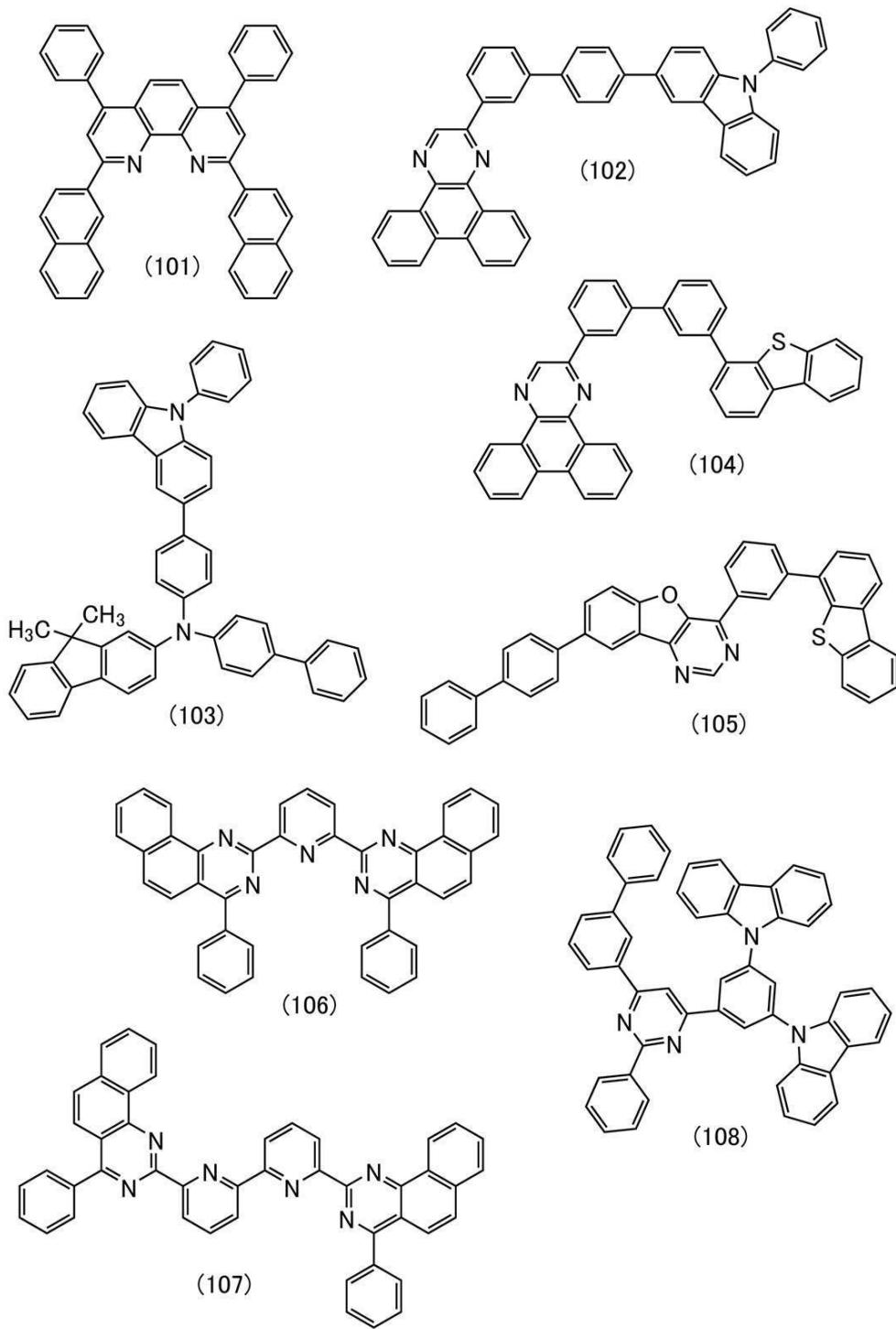
50

【0023】

また、本発明の別の一態様は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ構造式 (101) 乃至構造式 (108) のいずれか一で表され、かつそれぞれ異なる分子構造を有する混合材料である。

【0024】

【化5】



10

20

30

40

【0025】

なお、上記各構成において、複素芳香環は、ピリジン骨格、ジアジン骨格、トリアジン骨格、またはポリアゾール骨格のいずれか一を有する。

【0026】

なお、上記各構成において、縮合複素芳香環は、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、キナゾリン環、ベンゾキナゾリン環、ジベンゾキナゾリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環、ベンゾイミダゾール環、のいずれか一である。

【0027】

50

また、上記発光デバイスに加え、電極と接して有機化合物を有する層（例えばキャップ層）を有する場合も発光デバイスに含め、本発明に含まれることとする。また、発光デバイスに加えて、トランジスタ、基板などを有する発光装置も発明の範疇に含める。さらに、これらの発光デバイスと、検知部、入力部、または、通信部などのいずれかと、を有する電子機器や照明装置も発明の範疇に含める。

【0028】

また、本発明の一態様は、発光デバイスを有する発光装置を含み、さらに発光装置を有する照明装置も範疇に含めるものである。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、または光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置に、例えばFPC（Flexible printed circuit）もしくはTCP（Tape Carrier Package）等のコネクターが取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、または発光デバイスにCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。10

【0029】

本明細書においてトランジスタが有するソースとドレインは、トランジスタの極性及び各端子に与えられる電位の高低によって、その呼び方が入れ替わる。一般的に、nチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がソースと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれる。また、pチャネル型トランジスタでは、低い電位が与えられる端子がドレインと呼ばれ、高い電位が与えられる端子がソースと呼ばれる。本明細書では、便宜上、ソースとドレインとが固定されているものと仮定して、トランジスタの接続関係を説明する場合があるが、実際には上記電位の関係に従ってソースとドレインの呼び方が入れ替わる。20

【0030】

本明細書においてトランジスタのソースとは、活性層として機能する半導体膜の一部であるソース領域、或いは上記半導体膜に接続されたソース電極を意味する。同様に、トランジスタのドレインとは、上記半導体膜の一部であるドレイン領域、或いは上記半導体膜に接続されたドレイン電極を意味する。また、ゲートはゲート電極を意味する。

【0031】

本明細書においてトランジスタが直列に接続されている状態とは、例えば、第1のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみが、第2のトランジスタのソースまたはドレインの一方のみに接続されている状態を意味する。また、トランジスタが並列に接続されている状態とは、第1のトランジスタのソースまたはドレインの一方が第2のトランジスタのソースまたはドレインの一方に接続され、第1のトランジスタのソースまたはドレインの他方が第2のトランジスタのソースまたはドレインの他方に接続されている状態を意味する。30

【0032】

本明細書において接続とは、電気的な接続を意味しており、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能な状態に相当する。従って、接続している状態とは、直接接続している状態を必ずしも指すわけではなく、電流、電圧または電位が、供給可能、或いは伝送可能であるように、配線、抵抗、ダイオード、トランジスタなどの回路素子を介して間接的に接続している状態も、その範疇に含む。40

【0033】

本明細書において回路図上は独立している構成要素どうしが接続されている場合であっても、実際には、例えば配線の一部が電極として機能する場合など、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合もある。本明細書において接続とは、このような、一の導電膜が、複数の構成要素の機能を併せ持っている場合も、その範疇に含める。

【発明の効果】

【0034】

本発明の一態様は、耐熱性を向上させた新規な混合材料を提供することができる。また、50

本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な発光デバイスを提供することができる。また、本発明の別の一態様は、新規な有機半導体デバイスを提供することができる。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な発光装置を提供することができる。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な電子機器を提供することができる。また、本発明の一態様は、利便性、有用性または信頼性に優れた新規な照明装置を提供することができる。

【0035】

また、本発明の一態様は、薄膜化の際に耐熱性を向上させることができる新規な混合材料を提供することができる。また、本発明の一態様は、耐熱性の高い発光デバイスを提供することができる。また、本発明の一態様は、製造プロセスにおける耐熱性の高い発光デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様は、信頼性の高い発光デバイスを提供することができる。また、本発明の一態様は、耐熱性の高い有機半導体デバイスを提供することができる。また、本発明の一態様は、製造プロセスにおける耐熱性の高い有機半導体デバイスを提供することができる。または、本発明の他の一態様は、信頼性の高い有機半導体デバイスを提供することができる。または、本発明の一態様は、消費電力の小さい発光デバイス、有機半導体デバイス、発光装置、電子機器、表示装置および電子デバイスを各々提供することができる。または、本発明の一態様は、消費電力が小さく、信頼性の高い発光デバイス、有機半導体デバイス、発光装置、電子機器、表示装置および電子デバイスを各々提供することができる。

【0036】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0037】

【図1】図1(A)乃至図1(E)は、実施の形態に係る発光デバイスの構成を説明する図である。

【図2】図2(A)乃至図2(C)は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図3】図3(A)乃至図3(C)は、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。

【図4】図4(A)乃至図4(C)は、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。

【図5】図5(A)乃至図5(C)は、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。

【図6】図6(A)乃至図6(C)は、実施の形態に係る発光装置の製造方法を説明する図である。

【図7】図7は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図8】図8(A)および図8(B)は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図9】図9(A)および図9(B)は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図10】図10(A)および図10(B)は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図11】図11(A)および図11(B)は、実施の形態に係る発光装置を説明する図である。

【図12】図12(A)乃至図12(E)は、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。

【図13】図13(A)乃至図13(E)は、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。

10

20

30

40

50

【図14】図14(A)および図14(B)は、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。

【図15】図15(A)および図15(B)は、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。

【図16】図16は、実施の形態に係る電子機器を説明する図である。

【図17】図17(A)乃至図17(D)は、実施例に係る写真である。

【図18】図18(A)乃至図18(D)は、実施例に係る写真である。

【図19】図19(A)乃至図19(D)は、実施例に係る写真である。

【図20】図20は、実施例に係る発光デバイスの構成を説明する図である。

【図21】図21は発光デバイス1および比較発光デバイス1の輝度-電流密度特性である。 10

【図22】図22は発光デバイス1および比較発光デバイス1の電流効率-輝度特性である。

【図23】図23は発光デバイス1および比較発光デバイス1の輝度-電圧特性である。

【図24】図24は発光デバイス1および比較発光デバイス1の電流-電圧特性である。

【図25】図25は発光デバイス1および比較発光デバイス1の外部量子効率-輝度特性である。

【図26】図26は発光デバイス1および比較発光デバイス1の発光スペクトルである。

【図27】図27は発光デバイス1および比較発光デバイス1の信頼性を示す図である。

【図28】図28(A)乃至図28(C)は、実施の形態に係る表示装置を説明する図である。 20

【発明を実施するための形態】

【0038】

以下、本発明の実施の態様について図面を用いて詳細に説明する。但し、本発明は以下の説明に限定されず、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解される。従って、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

【0039】

(実施の形態1)

本実施の形態では、本発明の一態様である混合材料について説明する。該混合材料は、これを用いることにより、薄膜の耐熱性を向上させることができる。すなわち、薄膜化によるモルフォロジー変化を効果的に抑制することができる混合材料である。 30

【0040】

本発明の一態様である混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、それぞれの複素芳香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する混合材料である。また、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも1つは、複素芳香環が縮環構造を有する縮合複素芳香環である。

【0041】

なお、複素芳香環は、ピリジン骨格、ジアジン骨格、トリアジン骨格、またはポリアゾール骨格のいずれか一を有する環構造を示す。なお、ジアジン骨格を有する複素芳香環には、ピリミジン骨格を有する複素芳香環、ピラジン骨格を有する複素芳香環、ピリダジン骨格を有する複素芳香環を含む。 40

【0042】

また、上記複素芳香環には、縮環構造を有する縮合複素芳香環を含む。縮合複素芳香環としては、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、キナゾリン環、ベンゾキナゾリン環、ジベンゾキナゾリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環、ベンゾイミダゾール環、などが挙げられる。

【0043】

また、本発明の別の一態様である、混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、それらの複素芳香族化合物は、少なくとも1つの縮合複素芳香環を有する混合材料である。 50

【 0 0 4 4 】

なお、上記混合材料には、金属錯体が含まれないことが好ましい。当該金属錯体としては、アルカリ金属錯体およびアルカリ土類金属錯体、特にアルカリ金属キノリノール錯体またはアルカリ土類金属キノリノール錯体を挙げることができる。

【 0 0 4 5 】

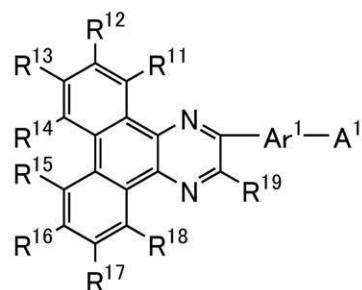
また、本発明の一態様である、混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、複数の複素芳香族化合物は、それぞれ少なくとも1つの複素芳香環を有し、複素芳香族化合物のうち、少なくとも一は、一般式(G1)乃至一般式(G6)のいずれか一で表される縮環構造を有する混合材料である。なお、上記複数の複素芳香族化合物がいずれも一般式(G1)乃至一般式(G6)のいずれか一で表される縮環構造を有しても良いが、その場合は、各複素芳香族化合物の分子構造だけでなく上記の一般式がそれぞれ異なる。

10

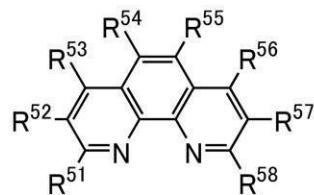
20

30

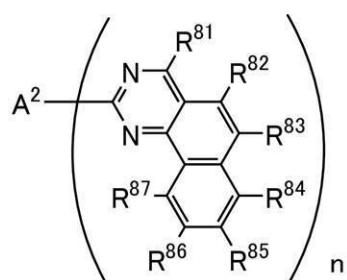
40



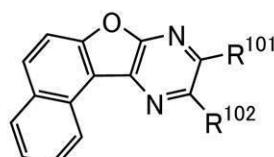
(G1)



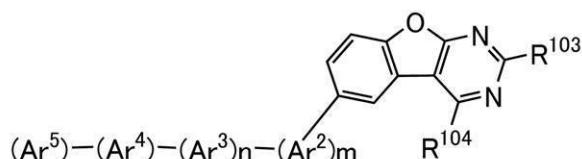
(G2)



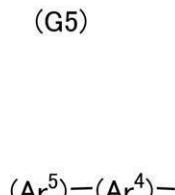
(G3)



(G4)



(G5)



(G6)

【 0 0 4 7 】

50

なお、上記式 (G 1) 中、A¹は、置換もしくは無置換のカルバゾリル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、置換もしくは無置換のベンゾナフトチオフェニル基、置換もしくは無置換のジナフトチオフェニル基、または置換もしくは無置換のジベンゾフラン基、または置換もしくは無置換のベンゾナフトフラン基、または置換もしくは無置換のジナフトフラン基、のいずれかを表し、R¹¹～R¹⁹は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、A_r¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式 (G 2) 中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至30の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至30の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式 (G 3) 中、A²は芳香環または複素芳香環を含む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、R⁸¹乃至R⁸⁷はそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかを表し、nは2又は3である。また、上記式 (G 4) 中、R¹⁰¹およびR¹⁰²は、それぞれ独立に、水素または総炭素数1乃至100の基を表し、R¹⁰¹およびR¹⁰²の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 5) 中、A_r²、A_r³、A_r⁴、およびA_r⁵は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至25である。また、mおよびnはそれぞれ0または1である。また、R¹⁰³およびR¹⁰⁴は、それぞれ独立に、水素または総炭素数1乃至100の基を表し、R¹⁰³およびR¹⁰⁴の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。また、上記式 (G 6) 中、A_r²、A_r³、A_r⁴、およびA_r⁵は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至25である。また、mおよびnはそれぞれ0または1である。また、R¹⁰⁵およびR¹⁰⁶は、それぞれ独立に、水素または総炭素数1乃至100の基を表し、R¹⁰⁵およびR¹⁰⁶の少なくとも一は、置換もしくは無置換のフェニレン基または置換もしくは無置換のビフェニレン基を介して、ピロール環構造、フラン環構造、またはチオフェン環構造のいずれか一の環を含む置換基を有する。

【0048】

また、上記構成における複素芳香族化合物のうち、少なくとも一は、一般式 (G 1-1) 乃至一般式 (G 6-1) のいずれか一で表される縮環構造を有する混合材料でも良い。なお、上記複数の複素芳香族化合物がいずれも一般式 (G 1-1) 乃至一般式 (G 6-1) のいずれか一で表される縮環構造を有しても良いが、その場合は、各複素芳香族化合物の分子構造だけでなく上記の一般式がそれぞれ異なる。

【0049】

10

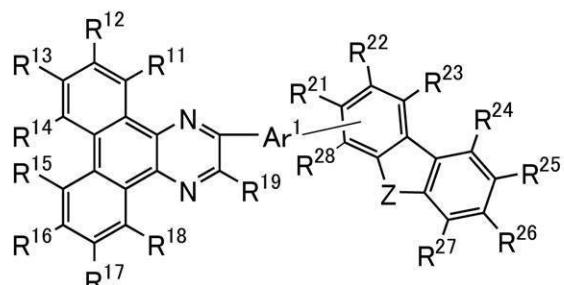
20

30

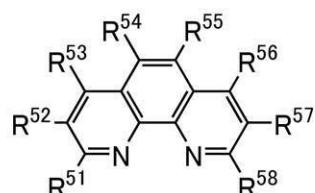
40

50

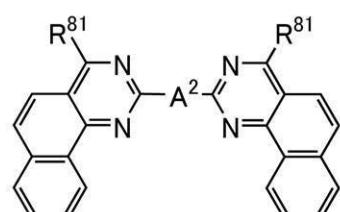
【化7】



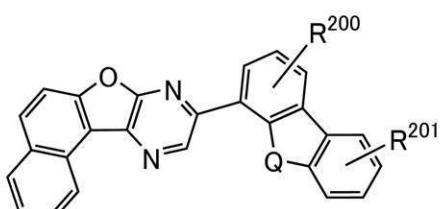
(G1-1)



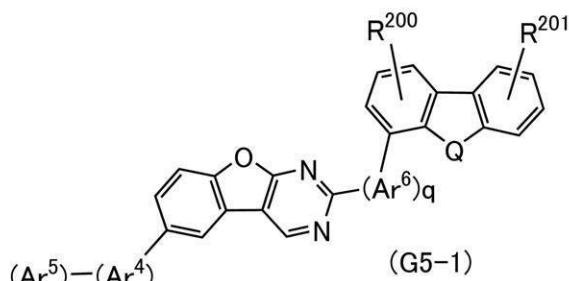
(G2-1)



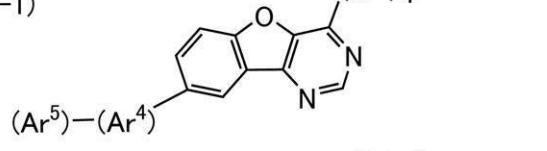
(G3-1)



(G4-1)



(G5-1)



(G6-1)

【0050】

なお、上記式(G1-1)中、Zは、窒素、酸素、又は硫黄を表し、R¹¹～R¹⁹およびR²¹～R²⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至13の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表し、Ar¹は、炭素数6乃至30のアリーレン基を表す。但し、Zが窒素を表す場合、Zは水素、炭素数1乃至6のアルキル基、又は置換または無置換の炭素数6乃至30のアリール基を有し、または、ZはAr¹と直接結合していてもよく、または、R²¹～R²⁸のいずれか一基は、Ar¹との結合手となっててもよい。また、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、上記式(G2-1)中、R⁵¹～R⁵⁸は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至14の置換もしくは無置換のアリール基、または炭素数1乃至15の置換もしくは無置換のヘテロアリール基、または置換または無置換の炭素数1乃至6のヘテロ環のいずれかを表す。また、上記式(G3-1)中、A²は置換または無置換の芳香環または複素芳香環を含

10

20

30

40

50

む炭素数3乃至30の置換基を表す。また、 $R^{8\cdot 1}$ は、水素、炭素数1乃至6のアルキル基、または置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれかを表す。また、上記式(G4-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表し、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ が2乃至4の場合同じであっても異なっていてもよい。
 また、上記式(G5-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至30である。また、 A_r^6 は、炭素数6乃至13のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、qは0または1である。また、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。式(G6-1)中、Qは、酸素又は硫黄を表し、 A_r^4 、および A_r^5 は、それぞれ独立に、置換もしくは無置換の芳香族炭化水素環を表し、前記芳香族炭化水素環の置換基は、炭素数1乃至6のアルキル基、または炭素数1乃至6のアルコキシ基、または炭素数5乃至7の単環式飽和炭化水素基、または炭素数7乃至10の多環式飽和炭化水素基、またはシアノ基のいずれか一であり、前記芳香族炭化水素環を形成する炭素数は6乃至30である。また、 A_r^6 は、炭素数6乃至13のアリーレン基を表し、前記アリーレン基は置換基を有していてもよく、前記置換基は互いに結合して環を形成しても良い。また、qは0乃至4である。また、 $R^{2\cdot 0\cdot 0}$ および $R^{2\cdot 0\cdot 1}$ はそれぞれ1乃至4のいずれかの置換基を表し、かつそれぞれ独立に水素、炭素数1乃至6のアルキル基、置換もしくは無置換の炭素数6乃至13の芳香族炭化水素基のいずれか一を表す。

10

20

30

【0051】

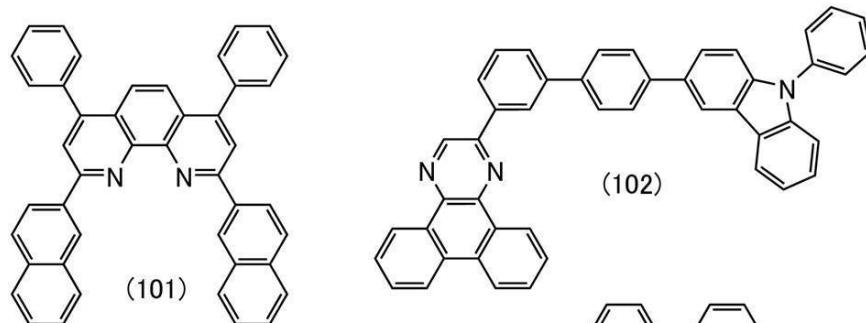
また、本発明の一態様である混合材料は、構造式(101)乃至構造式(117)で表される複素芳香族化合物のうち、異なる複素芳香族化合物を複数有していても良い。

【0052】

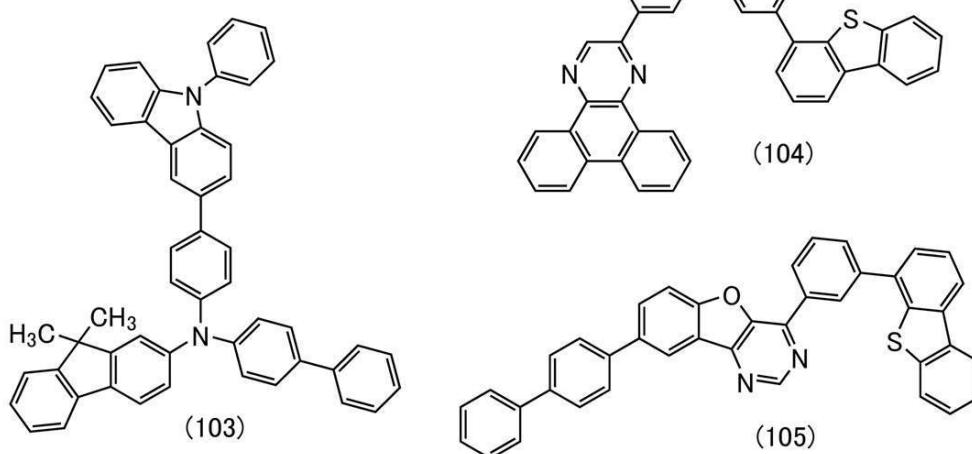
40

50

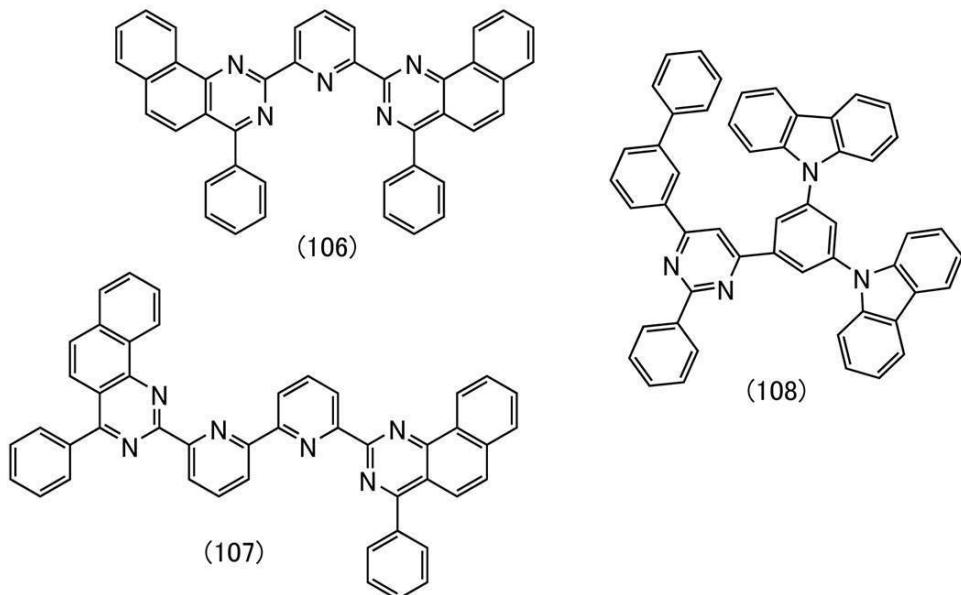
【化 8】



10



20



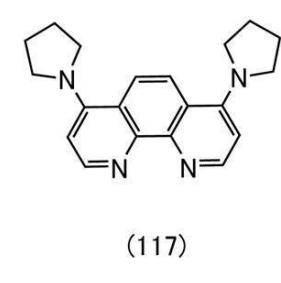
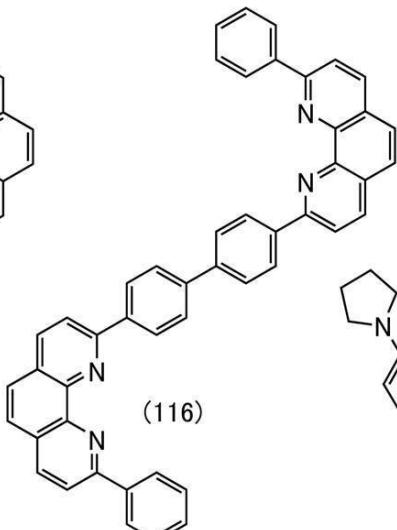
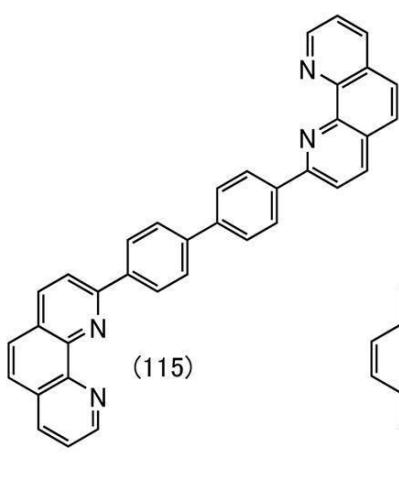
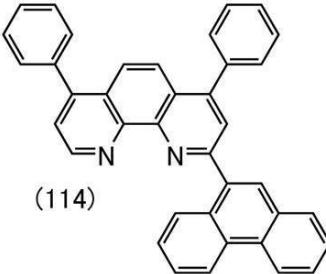
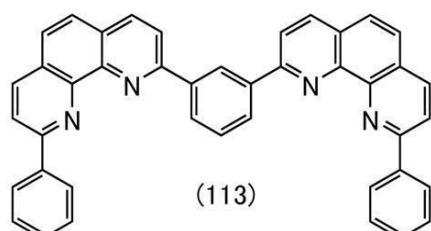
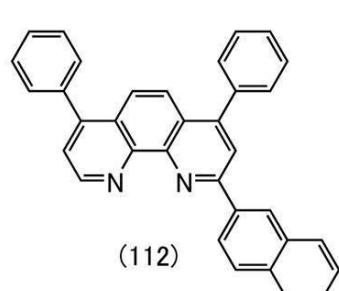
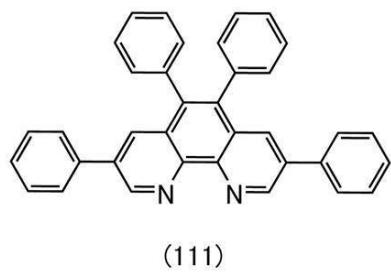
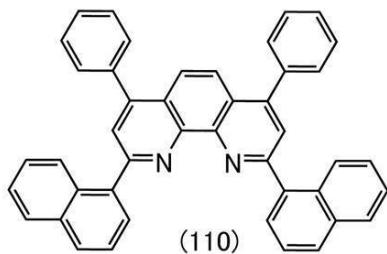
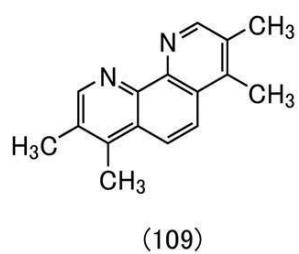
30

40

【0053】

50

【化9】



10

20

30

40

【0054】

また、混合材料に含まれる複数の複素芳香族化合物を2種類有する場合、電子輸送性の高い方の複素芳香族化合物を、他方の複素芳香族化合物に対して10%以上、好ましくは20%以上、さらに好ましくは30%以上の割合で混合することにより耐熱性を向上させることができるので好ましい。

【0055】

また、上記混合材料に含まれる、複素芳香族化合物が有する複素芳香環が縮合複素芳香環である場合、縮合していない化合物を多く含む混合材料と比較してガラス転移点(T_g)および結晶化温度(T_c)のような熱物性は向上するが、縮合した複素芳香族化合物であ

50

っても単一の化合物からなる単独膜では分子同士の相互作用が強く、安定なガラス状態を形成しその状態を維持することが難しい場合がある。その結果、単一の化合物からなる単独膜では T_g 以下の温度ではガラス状態を維持するはずであるにもかかわらず、大気に曝すこと、または T_g 以下の低い温度などの刺激により、通常では起こりえない結晶化が確認された。この様に T_g 以下の温度で安定なガラス状態の膜を維持できないと、有機EL層を形成する際に大気中で加工が必要な工程を実施しようとしても、加工中に有機EL層が結晶化し、結果として安定した特性を示す発光デバイスを提供することができない。しかし本発明の一態様では、複数の複素芳香族化合物のうち、一方の複素芳香族化合物の環が縮合複素芳香環であっても、他方の複素芳香族化合物と混合することでその結晶化を抑制できる。つまり、複数の複素芳香族化合物を混合することで T_g を向上させつつ、膜が T_g 以下で結晶化する現象をも防ぐことができる。このことは、実施例 1 乃至実施例 3 に示す結果において示されている。

10

【0056】

なお、本実施の形態に示す、混合材料に用いることができる具体的な複素芳香族化合物は、実施の形態 2 において電子輸送性材料として具体的に示した複素芳香族化合物が該当する場合は引用すればよく、本実施形態での例示は省略することとする。

【0057】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0058】

20

(実施の形態 2)

本実施の形態では、実施の形態 1 で示した混合材料を用いた発光デバイスについて、図 1 (A) 乃至図 1 (E) を用いて説明する。

【0059】

発光デバイスの基本的な構造

発光デバイスの基本的な構造について説明する。図 1 (A) には、一対の電極間に発光層を含む EL 層を有する発光デバイスを示す。具体的には、第 1 の電極 101 と第 2 の電極 102 との間に EL 層 103 が挟まれた構造を有する。

【0060】

30

また、図 1 (B) には、一対の電極間に複数(図 1 (B) では、2 層)の EL 層(103a、103b)を有し、EL 層の間に電荷発生層 106 を有する積層構造(タンデム構造)の発光デバイスを示す。タンデム構造の発光デバイスは、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

【0061】

30

電荷発生層 106 は、第 1 の電極 101 と第 2 の電極 102 の間に電位差を生じさせたときに、一方の EL 層(103a または 103b)に電子を注入し、他方の EL 層(103b または 103a)に正孔を注入する機能を有する。従って、図 1 (B) において、第 1 の電極 101 に、第 2 の電極 102 よりも電位が高くなるように電圧を印加すると、電荷発生層 106 から EL 層 103a に電子が注入され、EL 層 103b に正孔が注入されることとなる。

【0062】

40

なお、電荷発生層 106 は、光の取り出し効率の点から、可視光に対して透光性を有する(具体的には、電荷発生層 106 に対する可視光の透過率が、40%以上)ことが好ましい。また、電荷発生層 106 は、第 1 の電極 101 および第 2 の電極 102 よりも低い導電率であっても機能する。

【0063】

40

また、図 1 (C) には、本発明の一態様である発光デバイスの EL 層 103 の積層構造を示す。但し、この場合、第 1 の電極 101 は陽極として、第 2 の電極 102 は陰極として機能するものとする。EL 層 103 は、第 1 の電極 101 上に、正孔(ホール)注入層 111、正孔(ホール)輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114、電子注入層 115

50

5が順次積層された構造を有する。なお、発光層113は、発光色の異なる発光層を複数積層した構成であっても良い。例えば、赤色を発光する発光物質を含む発光層と、緑色を発光する発光物質を含む発光層と、青色を発光する発光物質を含む発光層とが積層、またはキャリア輸送性材料を有する層を介して積層された構造であっても良い。または、黄色を発光する発光物質を含む発光層と、青色を発光する発光物質を含む発光層との組み合わせであっても良い。ただし、発光層113の積層構造は上記に限定されない。例えば、発光層113は、発光色の同じ発光層を複数積層した構成であっても良い。例えば、青色を発光する発光物質を含む第1の発光層と、青色を発光する発光物質を含む第2の発光層とが積層、またはキャリア輸送性材料を有する層を介して積層された構造であっても良い。発光色の同じ発光層を複数積層した構成の場合、単層の構成よりも信頼性を高めることができる場合がある。また、図1(B)に示すタンデム構造のように複数のEL層を有する場合であっても、各EL層が、陽極側から上記のように順次積層される構造とする。また、第1の電極101が陰極で、第2の電極102が陽極の場合は、EL層103の積層順は逆になる。具体的には、陰極である第1の電極101上の111が、電子注入層、112が電子輸送層、113が発光層、114が正孔(ホール)輸送層、115が正孔(ホール)注入層、という構成を有する。

10

【0064】

EL層(103、103a、103b)に含まれる発光層113は、それぞれ発光物質および複数の物質を適宜組み合わせて有しており、所望の発光色を呈する蛍光発光または燐光発光が得られる構成とすることができる。また、発光層113を発光色の異なる積層構造としてもよい。なお、この場合、積層された各発光層に用いる発光物質およびその他の物質は、それぞれ異なる材料を用いればよい。また、図1(B)に示す複数のEL層(103a、103b)から、それぞれ異なる発光色が得られる構成としても良い。この場合も各発光層に用いる発光物質およびその他の物質を異なる材料とすればよい。

20

【0065】

また、本発明の一態様である発光デバイスにおいて、例えば、図1(C)に示す第1の電極101を反射電極とし、第2の電極102を半透過・半反射電極とし、微小光共振器(マイクロキャビティ)構造とすることにより、EL層103に含まれる発光層113から得られる発光を両電極間で共振させ、第2の電極102から得られる発光を強めることができる。

30

【0066】

なお、発光デバイスの第1の電極101が、反射性を有する導電性材料と透光性を有する導電性材料(透明導電膜)との積層構造からなる反射電極である場合、透明導電膜の膜厚を制御することにより光学調整を行うことができる。具体的には、発光層113から得られる光の波長に対して、第1の電極101と、第2の電極102との電極間の光学距離(膜厚と屈折率の積)が $m/2$ (ただし、mは自然数)またはその近傍となるように調整するのが好ましい。

【0067】

また、発光層113から得られる所望の光(波長:)を增幅させるために、第1の電極101から発光層113の所望の光が得られる領域(発光領域)までの光学距離と、第2の電極102から発光層113の所望の光が得られる領域(発光領域)までの光学距離と、をそれぞれ($2m' + 1$) $/4$ (ただし、m'は自然数)またはその近傍となるように調節するのが好ましい。なお、ここでいう発光領域とは、発光層113における正孔(ホール)と電子との再結合領域を示す。

40

【0068】

このような光学調整を行うことにより、発光層113から得られる特定の単色光のスペクトルを狭線化させ、色純度の良い発光を得ることができる。

【0069】

但し、上記の場合、第1の電極101と第2の電極102との光学距離は、厳密には第1の電極101における反射領域から第2の電極102における反射領域までの総厚という

50

ことができる。しかし、第1の電極101および第2の電極102における反射領域を厳密に決定することは困難であるため、第1の電極101と第2の電極102の任意の位置を反射領域と仮定することで充分に上述の効果を得ることができるものとする。また、第1の電極101と、所望の光が得られる発光層との光学距離は、厳密には第1の電極101における反射領域と、所望の光が得られる発光層における発光領域との光学距離であるということができる。しかし、第1の電極101における反射領域および所望の光が得られる発光層における発光領域を厳密に決定することは困難であるため、第1の電極101の任意の位置を反射領域、所望の光が得られる発光層の任意の位置を発光領域と仮定することで充分に上述の効果を得ることができるものとする。

【0070】

10

図1(D)に示す発光デバイスは、タンデム構造を有する発光デバイスであり、マイクロキャビティ構造を有するため、各EL層(103a、103b)からの異なる波長の光(単色光)を取り出すことができる。従って、異なる発光色を得るために塗り分け(例えば、RGB)が不要となる。従って、高精細化を実現することが容易である。また、着色層(カラーフィルタ)との組み合わせも可能である。さらに、特定波長の正面方向の発光強度を強めることができるとなるため、低消費電力化を図ることができる。

【0071】

20

図1(E)に示す発光デバイスは、図1(B)に示したタンデム構造の発光デバイスの一例であり、図に示すように、3つのEL層(103a、103b、103c)が電荷発生層(106a、106b)を挟んで積層される構造を有する。なお、3つのEL層(103a、103b、103c)は、それぞれに発光層(113a、113b、113c)を有しており、各発光層の発光色は、自由に組み合わせができる。例えば、発光層113aを青色、発光層113bを赤色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを青色とすることができますが、発光層113aを赤色、発光層113bを青色、緑色、または黄色のいずれか、発光層113cを赤色とすることもできる。

【0072】

30

なお、上述した本発明の一態様である発光デバイスにおいて、第1の電極101と第2の電極102の少なくとも一方は、透光性を有する電極(透明電極、半透過・半反射電極など)とする。透光性を有する電極が透明電極の場合、透明電極の可視光の透過率は、40%以上とする。また、半透過・半反射電極の場合、半透過・半反射電極の可視光の反射率は、20%以上80%以下、好ましくは40%以上70%以下とする。また、これらの電極は、抵抗率が 1×10^{-2} cm以下とするのが好ましい。

【0073】

30

また、上述した本発明の一態様である発光デバイスにおいて、第1の電極101と第2の電極102の一方が、反射性を有する電極(反射電極)である場合、反射性を有する電極の可視光の反射率は、40%以上100%以下、好ましくは70%以上100%以下とする。また、この電極は、抵抗率が 1×10^{-2} cm以下とするのが好ましい。

【0074】

発光デバイスの具体的な構造

40

次に、本発明の一態様である発光デバイスの具体的な構造について説明する。また、ここでは、タンデム構造を有する図1(D)を用いて説明する。なお、図1(A)および図1(C)に示すシングル構造の発光デバイスについてもEL層の構成については同様とする。また、図1(D)に示す発光デバイスがマイクロキャビティ構造を有する場合は、第1の電極101を反射電極として形成し、第2の電極102を半透過・半反射電極として形成する。従って、所望の電極材料を単数または複数用い、単層または積層して形成することができる。なお、第2の電極102は、EL層103bを形成した後、上記と同様に材料を選択して形成する。

【0075】

<第1の電極および第2の電極>

第1の電極101および第2の電極102を形成する材料としては、上述した両電極の機

50

能が満たせるのであれば、以下に示す材料を適宜組み合わせて用いることができる。例えば、金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを適宜用いることができる。具体的には、In-Sn酸化物(ITOともいう)、In-Si-Sn酸化物(ITSOともいう)、In-Zn酸化物、In-W-Zn酸化物が挙げられる。その他、アルミニウム(Al)、チタン(Ti)、クロム(Cr)、マンガン(Mn)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、ニッケル(Ni)、銅(Cu)、ガリウム(Ga)、亜鉛(Zn)、インジウム(In)、スズ(Sn)、モリブデン(Mo)、タンタル(Ta)、タングステン(W)、パラジウム(Pd)、金(Au)、白金(Pt)、銀(Ag)、イットリウム(Y)、ネオジム(Nd)などの金属、およびこれらを適宜組み合わせて含む合金を用いることができる。その他、上記例示のない元素周期表の第1族または第2族に属する元素(例えば、リチウム(Li)、セシウム(Cs)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr))、ユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)などの希土類金属およびこれらを適宜組み合わせて含む合金、その他グラフェン等を用いることができる。

10

20

【0076】

図1(D)に示す発光デバイスにおいて、第1の電極101が陽極である場合、第1の電極101上にEL層103aの正孔注入層111aおよび正孔輸送層112aが真空蒸着法により順次積層形成される。EL層103aおよび電荷発生層106が形成された後、電荷発生層106上にEL層103bの正孔注入層111bおよび正孔輸送層112bが同様に順次積層形成される。

30

40

【0077】

<正孔注入層>

正孔注入層(111、111a、111b)は、陽極である第1の電極101および電荷発生層(106、106a、106b)からEL層(103、103a、103b)に正孔(ホール)を注入する層であり、有機アクセプタ材料または正孔注入性の高い材料を含む層である。

50

【0078】

有機アクセプター材料は、そのLUMO準位の値とHOMO準位の値が近い他の有機化合物との間で電荷分離させることにより、当該有機化合物に正孔(ホール)を発生させることができる材料である。従って、有機アクセプター材料としては、キノジメタン誘導体またはクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの電子吸引基(ハロゲン基またはシアノ基)を有する化合物を用いることができる。例えば、7,7,8,8-テトラシアノ-2,3,5,6-テトラフルオロキノジメタン(略称:F₄-TCNQ)、3,6-ジフルオロ-2,5,7,7,8,8-ヘキサシアノキノジメタン、クロラニル、2,3,6,7,10,11-ヘキサシアノ-1,4,5,8,9,12-ヘキサアザトリフェニレン(略称:HAT-CN)、1,3,4,5,7,8-ヘキサフルオロテトラシアノ-ナフトキノジメタン(略称:F₆-TCNNQ)、2-(7-ジシアノメチレン-1,3,4,5,6,8,9,10-オクタフルオロ-7H-ビレン-2-イリデン)マロノニトリル等を用いることができる。なお、有機アクセプター材料の中でも特にHAT-CNのように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物は、アクセプター性が高く、熱に対して膜質が安定であるため好適である。その他にも、電子吸引基(特にフルオロ基のようなハロゲン基またはシアノ基)を有する[3]ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には，'，'，'，'-1,2,3-シクロプロパントリイリデントリス[4-シアノ-2,3,5,6-テトラフルオロベンゼンアセトニトリル]、'，'，'，'-1,2,3-シクロプロパントリイリデントリス[2,6-ジクロロ-3,5-ジフルオロ-4-(トリフルオロメチル)ベンゼンアセトニトリル]、'，'，'，'-1,2,3-シクロプロパントリイリデントリス[2,3,4,5,6-ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル]などを用いることができる。

50

【0079】

また、正孔注入性の高い材料としては、元素周期表における第4族乃至第8族に属する金

50

属の酸化物（モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等の遷移金属酸化物等）を用いることができる。具体的には、酸化モリブデン、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムが挙げられる。上記の中でも、酸化モリブデンは大気中で安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。この他、フタロシアニン（略称：H₂Pc）または銅フタロシアニン（略称：CuPc）等のフタロシアニン系の化合物、等を用いることができる。

【0080】

また、上記材料に加えて低分子化合物である、4,4',4''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：T D A T A）、4,4',4''-トリス[N - (3-メチルフェニル)-N - フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：M T D A T A）、4,4'-ビス[N - (4-ジフェニルアミノフェニル)-N - フェニルアミノ]ビフェニル（略称：D P A B）、N,N'-ビス{ 4 - [ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル} - N,N'-ジフェニル-(1,1'-ビフェニル)-4,4'-ジアミン（略称：D N T P D）、1,3,5-トリス[N - (4-ジフェニルアミノフェニル)-N - フェニルアミノ]ベンゼン（略称：D P A 3 B）、3-[N - (9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N - フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：P C z P C A 1）、3,6-ビス[N - (9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N - フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：P C z P C A 2）、3-[N - (1-ナフチル)-N - (9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：P C z P C N 1）等の芳香族アミン化合物、等を用いることができる。
20

【0081】

また、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）である、ポリ(N - ビニルカルバゾール)（略称：P V K）、ポリ(4 - ビニルトリフェニルアミン)（略称：P V T P A）、ポリ[N - (4 - { N' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル - N' - フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド]（略称：P T P D M A）、ポリ[N , N' - ビス(4 - ブチルフェニル) - N , N' - ビス(フェニル)ベンジジン]（略称：P o l y - T P D）等を用いることができる。または、ポリ(3 , 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリ(スチレンスルホン酸)（略称：P E D O T / P S S）、ポリアニリン / ポリ(スチレンスルホン酸)（略称：P A n i / P S S）等の酸を添加した高分子系化合物、等を用いることもできる。
30

【0082】

また、正孔注入性の高い材料としては、正孔輸送性材料と、上述した有機アクセプター材料（電子受容性材料）を含む混合材料を用いることもできる。この場合、有機アクセプター材料により正孔輸送性材料から電子が引き抜かれて正孔注入層111で正孔が発生し、正孔輸送層112を介して発光層113に正孔が注入される。なお、正孔注入層111は、正孔輸送性材料と有機アクセプター材料（電子受容性材料）を含む混合材料からなる単層で形成しても良いが、正孔輸送性材料と有機アクセプター材料（電子受容性材料）とをそれぞれ別の層で積層して形成しても良い。
40

【0083】

なお、正孔輸送性材料としては、電界強度[V / cm]の平方根が600における正孔移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{V s}$ 以上の正孔移動度を有する物質が好ましい。なお、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いることができる。

【0084】

正孔輸送性材料としては、電子過剰型複素芳香環を有する化合物（例えばカルバゾール誘導体、フラン誘導体、またはチオフェン誘導体）または芳香族アミン（芳香族アミン骨格を有する有機化合物）等の正孔輸送性の高い材料が好ましい。

【0085】

なお、上記カルバゾール誘導体（カルバゾール骨格を有する有機化合物）としては、ビカルバゾール誘導体（例えば、3,3'-ビカルバゾール誘導体）、カルバゾリル基を有す
50

る芳香族アミン等が挙げられる。

【0086】

また、上記ピカルバゾール誘導体（例えば、3, 3' - ピカルバゾール誘導体）としては、具体的には、3, 3' - ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)（略称：P CCP）、9, 9' - ビス(ビフェニル-4-イル)-3, 3' - ビ-9H-カルバゾール（略称：BisBPCz）、9, 9' - ビス(1, 1' - ビフェニル-3-イル)-3, 3' - ビ-9H-カルバゾール（略称：BismBPCz）、9-(1, 1' - ビフェニル-3-イル)-9'-(1, 1' - ビフェニル-4-イル)-9H, 9'H-3, 3' - ピカルバゾール（略称：mBPCCBP）、9-(2-ナフチル)-9' - フェニル-9H, 9'H-3, 3' - ピカルバゾール（略称：NCCP）などが挙げられる。 10

【0087】

また、上記カルバゾリル基を有する芳香族アミンとしては、具体的には、4-フェニル-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBA1BP）、N-(4-ビフェニル)-N-(9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：PCBiF）、N-(1, 1' - ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9, 9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン（略称：PCBBiF）、4, 4' - ジフェニル-4' - (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBBi1BP）、4-(1-ナフチル)-4' - (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBANB）、4, 4' - ジ(1-ナフチル)-4' - (9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン（略称：PCBNBB）、4-フェニルジフェニル-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)アミン（略称：PCA1BP）、N, N' - ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N, N' - ジフェニルベンゼン-1, 3-ジアミン（略称：PCA2B）、N, N', N' - トリフェニル-N, N', N' - トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)ベンゼン-1, 3, 5-トリアミン（略称：PCA3B）、9, 9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン（略称：PCBAF）、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]スピロ-9, 9' - ビフルオレン-2-アミン（略称：PCBASF）、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3, 6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）、3-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzDPA1）、3, 6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzDPA2）、3, 6-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-(1-ナフチル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzTPN2）、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9, 9' - ビフルオレン（略称：PCASF）、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-(4-フェニル)フェニルアニリン（略称：YGA1BP）、N, N' - ビス[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]-N, N' - ジフェニル-9, 9-ジメチルフルオレン-2, 7-ジアミン（略称：YGA2F）、4, 4', 4'' - トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン（略称：CTA）などが挙げられる。 30 40

【0088】

なお、カルバゾール誘導体としては、上記に加えて、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPPn）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、 50

1 , 3 - ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称 : m C P) 、 4 , 4 ' - ジ (N - カルバゾリル) ピフェニル (略称 : C B P) 、 3 , 6 - ビス (3 , 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール (略称 : C z T P) 、 1 , 3 , 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称 : T C P B) 、 9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントラセニル) フェニル] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A) 等が挙げられる。

【 0 0 8 9 】

また、上記フラン誘導体 (フラン骨格を有する有機化合物) としては、具体的には、 4 , 4 ' , 4 '' - (ベンゼン - 1 , 3 , 5 - トリイル) トリ (ジベンゾフラン) (略称 : D B F 3 P - I I) 、 4 - { 3 - [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] フェニル } ジベンゾフラン (略称 : m m D B F F L B i - I I) 等が挙げられる。 10

【 0 0 9 0 】

また、上記チオフェン誘導体 (チオフェン骨格を有する有機化合物) としては、具体的には、 4 , 4 ' , 4 '' - (ベンゼン - 1 , 3 , 5 - トリイル) トリ (ジベンゾチオフェン) (略称 : D B T 3 P - I I) 、 2 , 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I I I) 、 4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン (略称 : D B T F L P - I V) などが挙げられる。

【 0 0 9 1 】

また、上記芳香族アミンとしては、具体的には、 4 , 4 ' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ピフェニル (略称 : N P B または - N P D) 、 N , N ' - ビス (3 - メチルフェニル) - N , N ' - ジフェニル - [1 , 1 ' - ピフェニル] - 4 , 4 ' - ディアミン (略称 : T P D) 、 4 , 4 ' - ビス [N - (スピロ - 9 , 9 ' - ピフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ピフェニル (略称 : B S P B) 、 4 - フェニル - 4 ' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称 : B P A F L P) 、 4 - フェニル - 3 ' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称 : m B P A F L P) 、 N - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - N - { 9 , 9 - ジメチル - 2 - [N ' - フェニル - N ' - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) アミノ] - 9 H - フルオレン - 7 - イル } フェニルアミン (略称 : D F L A D F L) 、 N - (9 , 9 - ジメチル - 2 - ジフェニルアミノ - 9 H - フルオレン - 7 - イル) ジフェニルアミン (略称 : D P N F) 、 2 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] スピロ - 9 , 9 ' - ピフルオレン (略称 : D P A S F) 、 2 , 7 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] スピロ - 9 , 9 ' - ピフルオレン (略称 : D P A 2 S F) 、 4 , 4 ' , 4 '' - トリス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : 1 ' - T N A T A) 、 4 , 4 ' , 4 '' - トリス (N , N - ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称 : T D A T A) 、 4 , 4 ' , 4 '' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : m - M T D A T A) 、 N , N ' - ジ (p - トリル) - N , N ' - ジフェニル - p - フェニレンジアミン (略称 : D T D P P A) 、 4 , 4 ' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ピフェニル (略称 : D P A B) 、 D N T P D 、 1 , 3 , 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン (略称 : D P A 3 B) 、 N - (4 - ピフェニル) - 6 , N - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン (略称 : B n f A B P) 、 N , N - ピス (4 - ピフェニル) - 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン (略称 : B B A B n f) 、 4 , 4 ' - ビス (6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - イル) - 4 ' , 4 '' - フェニルトリフェニルアミン (略称 : B n f B B 1 B P) 、 N , N - ピス (4 - ピフェニル) ベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 6 - アミン (略称 : B B A B n f (6)) 、 N , N - ピス (4 - ピフェニル) ベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン - 8 - アミン (略称 : B B A B n f (8)) 、 N , N - ピス (4 - ピフェニル) ベンゾ [b] ナフト [2 , 3 - d] フラン - 4 - アミン (略称 : B B A B n f (I I) (4)) 、 N , N - ピス [4 - (ジベンゾフラン - 4 - イル) フェニル 40

] - 4 - アミノ - p - テルフェニル(略称: DBfBB1TP)、N-[4-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-N-フェニル-4-ビフェニルアミン(略称: ThBA1BP)、4-(2-ナフチル)-4',4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称: BBA NB)、4-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4',4''-ジフェニルトリフェニルアミン(略称: BBA NBi)、4,4'-ジフェニル-4''-(6;1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA N NB)、4,4'-ジフェニル-4''-(7;1'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA N NB-03)、4,4'-ジフェニル-4''-(7-フェニル)ナフチル-2-イルトリフェニルアミン(略称: BBAP NB-03)、4,4'-ジフェニル-4''-(6;2'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA (N2)B 10)、4,4'-ジフェニル-4''-(7;2'-ビナフチル-2-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA (N2)B-03)、4,4'-ジフェニル-4''-(4;2'-ビナフチル-1-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA N NB)、4,4'-ジフェニル-4''-(5;2'-ビナフチル-1-イル)トリフェニルアミン(略称: BBA N NB-02)、4-(4-ビフェニリル)-4''-(2-ナフチル)-4'''-フェニルトリフェニルアミン(略称: TPBiA NB)、4-(3-ビフェニリル)-4''-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4'''-フェニルトリフェニルアミン(略称: mTPBiA NBi)、4-(4-ビフェニリル)-4''-[4-(2-ナフチル)フェニル]-4'''-フェニルトリフェニルアミン(略称: TPBiA NBi)、4-フェニル-4''-(1-ナフチル)トリフェニルアミン(略称: NBA1BP)、4,4'-ビス(2-ナフチル)トリフェニルアミン(略称: NBB1BP)、4,4'-ジフェニル-4''-[4'--(カルバゾール-9-イル)ビフェニル-4-イル]トリフェニルアミン(略称: YGTBi1BP)、4''-[4-(3-フェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]トリス(1,1'-ビフェニル-4-イル)アミン(略称: YGTBi1BP-02)、4-[4'--(カルバゾール-9-イル)ビフェニル-4-イル]-4''-(2-ナフチル)-4'''-フェニルトリフェニルアミン(略称: YGTBi NB)、N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-N-[4-(1-ナフチル)フェニル]-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン(略称: PCBNBSF)、N,N-ビス([1,1'-ビフェニル]-4-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-2-アミン(略称: BBASF)、N,N-ビス([1,1'-ビフェニル]-4-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-アミン(略称: BBASF(4))、N-(1,1'-ビフェニル-2-イル)-N-(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ[9H-フルオレン]-4-アミン(略称: oFBiSF)、N-(4-ビフェニル)-N-(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)ジベンゾフラン-4-アミン(略称: FrBiF)、N-[4-(1-ナフチル)フェニル]-N-[3-(6-フェニルジベンゾフラン-4-イル)フェニル]-1-ナフチルアミン(略称: mPDBfBNBN)、4-フェニル-4''-[4-(9-フェニルフルオレン-9-イル)フェニル]トリフェニルアミン(略称: BPAFLBi)、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-3-アミン、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-2-アミン、N,N-ビス(9,9'-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9,9'-スピロビ-9H-フルオレン-1-アミン、等が挙げられる。

【0092】

その他にも、正孔輸送性材料として、高分子化合物(オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等)である、ポリ(N-ビニルカルバゾール)(略称: PVK)、ポリ(4-ビニルトリフェニルアミン)(略称: PVTPA)、ポリ[N-(4-{N'-(4-(4-ジフェニルアミノ)フェニル}-N'-フェニルアミノ)フェニル]メタクリルアミ

ド] (略称: P T P D M A)、ポリ[N, N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N, N'-ビス(フェニル)ベンジジン] (略称: P o l y - T P D) 等を用いることができる。または、ポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸) (略称: P E D O T / P S S)、ポリアニリン/ポリ(スチレンスルホン酸) (略称: P A n i / P S S) 等の酸を添加した高分子系化合物、等を用いることもできる。

【0093】

但し、正孔輸送性材料は、上記に限られることなく公知の様々な材料を1種または複数種組み合わせて正孔輸送性材料として用いてもよい。

【0094】

なお、正孔注入層(111、111a、111b)は、公知の様々な成膜方法を用いて形成することができるが、例えば、真空蒸着法を用いて形成することができる。 10

【0095】

<正孔輸送層>

正孔輸送層(112、112a、112b)は、正孔注入層(111、111a、111b)によって、第1の電極101から注入された正孔を発光層(113、113a、113b)に輸送する層である。なお、正孔輸送層(112、112a、112b)は、正孔輸送性材料を含む層である。従って、正孔輸送層(112、112a、112b)には、正孔注入層(111、111a、111b)に用いることができる正孔輸送性材料を用いることができる。

【0096】

なお、本発明の一態様である発光デバイスにおいて、正孔輸送層(112、112a、112b)と同じ有機化合物を発光層(113、113a、113b)に用いることができる。正孔輸送層(112、112a、112b)と発光層(113、113a、113b)に同じ有機化合物を用いると、正孔輸送層(112、112a、112b)から発光層(113、113a、113b)へのホールの輸送が効率よく行えるため、より好ましい。 20

【0097】

<発光層>

発光層(113、113a、113b)は、発光物質を含む層である。なお、発光層(113、113a、113b)に用いることができる発光物質としては、青色、紫色、青紫色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、赤色などの発光色を呈する物質を適宜用いることができる。また、発光層を複数有する場合には、各発光層に異なる発光物質を用いることにより異なる発光色を呈する構成(例えば、補色の関係にある発光色を組み合わせて得られる白色発光)とすることができる。さらに、一つの発光層が異なる発光物質を有する積層構造としてもよい。 30

【0098】

また、発光層(113、113a、113b)は、発光物質(ゲスト材料)に加えて、1種または複数種の有機化合物(ホスト材料等)を有していても良い。

【0099】

なお、発光層(113、113a、113b)にホスト材料を複数用いる場合、新たに加える第2のホスト材料として、既存のゲスト材料および第1のホスト材料のエネルギー・ギャップよりも大きなエネルギー・ギャップを有する物質を用いるのが好ましい。また、第2のホスト材料の最低一重項励起エネルギー準位(S1準位)は、第1のホスト材料のS1準位よりも高く、第2のホスト材料の最低三重項励起エネルギー準位(T1準位)は、ゲスト材料のT1準位よりも高いことが好ましい。また、第2のホスト材料の最低三重項励起エネルギー準位(T1準位)は、第1のホスト材料のT1準位よりも高いことが好ましい。このような構成とすることにより、2種類のホスト材料による励起錯体を形成することができる。なお、効率よく励起錯体を形成するためには、正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性材料)と、電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性材料)とを組み合わせることが特に好ましい。また、この構成により、高効率、低電圧、長寿命を同時に実現す 40

ることができる。

【0100】

なお、上記のホスト材料（第1のホスト材料および第2のホスト材料を含む）として用いる有機化合物としては、発光層に用いるホスト材料としての条件を満たせば、前述の正孔輸送層（112、112a、112b）に用いることができる正孔輸送性材料、または後述の電子輸送層（114、114a、114b）に用いることができる電子輸送性材料、等の有機化合物が挙げられ、複数種の有機化合物（上記、第1のホスト材料および第2のホスト材料）からなる励起錯体であっても良い。なお、複数種の有機化合物で励起状態を形成する励起錯体（エキサイプレックス、エキシプレックスまたはE_xc_ip₁e_xともいう）は、S₁準位とT₁準位との差が極めて小さく、三重項励起エネルギーを一重項励起エネルギーに変換することが可能なTADF材料としての機能を有する。また、励起錯体を形成する複数種の有機化合物の組み合わせとしては、例えば一方が電子不足型複素芳香環を有する化合物を有し、他方が電子過剰型複素芳香環を有する化合物を有すると好ましい。なお、励起錯体を形成する組み合わせとして、一方にイリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体等の燐光発光物質を用いても良い。

10

【0101】

発光層（113、113a、113b）に用いることができる発光物質として、特に限定は無く、一重項励起エネルギーを可視光領域の発光に変える発光物質、または三重項励起エネルギーを可視光領域の発光に変える発光物質を用いることができる。

20

【0102】

一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質

発光層（113、113a、113b）に用いることのできる、一重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、以下に示す蛍光を発する物質（蛍光発光物質）が挙げられる。例えば、ピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。ピレン誘導体の具体例としては、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6mMemFLPAPrn）、N,N'-ジフェニル-N,N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6FLPAPrn）、N,N'-ビス(ジベンゾフラン-2-イル)-N,N'-ジフェニルピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6FrAPrn）、N,N'-ビス(ジベンゾチオフェン-2-イル)-N,N'-ジフェニルピレン-1,6-ジアミン（略称：1,6ThAPrn）、N,N'-(ピレン-1,6-ジイル)ビス[(N-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-6-アミン]（略称：1,6BnfAPrn）、N,N'-(ピレン-1,6-ジイル)ビス[(N-フェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-8-アミン]（略称：1,6BnfAPrn-02）、N,N'-(ピレン-1,6-ジイル)ビス[(6,N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-8-アミン]（略称：1,6BnfAPrn-03）などが挙げられる。

30

【0103】

また、5,6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2,2'-ビピリジン（略称：PAP2BPy）、5,6-ビス[4'-(10-フェニル-9-アントリル)ビフェニル-4-イル]-2,2'-ビピリジン（略称：PAPP2BPy）、N,N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン（略称：YGA2S）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：YGAPA）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン（略称：2YGAPP）、N,9-ジフェニル

40

50

- N - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : P C A P A) 、 4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) - 4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A) 、 4 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P B A) 、 ペリレン、 2 , 5 , 8 , 1 1 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン (略称 : T B P) 、 N , N ' , - (2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9 , 1 0 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン) ビス [N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン] (略称 : D P A B P A) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P P A) 、 N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P P A) 等を用いることができる。

【 0 1 0 4 】

また、 N - [9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A B P h A) 、 N - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P A) 、 N - [9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A B P h A) 、 9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A) 、 クマリン 5 4 5 T 、 N , N ' - ジフェニルキナクリドン (略称 : D P Q d) 、 ルブレン、 5 , 1 2 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 , 1 1 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T) 、 2 - { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M 1) 、 2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C M 2) 、 N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン (略称 : p - m P h T D) 、 7 , 1 4 - ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス (4 - メチルフェニル) アセナフト [1 , 2 - a] フルオランテン - 3 , 1 0 - ジアミン (略称 : p - m P h A F D) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T I) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T B) 、 2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : B i s D C M) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : B i s D C J T M) 、 1 , 6 B n f A P r n - 0 3 、 3 , 1 0 - ビス [N - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ナフト [2 , 3 - b ; 6 , 7 - b '] ビスベンゾフラン (略称 : 3 , 1 0 P C A 2 N b f (I V) - 0 2) 、 3 , 1 0 - ビス [N - (ジベンゾフラン - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] ナフト [2 , 3 - b ; 6 , 7 - b '] ビスベンゾフラン (略称 : 3 , 1 0 F r A 2 N b f (I V) - 0 2) などが挙げられる。特に、 1 , 6 F L P A P r n 、 1 , 6 m M e m F L P A P r n 、 1 , 6 B n f A P r n - 0 3 のようなピレンジアミン化合物、等を用いることができる。

【 0 1 0 5 】

三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質

次に、発光層 113 に用いることのできる、三重項励起エネルギーを発光に変える発光物質としては、例えば、燐光を発する物質（燐光発光物質）または熱活性化遅延蛍光を示す熱活性化遅延蛍光（Thermal l y a c t i v a t e d d e l a y e d f l u o r e s c e n c e : T A D F）材料が挙げられる。

【0106】

燐光発光物質とは、低温（例えば 77 K）以上室温以下の温度範囲（すなわち、77 K 以上 313 K 以下）のいずれかにおいて、燐光を呈し、且つ蛍光を呈さない化合物のことを行う。該燐光発光物質としては、スピン軌道相互作用の大きい金属元素を有すると好ましく、有機金属錯体、金属錯体（白金錯体）、希土類金属錯体等が挙げられる。具体的には遷移金属元素が好ましく、特に白金族元素（ルテニウム（Ru）、ロジウム（Rh）、パラジウム（Pd）、オスミウム（Os）、イリジウム（Ir）、または白金（Pt））を有することが好ましく、中でもイリジウムを有することで、一重項基底状態と三重項励起状態との間の直接遷移に係わる遷移確率を高めることができ好ましい。

10

【0107】

燐光発光物質（450 nm 以上 570 nm 以下：青色または緑色）
青色または緑色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が 450 nm 以上 570 nm 以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

【0108】

例えば、トリス{2-[5-(2-メチルフェニル)-4-(2,6-ジメチルフェニル)-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル-N2]フェニル-C}イリジウム（III）（略称：[Ir(mpptz-dmp)3]）、トリス(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム（III）（略称：[Ir(Mptz)3]）、トリス[4-(3-ビフェニル)-5-イソプロピル-3-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム（III）（略称：[Ir(iprptz-3b)3]）、トリス[3-(5-ビフェニル)-5-イソプロピル-4-フェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム（III）（略称：[Ir(ipr5btz)3]）、のような 4H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム（III）（略称：[Ir(Mptz1-mp)3]）、トリス(1-メチル-5-フェニル-3-プロピル-1H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム（III）（略称：[Ir(P rptz1-Me)3]）のような 1H-トリアゾール骨格を有する有機金属錯体、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム（III）（略称：[Ir(iprpmi)3]）、トリス[3-(2,6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ[1,2-f]フェナントリジナト]イリジウム（III）（略称：[Ir(dmpimp-Me)3]）のようなイミダゾール骨格を有する有機金属錯体、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム（III）テトラキス(1-ピラゾリル)ボラート（略称：FIr6）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム（III）ピコリナート（略称：FIrpic）、ビス{2-[3',5'-ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト-N,C^{2'}}イリジウム（III）ピコリナート（略称：[Ir(CF₃ppy)₂(pic)]）、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム（III）アセチルアセトナート（略称：FIr(acac)）のように電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属錯体等が挙げられる。

20

30

40

【0109】

燐光発光物質（495 nm 以上 590 nm 以下：緑色または黄色）
緑色または黄色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が 495 nm 以上 590 nm 以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

【0110】

50

例えば、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(mppm)₃]）、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(tBu₃ppm)₃]）、(アセチルアセトナト)ビス(6-メチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(mppm)₂(acac)]）、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(tBu₂ppm)₂(acac)]）、(アセチルアセトナト)ビス[6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(II)（略称：[Ir(nbppm)₂(acac)]）¹⁰、(アセチルアセトナト)ビス[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(II)（略称：[Ir(mppppm)₂(acac)]）、(アセチルアセトナト)ビス{4,6-ジメチル-2-[6-(2,6-ジメチルフェニル)-4-ピリミジニル-N₃]フェニル-C}イリジウム(II)（略称：[Ir(dmppm-dmp)₂(acac)]）、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(dppm)₂(acac)]）のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、(アセチルアセトナト)ビス(3,5-ジメチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(mppr-Me)₂(acac)]）、(アセチルアセトナト)ビス(5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(mppr-iPr)₂(acac)]）²⁰のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、トリス(2-フェニルピリジナト-N,C²)イリジウム(II)（略称：[Ir(ppy)₃]）、ビス(2-フェニルピリジナト-N,C²)イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(ppy)₂(acac)]）、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(bzq)₂(acac)]）、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(II)（略称：[Ir(bzq)₃]）、トリス(2-フェニルキノリナト-N,C²)イリジウム(II)（略称：[Ir(pq)₃]）、ビス(2-フェニルキノリナト-N,C²)イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(pq)₂(acac)]）、ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C][2-(4-フェニル-2-ピリジニル-N)フェニル-C]イリジウム(II)（略称：[Ir(ppy)₂(4dppy)]）、ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C]³⁰ [2-(4-メチル-5-フェニル-2-ピリジニル-N)フェニル-C]、[2-d3-メチル-8-(2-ピリジニル-N)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-C]ビス[2-(5-d3-メチル-2-ピリジニル-N₂)フェニル-C]イリジウム(II)（略称：Ir(5mppy-d3)₂(mbfpypy-d3)）、[2-(メチル-d3)-8-[4-(1-メチルエチル-1-d)-2-ピリジニル-N]ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-C]ビス[5-(メチル-d3)-2-[5-(メチル-d3)-2-ピリジニル-N]フェニル-C]イリジウム(II)（略称：Ir(5mtpy-d6)₂(mbfpypy-iPr-d4)）、[2-d3-メチル-(2-ピリジニル-N)ベンゾフロ[2,3-b]ピリジン-C]ビス[2-(2-ピリジニル-N)フェニル-C]⁴⁰イリジウム(II)（略称：Ir(ppy)₂(mdppy)）のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、ビス(2,4-ジフェニル-1,3-オキサゾラト-N,C²)イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(dpo)₂(acac)]）、ビス{2-[4'-(パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト-N,C²}イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(p-PF-ph)₂(acac)]）、ビス(2-フェニルベンゾチアゾラト-N,C²)イリジウム(II)アセチルアセトナート（略称：[Ir(bt)₂(acac)]）などの有機金属錯体の他、トリス(アセチルアセトナト)（モノフェナントロリン）テルビウム⁵⁰

(I I I) (略称：[Tb(acac)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。

【0111】

燐光発光物質(570 nm以上750 nm以下：黄色または赤色)

黄色または赤色を呈し、発光スペクトルのピーク波長が570 nm以上750 nm以下である燐光発光物質としては、以下のような物質が挙げられる。

【0112】

例えば、(ジイソブチリルメタナト)ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム(I I I) (略称：[Ir(5mdppm)₂(dibm)])、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト] (ジピバロイルメタナト)イリジウム(I I I) (略称：[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、(ジピバロイルメタナト)ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト]イリジウム(I I I) (略称：[Ir(d1npm)₂(dpm)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属錯体、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(I I I) (略称：[Ir(tpopr)₂(acac)])、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト) (ジピバロイルメタナト)イリジウム(I I I) (略称：[Ir(tpopr)₂(dpm)])、ビス{4,6-ジメチル-2-[3-(3,5-ジメチルフェニル)-5-フェニル-2-ピラジニル-N]フェニル-C}(2,6-ジメチル-3,5-ヘプタンジオナト-²O,O')イリジウム(I I I) (略称：[Ir(dmdppr-P)₂(dibm)])、ビス{4,6-ジメチル-2-[5-(4-シアノ-2,6-ジメチルフェニル)-3-(3,5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル-N]フェニル-C}(2,2,6,6-テトラメチル-3,5-ヘプタンジオナト-²O,O')イリジウム(I I I) (略称：[Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)])、ビス[2-(5-(2,6-ジメチルフェニル)-3-(3,5-ジメチルフェニル)-2-ピラジニル-N)-4,6-ジメチルフェニル-C](2,2',6,6'-テトラメチル-3,5-ヘプタンジオナト-²O,O')イリジウム(I I I) (略称：[Ir(dmdppr-dmp)₂(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス[2-メチル-3-フェニルキノキサリナト-N,C²]イリジウム(I I I) (略称：[Ir(mpq)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(2,3-ジフェニルキノキサリナト-N,C²)イリジウム(I I I) (略称：[Ir(dpq)₂(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(I I I) (略称：[Ir(Fdpq)₂(acac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属錯体、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N,C²)イリジウム(I I I) (略称：[Ir(piq)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N,C²)イリジウム(I I I)アセチルアセトナート(略称：[Ir(piq)₂(acac)])、ビス[4,6-ジメチル-2-(2-キノリニル-N)フェニル-C](2,4-ペンタンジオナト-²O,O')イリジウム(I I I) (略称：[Ir(dmpqn)₂(acac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属錯体、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(I I) (略称：[PtOEP])のような白金錯体、またはトリス(1,3-ジフェニル-1,3-プロパンジオナト)(モノフェナントロリン)ユーロピウム(I I I) (略称：[Eu(DBM)₃(Phen)])、トリス[1-(2-テノイル)-3,3,3-トリフルオロアセトナト](モノフェナントロリン)ユーロピウム(I I I) (略称：[Eu(TTA)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。

【0113】

TADF材料

また、TADF材料としては、以下に示す材料を用いることができる。TADF材料とは、S1準位とT1準位との差が小さく(好ましくは、0.2 eV以下)、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態にアップコンバート(逆項間交差)が可

10

20

30

40

50

能で、一重項励起状態からの発光（蛍光）を効率よく呈する材料のことである。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位のエネルギー差が 0 eV 以上 0 . 2 eV 以下、好ましくは 0 eV 以上 0 . 1 eV 以下であることが挙げられる。また、TADF 材料における遅延蛍光とは、通常の蛍光と同様のスペクトルを持ちながら、寿命が著しく長い発光をいう。その寿命は、 1×10^{-6} 秒以上、好ましくは 1×10^{-3} 秒以上である。

【 0 1 1 4 】

TADF 材料としては、例えば、フラー・レンまたはその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、白金 (Pt)、インジウム (In)、もしくはパラジウム (Pd) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。¹⁰ 金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (Proto IX)）、メソポルフィリン - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (Mesoph IX)）、ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (Hemato IX)）、コプロポルフィリンテトラメチルエステル - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (Copro II I - 4 Me)）、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (OEP)）、エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体（略称：SnF₂ (Ethio I)）、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体（略称：PtCl₂OEP）等が挙げられる。

【 0 1 1 5 】

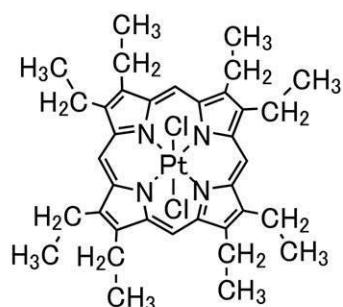
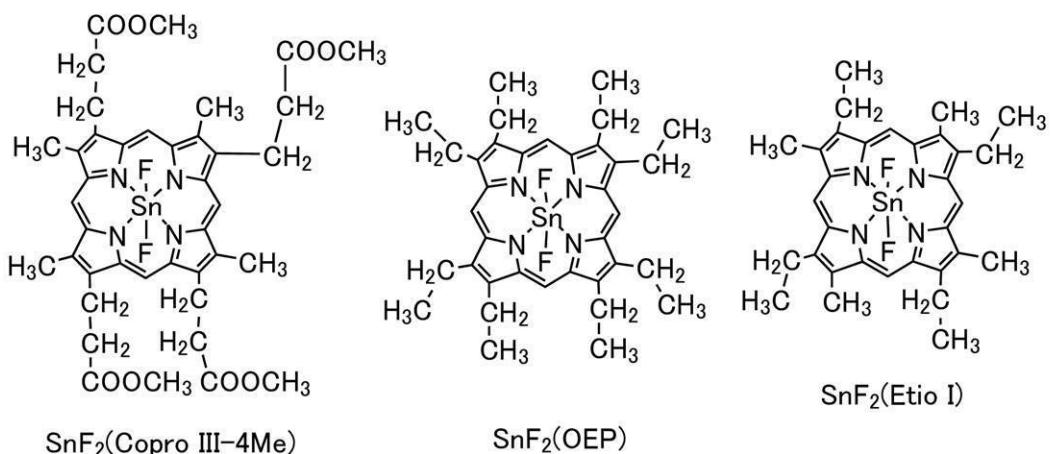
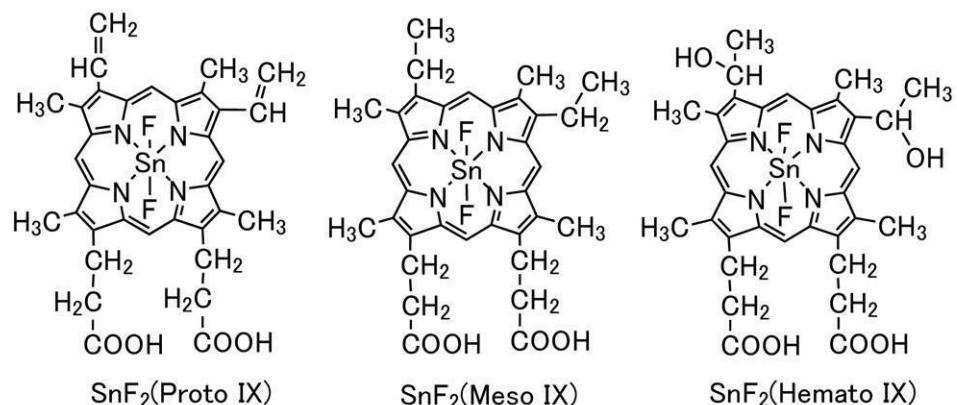
20

30

40

50

【化10】



【0116】

その他にも、2-(ビフェニル-4-イル)-4,6-ビス(12-フェニルインドロ[2,3-a]カルバゾール-11-イル)-1,3,5-トリアジン(略称:PIC-T
RZ)、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:
PCCzPTzn)、2-[4-(10H-フェノキサジン-10-イル)フェニル]-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:Pxz-TRZ)、3-[4-
(5-フェニル-5,10-ジヒドロフェナジン-10-イル)フェニル]-4,5-ジフェニル-1,2,4-トリアゾール(略称:PPz-3TPT)、3-(9,9-ジ
メチル-9H-アクリジン-10-イル)-9H-キサンテン-9-オン(略称:ACR
XTN)、ビス[4-(9,9-ジメチル-9,10-ジヒドロアクリジン)フェニル]

スルホン（略称：D M A C - D P S）、10 - フェニル - 10 H , 10 ' H - スピロ [アクリジン - 9 , 9 ' - アントラセン] - 10 ' - オン（略称：A C R S A）、4 - (9 ' - フェニル - 3 , 3 ' - ビ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン（略称：4 P C C z B f p m）、4 - [4 - (9 ' - フェニル - 3 , 3 ' - ビ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン（略称：4 P C C z P B f p m）、9 - [3 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) フェニル] - 9 ' - フェニル - 2 , 3 ' - ビ - 9 H - カルバゾール（略称：m P C C z P T z n - 0 2）等の 電子過剰型複素芳香族化合物及び 電子不足型複素芳香族化合物を有する複素芳香族化合物を用いてもよい。

【 0 1 1 7 】

10

なお、電子過剰型複素芳香族化合物と 電子不足型複素芳香族化合物とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香族化合物のドナー性と 電子不足型複素芳香族化合物のアクセプター性が共に強くなり、一重項励起状態と三重項励起状態のエネルギー差が小さくなるため、特に好ましい。また、T A D F 材料として、一重項励起状態と三重項励起状態間が熱平衡状態にあるT A D F 材料（T A D F 1 0 0）を用いてもよい。このようなT A D F 材料は発光寿命（励起寿命）が短くなるため、発光素子における高輝度領域での効率低下を抑制することができる。

【 0 1 1 8 】

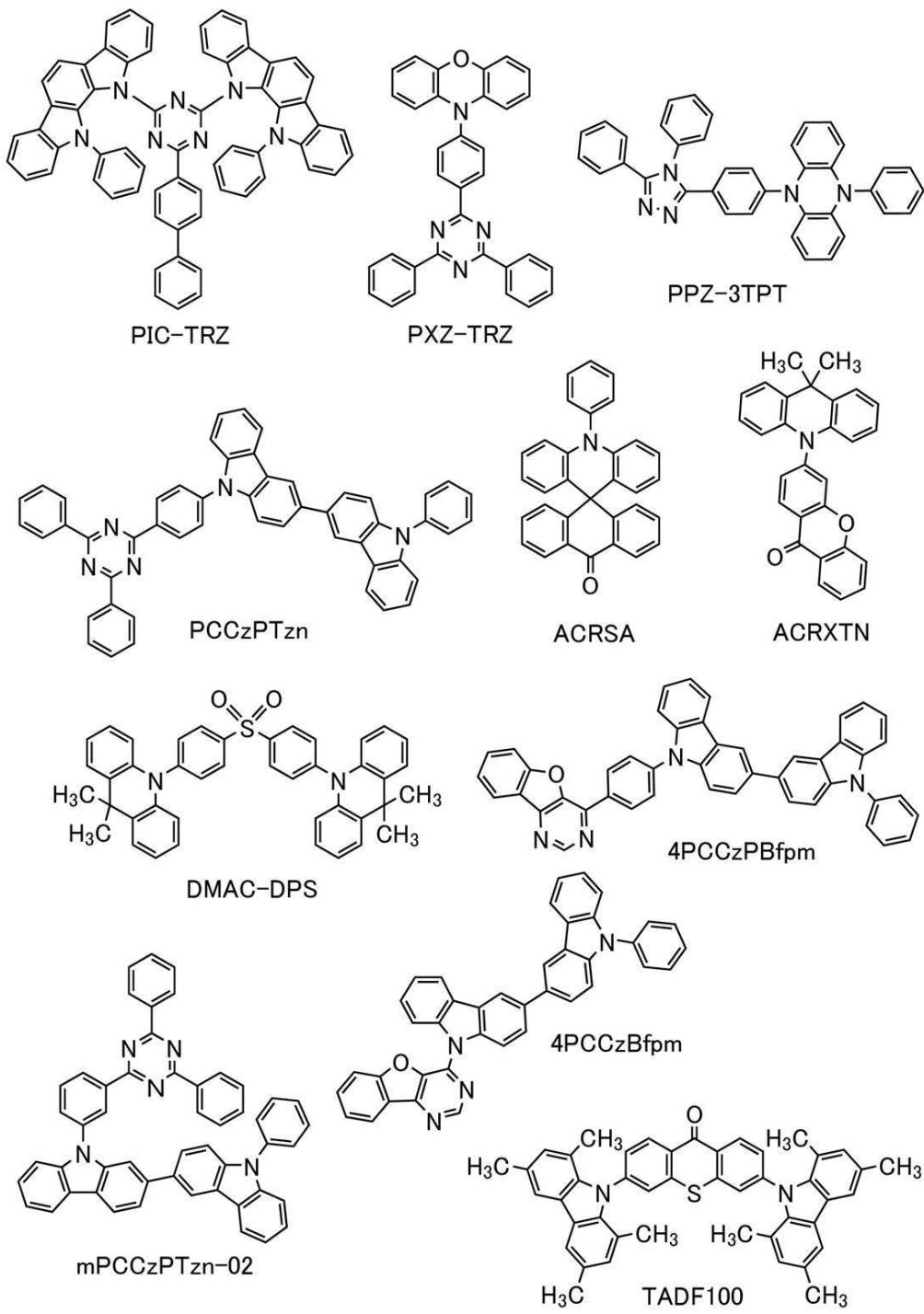
20

30

40

50

【化11】



10

20

30

40

【0119】

また、上記の他に、三重項励起エネルギーを発光に変換する機能を有する材料としては、ペロブスカイト構造を有する遷移金属化合物のナノ構造体が挙げられる。特に金属ハロゲンペロブスカイト類のナノ構造体が好ましい。該ナノ構造体としては、ナノ粒子、ナノロッドが好ましい。

【0120】

発光層(113、113a、113b)において、上述した発光物質(ゲスト材料)と組み合わせて用いる有機化合物(ホスト材料等)としては、発光物質(ゲスト材料)のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択

50

して用いればよい。

【0121】

蛍光発光用ホスト材料

発光層（113、113a、113b）に用いる発光物質が蛍光発光物質である場合、組み合わせる有機化合物（ホスト材料）として、一重項励起状態のエネルギー準位が大きく、三重項励起状態のエネルギー準位が小さい有機化合物、または蛍光量子収率が高い有機化合物を用いるのが好ましい。したがって、このような条件を満たす有機化合物であれば、本実施の形態で示す、正孔輸送性材料（前述）または電子輸送性材料（後述）等を用いることができる。

【0122】

一部上述した具体例と重複するが、発光物質（蛍光発光物質）との好ましい組み合わせという観点から、有機化合物（ホスト材料）としては、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[*g*, *p*]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられる。

【0123】

なお、蛍光発光物質と組み合わせて用いることが好ましい有機化合物（ホスト材料）の具体例としては、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：P C z P A）、3,6-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：D P C z P A）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：P C P N）、9,10-ジフェニルアントラセン（略称：D P A n t h）、N,N-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：C z A 1 P A）、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：D P h P A）、Y G A P A、P C A P A、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール}-3-アミン（略称：P C A P B A）、N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン（略称：2 P C A P A）、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N'-,N'',N'',N''-オクタフェニルジベンゾ[*g*, *p*]クリセン-2,7,10,5-テトラアミン（略称：D B C 1）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：C z P A）、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[*c*, *g*]カルバゾール（略称：c g D B C z P A）、6-[3-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[*b*]ナフト[1,2-d]フラン（略称：2 m B n f P P A）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)-ビフェニル-4'-イル}-アントラセン（略称：F L P P A）、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン（略称：D P P A）、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：D N A）、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-B u D N A）、9-(1-ナフチル)-10-(2-ナフチル)アントラセン（略称：*t*, A D N）、2-(10-フェニルアントラセン-9-イル)ジベンゾフラン、2-(10-フェニル-9-アントラセニル)-ベンゾ[*b*]ナフト[2,3-d]フラン（略称：B n f (I I) P h A）、9-(1-ナフチル)-10-[4-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン（略称：N-N P A n t h）、9-(2-ナフチル)-10-[3-(2-ナフチル)フェニル]アントラセン（略称：N-m N P A n t h）、1-[4-(10-[1,1'-ビフェニル]-4-イル-9-アントラセニル)フェニル]-2-エチル-1H-ベンゾイミダゾール（略称：E t B I m P B P h A）、9,9'-ビアントリル（略称：B A N T）、9,9'-（スチルベン-3,3'-ジイル）ジフェナントレン（略称：D P N S）、9,9'-（スチルベン-4,4'-ジイル）ジフェナントレン（略称：D P N S 2）、1,3,5-トリ(1-ビレニル)ベンゼン（略称：T P B 3）、5,12-ジフェニルテトラセン、5,12-ビス(ビフェニル-2-イル)

10

20

30

40

50

テトラセンなどが挙げられる。

【0124】

燐光発光用ホスト材料

また、発光層(113、113a、113b)に用いる発光物質が燐光発光物質である場合、組み合わせる有機化合物(ホスト材料)として、発光物質の三重項励起エネルギー(基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差)よりも三重項励起エネルギーの大きい有機化合物を選択すれば良い。なお、励起錯体を形成させるべく複数の有機化合物(例えば、第1のホスト材料、および第2のホスト材料(またはアシスト材料ともいう)等)を発光物質と組み合わせて用いる場合は、これらの複数の有機化合物を燐光発光物質と混合して用いることが好ましい。

10

【0125】

このような構成とすることにより、励起錯体から発光物質へのエネルギー移動であるETET(Exciplex-Triplet Energy Transfer)を用いた発光を効率よく得ることができる。なお、複数の有機化合物の組み合わせとしては、励起錯体が形成しやすいものが良く、正孔を受け取りやすい化合物(正孔輸送性材料)と、電子を受け取りやすい化合物(電子輸送性材料)とを組み合わせることが特に好ましい。

【0126】

なお、一部上述した具体例と重複するが、発光物質(燐光発光物質)との好ましい組み合わせという観点から、有機化合物(ホスト材料、アシスト材料)としては、芳香族アミン(芳香族アミン骨格を有する有機化合物)、カルバゾール誘導体(カルバゾール骨格を有する有機化合物)、ジベンゾチオフェン誘導体(ジベンゾチオフェン骨格を有する有機化合物)、ジベンゾフラン誘導体(ジベンゾフラン骨格を有する有機化合物)、オキサジアゾール誘導体(オキサジアゾール骨格を有する有機化合物)、トリアゾール誘導体(トリアゾール骨格を有する有機化合物)、ベンゾイミダゾール誘導体(ベンゾイミダゾール骨格を有する有機化合物)、キノキサリン誘導体(キノキサリン骨格を有する有機化合物)、ジベンゾキノキサリン誘導体(ジベンゾキノキサリン骨格を有する有機化合物)、ピリミジン誘導体(ピリミジン骨格を有する有機化合物)、トリアジン誘導体(トリアジン骨格を有する有機化合物)、ピリジン誘導体(ピリジン骨格を有する有機化合物)、ビピリジン誘導体(ビピリジン骨格を有する有機化合物)、フェナントロリン誘導体(フェナントロリン骨格を有する有機化合物)、フロジアジン誘導体(フロジアジン骨格を有する有機化合物)、亜鉛またはアルミニウム系の金属錯体、等が挙げられる。

20

【0127】

なお、上記の有機化合物のうち、正孔輸送性の高い有機化合物である、芳香族アミン、およびカルバゾール誘導体の具体例としては、上述した正孔輸送性材料の具体例と同じものが挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

【0128】

また、上記の有機化合物のうち、正孔輸送性の高い有機化合物である、ジベンゾチオフェン誘導体、およびジベンゾフラン誘導体の具体例としては、4-[3-[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル]ジベンゾフラン(略称: mDBFFLBi-II)、4',4'',4'''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(40ジベンゾフラン)(略称: DBF3P-II)、DBT3P-II、2,8-ジフェニル-4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: DBTFLP-II)、4-[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-6-フェニルジベンゾチオフェン(略称: DBTFLP-IV)、4-[3-(トリフェニレン-2-イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: mDBTPTp-II)等が挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

【0129】

その他、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども好ましいホ

30

50

スト材料として挙げられる。

【0130】

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、キノキサリン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キナゾリン誘導体、フェナントロリン誘導体等の具体例としては、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称:OXD-7)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称:CO11)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称:TAZ)、2,2',2'''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称:TPBI)、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBIm-II)、4,4'-ビス(5-メチルベンゾオキサゾール-2-イル)スチルベン(略称:BzOS)、などのポリアゾール骨格を有する複素芳香環を含む有機化合物、バソフェナントロリン(略称:Bphen)、バソキュプロイン(略称:BCP)、2,9-ビス(ナフタレン-2-イル)-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン(略称:NBphen)、2,2-(1,3-フェニレン)ビス[9-フェニル-1,10-フェナントロリン](略称:mPPhen2P)、2,2'-(ビフェニル)-4,4'-ジイルビス[1,10-フェナントロリン](略称:Phen2BP)などのピリジン骨格を有する複素芳香環を含む有機化合物、2-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-II)、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPDBq-II)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mCzPDBq-II)、2-[4-(3,6-ジフェニル-9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2CzPDBq-II)、7-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:7mDBTPDBq-II)、及び6-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:6mDBTPDBq-II)、2-{4-[9,10-ジ(2-ナフチル)-2-アントリル]フェニル}-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:ZADN)、2-[4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,1'-ビフェニル-1-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mpPCBPDBq)、等が挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

【0131】

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、ピリジン誘導体、ジアジン誘導体(ピリミジン誘導体、ピラジン誘導体、ピリダジン誘導体を含む)、トリアジン誘導体、フロジアジン誘導体の具体例として、4,6-ビス[3-(フェナントレン-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mPnP2Pm)、4,6-ビス[3-(4-ジベンゾチエニル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mDBTP2Pm-II)、4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)、2-{4-[3-(N-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-9H-カルバゾール-9-イル]フェニル}-4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン(略称:PCczPTzn)、9-[3-(4,6-ジフェニル-1,3,5-トリアジン-2-イル)フェニル]-9'-フェニル-2,3'-ビ-9H-カルバゾール(略称:mPCCzPTzn-02)、3,5-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリジン(略称:35DCzPPy)、1,3,5-トリ[3-(3-ピリジル)フェニル]ベンゼン(略称:TmPyPB)、9,9'-[ピリミジン-4,6-ジイルビス(ビフェニル-3,3'-ジイル)]ビス(9H-カルバゾー

ル) (略称: 4 , 6 m C z B P 2 P m)、2 - [3 ' - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - フルオレン - 2 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称: m F B P T z n)、8 - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 4 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - [1] ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン (略称: 8 B P - 4 m D B t P B f p m)、9 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ナフト [1 ' , 2 ' : 4 , 5] フロ [2 , 3 - b] ピラジン (略称: 9 m D B t B P N f p r)、9 - [(3 ' - ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 4 - イル] ナフト [1 ' , 2 ' : 4 , 5] フロ [2 , 3 - b] ピラジン (略称: 9 p m D B t B P N f p r)、5 - [3 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) フェニル] - 7 , 7 - ジメチル - 5 H , 7 H - インデノ [2 , 1 - b] カルバゾール (略称: m I N c (I I) P T z n)、2 - [3 ' - (トリフェニレン - 2 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称: m T p B P T z n)、2 - [(1 , 1 ' - ビフェニル) - 4 - イル] - 4 - フェニル - 6 - [9 , 9 ' - スピロビ (9 H - フルオレン) - 2 - イル] - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称: B P - S F T z n)、2 , 6 - ビス (4 - ナフタレン - 1 - イルフェニル) - 4 - [4 - (3 - ピリジル) フェニル] ピリミジン (略称: 2 , 4 N P - 6 P y P P m)、9 - [4 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) - 2 - ジベンゾチオフェニル] - 2 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称: P C D B f T z n)、2 - [1 , 1 ' - ビフェニル] - 3 - イル - 4 - フェニル - 6 - [8 - [1 , 1 ' : 4 ' , 1 ' ' - ターフェニル] - 4 - イル - 1 - ジベンゾフラニル] - 1 , 20 3 , 5 - トリアジン (略称: m B P - T P D B f T z n)、6 - (1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル) - 4 - [3 , 5 - ビス (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - 2 - フェニルピリミジン (略称: 6 m B P - 4 C z 2 P P m)、4 - [3 , 5 - ビス (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - 2 - フェニル - 6 - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) ピリミジン (略称: 6 B P - 4 C z 2 P P m)、などのジアジン骨格を有する複素芳香環を含む有機化合物、などが挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

【 0 1 3 2 】

また、上記の有機化合物のうち、電子輸送性の高い有機化合物である、金属錯体の具体例としては、亜鉛またはアルミニウム系の金属錯体である、トリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (I I I) (略称: A l q)、トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (I I I) (略称: A l m q 3)、ビス (1 0 - ヒドロキシベンゾ [h] キノリナト) ベリリウム (I I) (略称: B e B q 2)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) (4 - フェニルフェノラト) アルミニウム (I I I) (略称: B A l q)、ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称: Z n q) の他、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等が、挙げられ、これらはいずれもホスト材料として好ましい。

【 0 1 3 3 】

その他、ポリ (2 , 5 - ピリジンジイル) (略称: P P y)、ポリ [(9 , 9 - ジヘキシリフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (ピリジン - 3 , 5 - ジイル)] (略称: P F - P y)、ポリ [(9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル) - c o - (2 , 2 ' - ピピリジン - 6 , 6 ' - ジイル)] (略称: P F - B P y) のような高分子化合物などもホスト材料として好ましい。

【 0 1 3 4 】

さらに、正孔輸送性の高い有機化合物であり、かつ電子輸送性の高い有機化合物である、バイポーラ性の 9 - フェニル - 9 ' - (4 - フェニル - 2 - キナゾリニル) - 3 , 3 ' - ビ - 9 H - カルバゾール (略称: P C C z Q z)、2 - [4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 3 , 1 ' - ビフェニル - 1 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称: 2 m p P C B P D B q)、5 - [3 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) フェニル] - 7 , 7 - ジメチル - 5 H , 7 H - インデノ [2 , 1 - b] カルバゾール (略称: m I N c (I I) P T z n)、1 1 - (4 - [1 , 1 ' - 10 50

ビフェニル] - 4 - イル - 6 - フェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) - 1 1 , 1 2 - ジヒドロ - 1 2 - フェニル - インドロ [2 , 3 - a] カルバゾール(略称: B P - I c z (I I) T z n)、7 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 2 - イル) キナゾリン - 2 - イル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール(略称: P C - c g D B C z Q z)などのジアジン骨格を有する有機化合物等をホスト材料として用いることができる。

【 0 1 3 5 】

<電子輸送層>

電子輸送層(114、114a、114b)は、後述する電子注入層(115、115a、115b)によって第2の電極102または電荷発生層(106、106a、106b)から注入された電子を発光層(113、113a、113b)に輸送する層である。なお、電子輸送層(114、114a、114b)は、電子輸送性材料を含む層であり、電子輸送性材料としては、実施の形態1で説明した混合材料を用いる。また、電子輸送層(114、114a、114b)に用いる電子輸送性材料は、電界強度[V/cm]の平方根が600における電子移動度が、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2/\text{V s}$ 以上の電子移動度を有する物質が好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いることができる。また、電子輸送層(114、114a、114b)は、単層でも機能するが、2層以上の積層構造としてもよい。なお、上記の混合材料は、耐熱性を有するため、これを用いた電子輸送層上でフォトリソ工程を行うことにより、熱工程によるデバイス特性への影響を抑制することができる。10

【 0 1 3 6 】

電子輸送性材料

電子輸送層(114、114a、114b)に用いることができる電子輸送性材料としては、電子輸送性の高い有機化合物を用いることができ、例えば複素芳香族化合物を用いることができる。なお、複素芳香族化合物とは、環の中に少なくとも2種類の異なる元素を含む環式化合物である。なお、環構造としては、3員環、4員環、5員環、6員環等が含まれるが、特に5員環、または、6員環が好ましく、含まれる元素としては、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物が好ましい。特に窒素を含む複素芳香族化合物(含窒素複素芳香族化合物)が好ましく、含窒素複素芳香族化合物、またはこれを含む電子不足型複素芳香族化合物等の電子輸送性の高い材料(電子輸送性材料)を用いることが好ましい。20

【 0 1 3 7 】

複素芳香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する有機化合物である。

【 0 1 3 8 】

なお、複素芳香環は、ピリジン骨格、ジアジン骨格、トリアジン骨格、ポリアゾール骨格、オキサゾール骨格、またはチアゾール骨格等のいずれか一を有する。また、ジアジン骨格を有する複素芳香環には、ピリミジン骨格、ピラジン骨格、またはピリダジン骨格などを有する複素芳香環が含まれる。また、ポリアゾール骨格を有する複素芳香環には、イミダゾール骨格、トリアゾール骨格、またはオキサジアゾール骨格を有する複素芳香環が含まれる。30

【 0 1 3 9 】

また、複素芳香環は、縮環構造を有する縮合複素芳香環を含む。なお、縮合複素芳香環としては、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、キナゾリン環、ベンゾキナゾリン環、ジベンゾキナゾリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環、ベンゾイミダゾール環、などが挙げられる。

【 0 1 4 0 】

なお、複素芳香族化合物としては、例えば、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物のうち、5員環構造を有する複素芳香族化合物としては、イミダゾール骨格を有する複素芳香族化合物、トリアゾール骨格を有する複素芳香族化合物、オキサゾール骨格を有する複素芳香族化合物、オキサジアゾール骨格を有40

50

20

30

40

50

する複素芳香族化合物、チアゾール骨格を有する複素芳香族化合物、ベンゾイミダゾール骨格を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。

【0141】

また、例えば、炭素の他に窒素、酸素、または硫黄などのいずれか一又は複数を含む複素芳香族化合物のうち、6員環構造を有する複素芳香族化合物としては、ピリジン骨格、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格などを含む）、トリアジン骨格、ポリアゾール骨格などの複素芳香環を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。なお、ピリジン骨格が連結した構造である複素芳香族化合物に含まれるが、ビピリジン構造を有する複素芳香族化合物、ターピリジン構造を有する複素芳香族化合物などが挙げられる。

10

【0142】

さらに、上記6員環構造を一部に含む縮環構造を有する複素芳香族化合物としては、キノリン環、ベンゾキノリン環、キノキサリン環、ジベンゾキノキサリン環、フェナントロリン環、フロジアジン環（フロジアジン骨格のフラン環に芳香環が縮合した骨格を含む）、ベンゾイミダゾール環などの縮合複素芳香環を有する複素芳香族化合物、などが挙げられる。

【0143】

上記、5員環構造（ポリアゾール骨格（イミダゾール骨格、トリアゾール骨格、オキサジアゾール骨格を含む）、オキサゾール骨格、チアゾール骨格、ベンゾイミダゾール骨格など）を有する複素芳香族化合物の具体例としては、2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール（略称：PBD）、1 , 3 - ビス [5 - (p - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン（略称：OXD - 7）、9 - [4 - (5 - フェニル - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] - 9 H - カルバゾール（略称：CO11）、3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール（略称：TAZ）、3 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 4 - (4 - エチルフェニル) - 5 - (4 - ビフェニリル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール（略称：p - E t T A Z）、2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール)（略称：TPBI）、2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4) - イル) フェニル] - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール（略称：mDBTBI m - II）、4 , 4 ' - ビス (5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル) スチルベン（略称：BzOS）などが挙げられる。

20

30

30

【0144】

上記、6員環構造（ピリジン骨格、ジアジン骨格、トリアジン骨格などを有する複素芳香環を含む）を有する複素芳香族化合物の具体例としては、3 , 5 - ビス [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン（略称：35DCzPPy）、1 , 3 , 5 - トリ [3 - (3 - ピリジル) フェニル] ベンゼン（略称：TmPyPB）、などのピリジン骨格を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、2 - { 4 - [3 - (N - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 9 H - カルバゾール - 9 - イル] フェニル } - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン（略称：PCCzPTzn）、9 - [3 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) フェニル] - 9 ' - フェニル - 2 , 3 ' - ビ - 9 H - カルバゾール（略称：mPCCzPTzn - 02）、5 - [3 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) フェニル] - 7 , 7 - ジメチル - 5 H , 7 H - インデノ [2 , 1 - b] カルバゾール（略称：mINC(II)PTzn）、2 - [3 ' - (トリフェニレン - 2 - イル) - 1 , 1 ' - ビフェニル - 3 - イル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン（略称：mTpBPTzn）、2 - [(1 , 1 ' - ビフェニル) - 4 - イル] - 4 - フェニル - 6 - [9 , 9 ' - スピロビ (9 H - フルオレン) - 2 - イル] - 1 , 3 , 5 - トリアジン（略称：BP - SFTzn）、2 , 6 - ビス (4 - ナフタレン - 1 - イルフェニル) - 4 - [4 - (3 - ピリジル) フェニル] ピリミジン（略称：2 , 4NP - 6PyPPm）、9 - [4 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 50

3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) - 2 - ジベンゾチオフェニル] - 2 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : P C D B f T z n) 、 2 - [1 , 1 ' - ピフェニル] - 3 - イル - 4 - フェニル - 6 - (8 - [1 , 1 ' : 4 ' , 1 ' ' - ターフェニル] - 4 - イル - 1 - ジベンゾフラニル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : m B P - T P D B f T z n) 、 2 - { 3 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] フェニル } - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : m D B t B P T z n) 、 m F B P T z n などのトリアジン骨格を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、 4 , 6 - ビス [3 - (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m P n P 2 P m) 、 4 , 6 - ビス [3 - (4 - ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m D B T P 2 P m - I I) 、 4 , 6 - ビス [3 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称 : 4 , 6 m C z P 2 P m) 、 4 , 6 m C z B P 2 P m 、 6 - (1 , 1 ' - ピフェニル - 3 - イル) - 4 - [3 , 5 - ビス (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - 2 - フェニルピリミジン (略称 : 6 m B P - 4 C z 2 P P m) 、 4 - [3 , 5 - ビス (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - 2 - フェニル - 6 - (1 , 1 ' - ピフェニル - 4 - イル) ピリミジン (略称 : 6 B P - 4 C z 2 P P m) 、 4 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - 8 - (ナフタレン - 2 - イル) - [1] ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン (略称 : 8 N - 4 m D B t P B f p m) 、 8 B P - 4 m D B t P B f p m 、 9 m D B t B P N f p r 、 9 p m D B t B P N f p r 、 3 , 8 - ビス [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ベンゾフロ [2 , 3 - b] ピラジン (略称 : 3 , 8 m D B t P 2 B f p r) 、 4 , 8 - ビス [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - [1] ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン (略称 : 4 , 8 m D B t P 2 B f p m) 、 8 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) (1 , 1 ' - ピフェニル - 3 - イル)] ナフト [1 ' , 2 ' : 4 , 5] フロ [3 , 2 - d] ピリミジン (略称 : 8 m D B t B P N f p m) 、 8 - [(2 , 2 ' - ビナフタレン) - 6 - イル] - 4 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] - [1] ベンゾフロ [3 , 2 - d] ピリミジン (略称 : 8 (N 2) - 4 m D B t P B f p m) などのジアジン (ピリミジン) 骨格を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、などが挙げられる。なお、上記複素芳香環を含む芳香族化合物には、縮合複素芳香環を有する複素芳香族化合物を含む。

【 0 1 4 5 】

その他にも、 2 , 2 ' - (ピリジン - 2 , 6 - ジイル) ビス (4 - フェニルベンゾ [h] キナゾリン) (略称 : 2 , 6 (P - B q n) 2 P y) 、 2 , 2 ' - (ピリジン - 2 , 6 - ジイル) ビス { 4 - [4 - (2 - ナフチル) フェニル] - 6 - フェニルピリミジン } (略称 : 2 , 6 (N P - P P m) 2 P y) 、 6 - (1 , 1 ' - ピフェニル - 3 - イル) - 4 - [3 , 5 - ビス (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - 2 - フェニルピリミジン (略称 : 6 m B P - 4 C z 2 P P m) 、などのジアジン (ピリミジン) 骨格を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、 2 , 4 , 6 - トリス (3 ' - (ピリジン - 3 - イル) ピフェニル - 3 - イル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : T m P P P y T z) 、 2 , 4 , 6 - トリス (2 - ピリジル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : 2 P y 3 T z) 、 2 - [3 - (2 , 6 - ジメチル - 3 - ピリジル) - 5 - (9 - フェナントリル) フェニル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : m P n - m D M e P y P T z n) 、などのトリアジン骨格を有する複素芳香環を含む複素芳香族化合物、等が挙げられる。

【 0 1 4 6 】

上記、 6 員環構造を一部に含む縮環構造を有する複素芳香族化合物 (縮環構造を有する複素芳香族化合物) の具体例としては、バソフェナントロリン (略称 : B p h e n) 、バソキュプロイン (略称 : B C P) 、 2 , 9 - ビス (ナフタレン - 2 - イル) - 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 10 - フェナントロリン (略称 : N B p h e n) 、 2 , 2 - (1 , 3 - フェニレン) ビス [9 - フェニル - 1 , 10 - フェナントロリン] (略称 : m P P h e n 2 P) 、 2 , 2 ' - (ピリジン - 2 , 6 - ジイル) ビス (4 - フェニルベンゾ [h] キナゾリン) (略称 : 2 , 6 (P - B q n) 2 P y) 、 2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m D B T P D B q - I I) 、

2 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ[f , h] キノキサリン(略称: 2 m D B T B P D B q - I I)、2 - [3 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ[f , h] キノキサリン(略称: 2 m C z B P D B q)、2 - [4 - (3 , 6 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ジベンゾ[f , h] キノキサリン(略称: 2 C z P D B q - I I I)、7 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ[f , h] キノキサリン(略称: 7 m D B T P D B q - I I)、及び 6 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ[f , h] キノキサリン(略称: 6 m D B T P D B q - I I)、2 m p P C B P D B q 、などのキノキサリン環を有する複素芳香族化合物、等が挙げられる。

【0147】

電子輸送層(114、114a、114b)には、上記に示す複素芳香族化合物の他にも下記に示す金属錯体を用いることができる。トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(I II)(略称: Alq₃)、Almq₃、8-キノリノラトリチウム(I)(略称: Liq)、BeBq₂、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(I II)(略称: BALq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(I I)(略称: Znq)等のキノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(I I)(略称: ZnBTZ)等のオキサゾール骨格またはチアゾール骨格を有する金属錯体等が挙げられる。

【0148】

また、ポリ(2,5-ピリジンジイル)(略称: PPy)、ポリ[(9,9-ジヘキシリフルオレン-2,7-ジイル)-co-(ピリジン-3,5-ジイル)](略称: PF-Py)、ポリ[(9,9-ジオクチルフルオレン-2,7-ジイル)-co-(2,2'-ビピリジン-6,6'-ジイル)](略称: PF-BPy)のような高分子化合物を電子輸送性材料として用いることもできる。

【0149】

また、電子輸送層(114、114a、114b)は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が2層以上積層した構造であってもよい。

【0150】

<電子注入層>

電子注入層(115、115a、115b)は、電子注入性の高い物質を含む層である。また、電子注入層(115、115a、115b)は、第2の電極102からの電子の注入効率を高めるための層であり、第2の電極102に用いる材料の仕事関数の値と、電子注入層(115、115a、115b)に用いる材料のLUMO準位の値とを比較した際、その差が小さい(0.5eV以下)材料を用いることが好ましい。従って、電子注入層115には、リチウム、セシウム、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF₂)、8-(キノリノラト)リチウム(略称: Liq)、2-(2-ピリジル)フェノラトリチウム(略称: LiPP)、2-(2-ピリジル)-3-ピリジノラトリチウム(略称: LiPPy)、4-フェニル-2-(2-ピリジル)フェノラトリチウム(略称: LiPPP)、リチウム酸化物(LiO_x)、炭酸セシウム等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはこれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム(ErF₃)のような希土類金属またはその化合物を用いることができる。なお、電子注入層(115、115a、115b)には、上記の材料を複数種混合して形成しても良いし、上記の材料のうち複数種を積層させて形成しても良い。また、電子注入層(115、115a、115b)にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、上述した電子輸送層(114、114a、114b)を構成する物質を用いることもできる。

【0151】

また、電子注入層(115、115a、115b)に、有機化合物と電子供与体(ドナー

10

20

30

40

50

)とを混合してなる混合材料を用いてもよい。このような混合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層(114、114a、114b)に用いる電子輸送性材料(金属錯体または複素芳香族化合物等)を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、または希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物またはアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン(略称:TTF)等の有機化合物を用いることもできる。また、これらの材料を複数、積層して用いても良い。

10

【0152】

その他にも、電子注入層(115、115a、115b)に、有機化合物と金属とを混合してなる混合材料を用いても良い。なお、ここで用いる有機化合物としては、LUMO(最低空軌道:Lowest Unoccupied Molecular Orbital)準位が-3.6eV以上-2.3eV以下であると好ましい。また、非共有電子対を有する材料が好ましい。

20

【0153】

したがって、上記の混合材料に用いる有機化合物としては、電子輸送層に用いることができるとして上述した、複素芳香族化合物を金属と混合してなる混合材料を用いてもよい。複素芳香族化合物としては、5員環構造(イミダゾール骨格、トリアゾール骨格、オキサゾール骨格、オキサジアゾール骨格、チアゾール骨格、ベンゾイミダゾール骨格など)を有する複素芳香族化合物、6員環構造(ピリジン骨格、ジアジン骨格(ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格などを含む)、トリアジン骨格、ビピリジン骨格、ターピリジン骨格など)を有する複素芳香族化合物、6員環構造を一部に含む縮環構造(キノリジン骨格、ベンゾキノリジン骨格、キノキサリン骨格、ジベンゾキノキサリン骨格、フェナントロリジン骨格など)を有する複素芳香族化合物などの非共有電子対を有する材料が好ましい。具体的な材料については、上述したので、ここでの説明は省略する。

30

【0154】

また、上記の混合材料に用いる金属としては、周期表における第5族、第7族、第9族または第11族に属する遷移金属または第13族に属する材料を用いることが好ましく、例えば、Ag、Cu、Al、またはIn等が挙げられる。また、この時、有機化合物は、遷移金属との間で半占有軌道(SOMO)を形成する。

40

【0155】

なお、例えば、発光層113bから得られる光を増幅させる場合には、第2の電極102と、発光層113bとの光学距離が、発光層113bが呈する光の波長の1/4未満となるように形成するのが好ましい。この場合、電子輸送層114bまたは電子注入層115bの膜厚を変えることにより、調整することができる。

50

【0156】

また、図1(D)に示す発光デバイスのように、2つのEL層(103a、103b)の間に電荷発生層106を設けることにより、複数のEL層が一対の電極間に積層された構造(タンデム構造ともいう)とすることもできる。

【0157】

<電荷発生層>

電荷発生層106は、第1の電極(陽極)101と第2の電極(陰極)102との間に電圧を印加したときに、EL層103aに電子を注入し、EL層103bに正孔を注入する機能を有する。なお、電荷発生層106は、正孔輸送性材料に電子受容体(アクセプタ)が添加された構成であっても、電子輸送性材料に電子供与体(ドナー)が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。なお、上述した材

料を用いて電荷発生層 106 を形成することにより、EL 層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【0158】

電荷発生層 106 において、有機化合物である正孔輸送性材料に、電子受容体が添加された構成とする場合、正孔輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子受容体としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン（略称：F₄-TCNQ）、クロラニル等を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タンゲステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが挙げられる。

10

【0159】

また、電荷発生層 106 において、電子輸送性材料に電子供与体が添加された構成とする場合、電子輸送性材料としては、本実施の形態で示した材料を用いることができる。また、電子供与体としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属または希土類金属または元素周期表における第2族、第13族に属する金属およびその酸化物、炭酸塩を用いることができる。具体的には、リチウム（Li）、セシウム（Cs）、マグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、イッテルビウム（Yb）、インジウム（In）、酸化リチウム、炭酸セシウムなどを用いることが好ましい。また、テトラチアナフタセンのような有機化合物を電子供与体として用いてもよい。

20

【0160】

なお、図1（D）では、EL層 103 が2層積層された構成を示したが、異なる EL 層の間に電荷発生層を設けることにより3層以上の EL 層の積層構造としてもよい。

【0161】

<基板>

本実施の形態で示した発光デバイスは、様々な基板上に形成することができる。なお、基板の種類は、特定のものに限定されることはない。基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチール基板、ステンレス・スチール・ホイルを有する基板、タンゲステン基板、タンゲステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどが挙げられる。

30

【0162】

なお、ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミニノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどが挙げられる。また、可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルサルファン（PES）に代表されるプラスチック、アクリル等の合成樹脂、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニル、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などが挙げられる。

【0163】

なお、本実施の形態で示す発光デバイスの作製には、蒸着法などの気相法の他、スピンドルコート法またはインクジェット法などの液相法を用いることができる。蒸着法を用いる場合には、スパッタ法、イオンプレーティング法、イオンビーム蒸着法、分子線蒸着法、真空蒸着法などの物理蒸着法（PVD法）、または化学蒸着法（CVD法）等を用いることができる。特に発光デバイスのEL層に含まれる様々な機能を有する層（正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115）については、蒸着法（真空蒸着法等）、塗布法（ディップコート法、ダイコート法、バーコート法、スピンドルコート法、スプレーコート法等）、印刷法（インクジェット法、スクリーン（孔版印刷）法、オフセット（平版印刷）法、フレキソ（凸版印刷）法、グラビア法、マイクロコンタクト法等）などの方法により形成することができる。

40

【0164】

50

なお、上記塗布法、印刷法などの成膜方法を適用する場合において、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）、中分子化合物（低分子と高分子の中間領域の化合物：分子量400～4000）、無機化合物（量子ドット材料等）等を用いることができる。なお、量子ドット材料としては、コロイド状量子ドット材料、合金型量子ドット材料、コア・シェル型量子ドット材料、コア型量子ドット材料などを用いることができる。

【0165】

本実施の形態で示す発光デバイスのEL層103を構成する各層（正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層113、電子輸送層114、電子注入層115）は、本実施の形態において示した材料に限られることではなく、それ以外の材料であっても各層の機能を満たせるものであれば組み合わせて用いることができる。

10

【0166】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【0167】

（実施の形態3）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置（表示パネルともいう）の具体的な構成例、および製造方法について説明する。

【0168】

<発光装置700の構成例1>

図2（A）に示す発光装置700は、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および隔壁528を有する。また、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および隔壁528は、第1の基板510上に設けられた機能層520上に形成される。機能層520には、複数のトランジスタで構成された駆動回路GD、駆動回路SDなどの他、これらを電気的に接続する配線等が含まれる。なお、これらの駆動回路は、一例として、発光デバイス550B、発光デバイス550G、および発光デバイス550Rと、それぞれ電気的に接続され、これらを駆動することができる。また、発光装置700は、機能層520および各発光デバイス上に絶縁層705を備え、絶縁層705は、第2の基板770と機能層520とを貼り合わせる機能を有する。また、駆動回路GD、駆動回路SDについては、実施の形態4で後述する。

20

【0169】

なお、発光デバイス550B、発光デバイス550G、および発光デバイス550Rは、実施の形態2で示したデバイス構造を有する。すなわち、図1（A）に示す構造におけるEL層103が各発光デバイスで異なる場合を示す。

30

【0170】

なお、本明細書等において、各色の発光デバイス（例えば青（B）、緑（G）、及び赤（R））で、発光層を作り分ける、または発光層を塗り分ける構造をSBS（SideBySide）構造と呼ぶ場合がある。

【0171】

図2（A）に示すように、発光デバイス550Bは、電極551B、電極552、およびEL層103Bを有する。なお、各層の具体的な構成は実施の形態2に示す通りである。また、EL層103Bは、発光層を含む複数の機能の異なる層からなる積層構造を有する。図2（A）では、発光層を含むEL層103Bに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104B、電子輸送層108B、および電子注入層109のみを図示するが、本発明はこれに限らない。なお、ホール注入・輸送層104Bは、実施の形態2で示したホール注入層および正孔輸送層の機能を有する層を示し、積層構造を有していても良い。なお、本明細書中では、いずれの発光デバイスにおいてもホール注入・輸送層をこのように読み替えることができるとする。

40

【0172】

また、電子輸送層108Bは、実施の形態1で示す混合材料を用いることが好ましい。なお、実施の形態1で示す混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、それぞれの複素芳

50

香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する混合材料である。また、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも1つは、複素芳香環が縮環構造を有する縮合複素芳香環である。また、一般式(G1)～(G6)または一般式(G1-1)～(G6-1)で表される複素芳香族化合物であり、それぞれの一般式が異なる複素芳香族化合物を複数組み合わせた混合材料である。なお、電子輸送層108Bは、陽極側から発光層を通過して陰極側に移動するホールをロックするための機能を有していても良い。また、電子注入層109についても一部または全部が異なる材料を用いて形成される積層構造を有していても良いこととする。

【0173】

また、図2(A)に示すように発光層を含むEL層103Bに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104B、発光層、電子輸送層108Bの側面(または、端部)に絶縁層107が形成されていても良い。絶縁層107は、EL層103Bの側面(または端部)に接して形成される。これにより、EL層103Bの側面から内部への酸素または水分の他、これらの構成元素を含む物質の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107には、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。また、絶縁層107は、前述の材料を用いて積層して形成されていても良い。また、絶縁層107の形成には、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、ALD法などを用いることができるが、被覆性の良好なALD法がより好ましい。

【0174】

また、EL層103Bの一部(発光層を含み、ホール注入・輸送層104B、および電子輸送層108B)および絶縁層107を覆って、電子注入層109が形成される。なお、電子注入層109は、層中の電気抵抗が異なる2層以上の積層構造としても良い。

【0175】

また、電極552は、電子注入層109上に形成される。なお、電極551Bと電極552とは、互いに重なる領域を有する。また、電極551Bと電極552との間にEL層103Bを有する。

【0176】

また、図2(A)に示すEL層103Bは、実施の形態2で説明したEL層103と同様の構成を有する。また、EL層103Bは、例えば、青色の光を射出することができる。

【0177】

図2(A)に示すように、発光デバイス550Gは、電極551G、電極552、およびEL層103Gを有する。なお、各層の具体的な構成は実施の形態2に示す通りである。また、EL層103Gは、発光層を含む複数の機能の異なる層からなる積層構造を有する。図2(A)では、発光層を含むEL層103Gに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104G、電子輸送層108G、および電子注入層109のみを図示するが、本発明はこれに限らない。なお、ホール注入・輸送層104Gは、実施の形態2で示したホール注入層および正孔輸送層の機能を有する層を示し、積層構造を有していても良い。

【0178】

また、電子輸送層108Gは、実施の形態1で示す混合材料を用いることが好ましい。なお、実施の形態1で示す混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、それぞれの複素芳香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する混合材料である。また、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも1つは、複素芳香環が縮環構造を有する縮合複素芳香環である。また、一般式(G1)～(G6)または一般式(G1-1)～(G6-1)で表される複素芳香族化合物であり、それぞれの一般式が異なる複素芳香族化合物を複数組み合わせた混合材料である。なお、電子輸送層108Gは、陽極側から発光層を通過して陰極側に移動するホールをロックするための機能を有していても良い。また、電子注入層109についても一部または全部が異なる材料を用いて形成される積層構造を有していても良いこととする。

【0179】

10

20

30

40

50

また、図2(A)に示すように発光層を含むEL層103Gに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104G、発光層、電子輸送層108Gの側面(または、端部)に絶縁層107が形成されていても良い。絶縁層107は、EL層103Gの側面(または端部)に接して形成される。これにより、EL層103Gの側面から内部への酸素または水分、その他これらの構成元素の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107には、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。また、絶縁層107は、前述の材料を用いて積層して形成されていても良い。また、絶縁層107の形成には、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、ALD法などを用いることができるが、被覆性の良好なALD法がより好ましい。

10

【0180】

また、EL層103Gの一部(発光層を含み、ホール注入・輸送層104G、および電子輸送層108B)および絶縁層107を覆って、電子注入層109が形成される。なお、電子注入層109は、層中の電気抵抗が異なる2層以上の積層構造としても良い。

【0181】

また、電極552は、電子注入層109上に形成される。なお、電極551Gと電極552とは、互いに重なる領域を有する。また、電極551Gと電極552との間にEL層103Gを有する。

【0182】

また、図2(A)に示すEL層103Gは、実施の形態2で説明したEL層103と同様の構成を有する。また、EL層103Gは、例えば、緑色の光を射出することができる。

20

【0183】

図2(A)に示すように、発光デバイス550Rは、電極551R、電極552、およびEL層103Rを有する。なお、各層の具体的な構成は実施の形態2に示す通りである。また、EL層103Rは、発光層を含む複数の機能の異なる層からなる積層構造を有する。図2(A)では、発光層を含むEL層103Rに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104R、電子輸送層108R、および電子注入層109のみを図示するが、本発明はこれに限らない。なお、ホール注入・輸送層104Rは、実施の形態2で示したホール注入層および正孔輸送層の機能を有する層を示し、積層構造を有していても良い。

30

【0184】

また、電子輸送層108Rは、実施の形態1で示す混合材料を用いることが好ましい。なお、実施の形態1で示す混合材料は、複数の複素芳香族化合物を有し、それぞれの複素芳香族化合物は、少なくとも1つの複素芳香環を有する混合材料である。また、複数の複素芳香族化合物のうち、少なくとも1つは、複素芳香環が縮環構造を有する縮合複素芳香環である。また、一般式(G1)～(G6)または一般式(G1-1)～(G6-1)で表される複素芳香族化合物であり、それぞれの一般式が異なる複素芳香族化合物を複数組み合わせた混合材料である。なお、電子輸送層108Rには、陽極側から発光層を通過して陰極側に移動するホールをブロックするための機能を有していても良い。また、電子注入層109についても一部または全部が異なる材料を用いて形成される積層構造を有していても良いこととする。

40

【0185】

また、図2(A)に示すように発光層を含むEL層103Rに含まれる層のうち、ホール注入・輸送層104R、発光層、電子輸送層108Rの側面(または、端部)に絶縁層107が形成されていても良い。絶縁層107は、EL層103Rの側面(または端部)に接して形成される。これにより、EL層103Rの側面から内部への酸素または水分、その他これらの構成元素の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107には、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。また、絶縁層107は、前述の材料を用いて積層して形成されていても良い。また、絶縁層107の形成には、スパッタリング法、CVD法、MBE法、PLD法、ALD法などを用いることができる。

50

を用いることができるが、被覆性の良好な A L D 法がより好ましい。

【 0 1 8 6 】

また、E L 層 1 0 3 R の一部（発光層を含み、ホール注入・輸送層 1 0 4 R、および電子輸送層 1 0 8 R）および絶縁層 1 0 7 R を覆って、電子注入層 1 0 9 が形成される。なお、電子注入層 1 0 9 は、層中の電気抵抗が異なる 2 層以上の積層構造としても良い。

【 0 1 8 7 】

また、電極 5 5 2 は、電子注入層 1 0 9 上に形成される。なお、電極 5 5 1 R と電極 5 5 2 とは、互いに重なる領域を有する。また、電極 5 5 1 R と電極 5 5 2 との間に E L 層 1 0 3 R を有する。

【 0 1 8 8 】

また、図 2 (A) に示す E L 層 1 0 3 R は、実施の形態 2 で説明した E L 層 1 0 3 と同様の構成を有する。また、E L 層 1 0 3 R は、例えば、赤色の光を射出することができる。

【 0 1 8 9 】

E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 G、および E L 層 1 0 3 R の間には、それぞれ隔壁 5 2 8 を有する。なお、図 2 (A) に示すように、各発光デバイスの E L 層（E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 G、E L 層 1 0 3 R）と隔壁 5 2 8 とは、絶縁層 1 0 7 を介して側面（または端部）で接する。

【 0 1 9 0 】

各 E L 層において、特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合う発光デバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すように各 E L 層の間に、絶縁材料からなる隔壁 5 2 8 を設けることにより、隣り合う発光デバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

【 0 1 9 1 】

また、本実施の形態で説明する製造方法においては、パターニング工程により E L 層の側面（または端部）が、工程の途中で露出する。そのため E L 層の側面（または端部）からの酸素または水などの侵入により、E L 層の劣化が進行しやすくなる。したがって、隔壁 5 2 8 を設けることにより、製造プロセスにおける E L 層の劣化を抑制することが可能となる。

【 0 1 9 2 】

また、隔壁 5 2 8 を設けることにより、隣接する発光デバイス間に形成された凹部を平坦化することも可能である。なお、凹部が平坦化されることで各 E L 層上に形成される電極 5 5 2 の断線を抑制することが可能である。なお、隔壁 5 2 8 の形成に用いる絶縁材料としては、例えば、アクリル樹脂、ポリイミド樹脂、エポキシ樹脂、イミド樹脂、ポリアミド樹脂、ポリイミドアミド樹脂、シリコーン樹脂、シロキサン樹脂、ベンゾシクロブテン系樹脂、フェノール樹脂、及びこれら樹脂の前駆体等の有機材料を適用することができる。また、ポリビニルアルコール (P V A)、ポリビニルブチラル、ポリビニルピロリドン、ポリエチレングリコール、ポリグリセリン、ブルラン、水溶性のセルロース、またはアルコール可溶性のポリアミド樹脂などの有機材料を用いてもよい。また、フォトレジストなどの感光性の樹脂を用いることができる。なお、感光性の樹脂は、ポジ型の材料、またはネガ型の材料を用いることができる。

【 0 1 9 3 】

また、隔壁 5 2 8 の上面の高さと、E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 G、および E L 層 1 0 3 R のいずれかの上面の高さとの差が、例えば、隔壁 5 2 8 の厚さの 0.5 倍以下が好ましく、0.3 倍以下がより好ましい。また、例えば、E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 G、および E L 層 1 0 3 R のいずれかの上面が隔壁 5 2 8 の上面よりも高くなるように、絶縁層を設けてもよい。また、例えば、隔壁 5 2 8 の上面が、E L 層 1 0 3 B、E L 層 1 0 3 G、および E L 層 1 0 3 R が有する発光層の上面よりも高くなるように、隔壁 5 2 8 を設けてもよい。

【 0 1 9 4 】

10

20

30

40

50

1000 ppi を超える高精細な発光装置（表示パネル）において、EL層103B、EL層103G、およびEL層103Rとの間に電気的な導通が認められると、クロストーク現象が発生し、発光装置の表示可能な色域が狭くなってしまう。1000 ppi を超える高精細な表示パネル、好ましくは2000 ppi を超える高精細な表示パネル、より好ましくは5000 ppi を超える超高精細な表示パネルに隔壁528を設けることで、鮮やかな色彩を表示可能な表示パネルを提供できる。

【0195】

また、図2(B)は、図2(A)の断面図中の一点鎖線Y a - Y bに対応する発光装置700の上面概略図を示す。すなわち、発光デバイス550B、発光デバイス550G、及び発光デバイス550Rは、それぞれマトリクス状に配列している。なお、図2(B)は、Y方向に同一の色の発光デバイスが配列する、いわゆるストライプ配列を示している。また、Y方向と交差するX方向には、同一の色の発光デバイスが配列している。なお、発光デバイスの配列方法はこれに限らず、デルタ配列、ジグザグ配列などの配列方法を適用してもよいし、ペンタイル配列、ダイヤモンド配列等を用いることもできる。

【0196】

なお、各EL層(EL層103B、EL層103G、およびEL層103R)の分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、高精細な発光装置（表示パネル）を作製することができる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工されたEL層の端部（側面）は、概略同一表面を有する（または、概略同一平面上に位置する）形状となる。また、この時、各EL層間の隙間580の幅(SE)は、5 μm以下が好ましく、1 μm以下がより好ましい。

【0197】

EL層において、特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合う発光デバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すようにフォトリソグラフィ法によるパターン形成によりEL層を分離加工することにより、隣り合う発光デバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

【0198】

また、図2(C)は、図2(B)中の一点鎖線C1 - C2に対応する断面概略図である。図2(C)には、接続電極551Cと電極552とが電気的に接続する接続部130を示している。接続部130では、接続電極551C上に電極552が接して設けられている。また、接続電極551Cの端部を覆って隔壁528が設けられている。

【0199】

<発光装置の製造方法の例1>

図3(A)に示すように、電極551B、電極551G、および電極551Rを形成する。例えば、第1の基板510上に形成された機能層520上に導電膜を形成し、フォトリソグラフィ法を用いて、所定の形状に加工する。

【0200】

なお、導電膜の形成には、スパッタリング法、化学気相堆積(CVD: Chemical Vapor Deposition)法、分子線エピタキシー(MBE: Molecular Beam Epitaxy)法、真空蒸着法、パルスレーザー堆積(PLD: Pulsed Laser Deposition)法、原子層堆積(ALD: Atomic Layer Deposition)法等を用いて形成することができる。CVD法としては、プラズマ化学気相堆積(PECVD: Plasma Enhanced CVD)法、または熱CVD法などがある。また、熱CVD法のひとつに、有機金属化学気相堆積(MOCVD: Metal Organic CVD)法がある。

【0201】

また、導電膜の加工には、上述したフォトリソグラフィ法以外に、ナノインプリント法、サンドブラスト法、リフトオフ法などにより薄膜を加工してもよい。また、メタルマスクなどの遮蔽マスクを用いた成膜方法により、島状の薄膜を直接形成してもよい。

10

20

30

40

50

【0202】

フォトリソグラフィ法としては、代表的には以下の2つの方法がある。一つは、加工したい薄膜上にレジストマスクを形成して、エッティング等により当該薄膜を加工し、レジストマスクを除去する方法である。もう一つは、感光性を有する薄膜を成膜した後に、露光、現像を行って、当該薄膜を所望の形状に加工する方法である。なお、前者の方法を行う場合、レジスト塗布後の加熱（PAB：Pre Applied Bake）、および露光後の加熱（PEB：Post Exposure Bake）などの熱処理工程がある。本発明の一態様では、導電膜の加工だけでなく、EL層の形成に用いる薄膜（有機化合物からなる膜、または有機化合物を一部に含む膜）の加工にもリソグラフィー法を用いる。

【0203】

10
フォトリソグラフィ法において、露光に用いる光は、例えばi線（波長365nm）、g線（波長436nm）、h線（波長405nm）、またはこれらを混合させた光を用いることができる。そのほか、紫外線、KrFレーザ光、またはArFレーザ光等を用いることもできる。また、液浸露光技術により露光を行ってもよい。また、露光に用いる光として、極端紫外（EUV：Extreme Ultra-violet）光またはX線を用いてもよい。また、露光に用いる光に代えて、電子ビームを用いることもできる。極端紫外光、X線または電子ビームを用いると、極めて微細な加工が可能となるため好ましい。なお、電子ビームなどのビームを走査することにより露光を行う場合には、フォトマスクは不要である。

【0204】

20
レジストマスクを用いた薄膜のエッティングには、ドライエッティング法、ウェットエッティング法、サンドブラスト法などを用いることができる。

【0205】

次に、図3（B）に示すように、電極551B、電極551G、および電極551R上にEL層103Bを形成する。なお、図3（B）において、EL層103Bは、ホール注入・輸送層104B、発光層、および電子輸送層108Bまで形成されている。例えば、真空蒸着法を用いて、電極551B、電極551G、および電極551R上に、これらを覆うようにEL層103Bを形成する。さらに、EL層103B上に犠牲層110Bを形成する。

【0206】

30
犠牲層110Bは、EL層103Bのエッティング処理に対する耐性の高い膜、すなわちエッティングの選択比の大きい膜を用いることができる。また、犠牲層110Bは、エッティングの選択比の異なる、第1の犠牲層と第2の犠牲層との積層構造であることが好ましい。また、犠牲層110Bは、EL層103Bへのダメージの少ないウェットエッティング法により除去可能な膜を用いることができる。ウェットエッティングに用いるエッティング材料としては、シウ酸などを用いることができる。

【0207】

犠牲層110Bとしては、例えば、金属膜、合金膜、金属酸化物膜、半導体膜、無機絶縁膜などの無機膜を用いることができる。また、犠牲層110Bは、スパッタリング法、蒸着法、CVD法、ALD法などの各種成膜方法により形成することができる。

【0208】

40
犠牲層110Bとしては、例えば金、銀、白金、マグネシウム、ニッケル、タンゲステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、パラジウム、チタン、アルミニウム、イットリウム、ジルコニア、及びタンタルなどの金属材料、または該金属材料を含む合金材料を用いることができる。特に、アルミニウムまたは銀などの低融点材料を用いることが好ましい。

【0209】

また、犠牲層110Bとしては、インジウムガリウム亜鉛酸化物（In-Ga-Zn酸化物、IGZOとも表記する）などの金属酸化物を用いることができる。さらに、酸化インジウム、インジウム亜鉛酸化物（In-Zn酸化物）、インジウムスズ酸化物（In-S

n 酸化物)、インジウムチタン酸化物($In - Ti$ 酸化物)、インジウムスズ亜鉛酸化物($In - Sn - Zn$ 酸化物)、インジウムチタン亜鉛酸化物($In - Ti - Zn$ 酸化物)、インジウムガリウムスズ亜鉛酸化物($In - Ga - Sn - Zn$ 酸化物)などを用いることができる。またはシリコンを含むインジウムスズ酸化物などを用いることもできる。

【0210】

なお、上記ガリウムに代えて元素M(Mは、アルミニウム、シリコン、ホウ素、イットリウム、銅、バナジウム、ベリリウム、チタン、鉄、ニッケル、ゲルマニウム、ジルコニウム、モリブデン、ランタン、セリウム、ネオジム、ハフニウム、タンタル、タングステン、またはマグネシウムから選ばれた一種または複数種)を用いることもできる。特に、Mは、ガリウム、アルミニウム、またはイットリウムから選ばれた一種または複数種とすることが好ましい。10

【0211】

また、犠牲層110Bとしては、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化シリコンなどの無機絶縁材料を用いることができる。

【0212】

また、犠牲層110Bとしては、少なくともEL層103Bの最上部に位置する膜(電子輸送層108B)に対して、化学的に安定な溶媒に溶解しうる材料を用いることが好ましい。特に、水またはアルコールに溶解する材料を、犠牲層110Bに好適に用いることができる。犠牲層110Bを成膜する際には、材料を水またはアルコールなどの溶媒に溶解させた状態で、湿式の成膜方法で塗布した後に、溶媒を蒸発させるための加熱処理を行うことが好ましい。このとき、減圧雰囲気下での加熱処理を行うことで、低温且つ短時間で溶媒を除去できるため、EL層103Bへの熱的なダメージを低減することができ、好ましい。20

【0213】

なお、犠牲層110Bを積層構造にする場合には、上述した材料で形成される層を第1の犠牲層とし、その下に第2の犠牲層を形成して積層構造とすることができます。

【0214】

この場合の第2の犠牲層は、第1の犠牲層をエッチングする際のハードマスクとして用いる膜である。また、第2の犠牲層の加工時には、第1の犠牲層が露出する。したがって、第1の犠牲層と第2の犠牲層とは、互いにエッチングの選択比の大きい膜の組み合わせを選択する。そのため、第1の犠牲層のエッチング条件、及び第2の犠牲層のエッチング条件に応じて、第2の犠牲層に用いることのできる膜を選択することができる。30

【0215】

例えば、第2の犠牲層のエッチングに、フッ素を含むガス(フッ素系ガスともいう)を用いたドライエッチングを用いる場合には、シリコン、窒化シリコン、酸化シリコン、タングステン、チタン、モリブデン、タンタル、窒化タンタル、モリブデンとニオブを含む合金、またはモリブデンとタングステンを含む合金などを、第2の犠牲層に用いることができる。ここで、上記フッ素系ガスを用いたドライエッチングに対して、エッチングの選択比を大きくとれる(すなわち、エッチング速度を遅くできる)膜としては、IGZO、ITOなどの金属酸化物膜などがあり、これを第1の犠牲層に用いることができる。40

【0216】

なお、これに限らず、第2の犠牲層は、様々な材料の中から、第1の犠牲層のエッチング条件、及び第2の犠牲層のエッチング条件に応じて、選択することができる。例えば、上記第1の犠牲層に用いることのできる膜の中から選択することもできる。

【0217】

また、第2の犠牲層としては、例え窒化物膜を用いることができる。具体的には、窒化シリコン、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化チタン、窒化タンタル、窒化タングステン、窒化ガリウム、窒化ゲルマニウムなどの窒化物を用いることもできる。

【0218】

または、第2の犠牲層として、酸化物膜を用いることができる。代表的には、酸化シリコ50

ン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム、酸化ハフニウム、酸化窒化ハフニウムなどの酸化物膜または酸窒化物膜を用いることもできる。

【0219】

次に、図3(C)に示すように犠牲層110B上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状(レジストマスク:REG)に形成する。なお、このような方法を行う場合、レジスト塗布後の加熱(PAB:Pre Applied Bake)、および露光後の加熱(PEB:Post Exposure Bake)などの熱処理工程がある。例えば、PAB温度は、100前後、PEB温度は120前後になる。そのため、これらの処理温度に耐えうる発光デバイスであることが必要である。本発明の一態様である発光デバイスは、フォトリソ処理に晒される層が、具体的には、実施の形態1で説明した、混合材料からなる耐熱性の高い層を用いているため、熱処理時の影響が抑制され、信頼性の高い発光デバイスを備えた発光装置を得ることができる。

10

【0220】

次に、得られたレジストマスクREGを用い、レジストマスクREGに覆われない犠牲層110Bの一部をエッティングにより除去し、レジストマスクREGを除去した後、犠牲層110Bに覆われないEL層103Bの一部をエッティングにより除去し、電極551G上のEL層103Bおよび電極551R上のEL層103Bをエッティングにより取り除いて、側面を有する(または側面が露出する)形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状、に加工する。具体的には、電極551Bと重なるEL層103B上にパターン形成した犠牲層110Bを用い、ドライエッティングを行う。なお、犠牲層110Bが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクREGにより第2の犠牲層の一部をエッティングした後、レジストマスクREGを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッティングし、EL層103Bを所定の形状に加工しても良い。これらのエッティング処理により、図4(A)の形状を得る。

20

【0221】

次に、図4(B)に示すように、犠牲層110B、電極551G、および電極551R上にEL層103Gを形成する。なお、図4(B)において、EL層103Gに含まれる、ホール注入・輸送層104G、発光層、および電子輸送層108Gまでが形成されている。例えば、真空蒸着法を用いて、犠牲層110B、電極551G、および電極551R上に、これらを覆うようにEL層103Gを形成する。

30

【0222】

次に、図4(C)に示すように、EL層103G上に犠牲層110Gを形成し、犠牲層110Gの上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状(レジストマスク:REG)に形成し、得られたレジストマスクに覆われない犠牲層110Gの一部をエッティングにより除去し、レジストマスクを除去した後、犠牲層に覆われないEL層103Gの一部をエッティングにより除去し、電極551B上のEL層103Gおよび電極551R上のEL層103Gをエッティングにより取り除いて、図5(A)に示すような、側面を有する(または側面が露出する)形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状、に加工する。なお、犠牲層110Gが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクにより第2の犠牲層の一部をエッティングした後、レジストマスクを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッティングし、EL層103Gを所定の形状に加工しても良い。

40

【0223】

次に、図5(B)に示すように、犠牲層110B、犠牲層110G、および電極551R上にEL層103Rを形成する。なお、図5(B)において、EL層103Rに含まれる、ホール注入・輸送層104R、発光層、および電子輸送層108Rまでが形成されている。例えば、真空蒸着法を用いて、犠牲層110B、犠牲層110G、および電極551R上に、これらを覆うようにEL層103Rを形成する。

【0224】

次に、図5(C)に示すように、EL層103R上に犠牲層110Rを形成し、犠牲層110R

50

10Rの上にレジストを塗布し、フォトリソグラフィ法を用いてレジストを所望の形状（レジストマスク：REG）に形成し、得られたレジストマスクに覆われない犠牲層110Rの一部をエッチングにより除去し、レジストマスクを除去した後、犠牲層110Rに覆われないEL層103Rの一部をエッチングにより除去し、電極551B上のEL層103Rおよび電極551G上のEL層103Rをエッチングにより取り除いて、側面を有する（または側面が露出する）形状、または紙面と交差する方向に延びる帯状の形状、に加工する。なお、犠牲層110Gが上記の第1の犠牲層および第2の犠牲層との積層構造を有する場合には、レジストマスクにより第2の犠牲層の一部をエッチングした後、レジストマスクを除去し、第2の犠牲層をマスクとして、第1の犠牲層の一部をエッチングし、EL層103Gを所定の形状に加工しても良い。さらに、EL層（103B、103G、103R）上の犠牲層（110B、110G、110R）、を残したまま、犠牲層（110B、110G、110R）上に絶縁層107を形成し、図6（A）の形状を得る。

【0225】

なお、絶縁層107の形成には、例えば、ALD法を用いることができる。この場合、絶縁層107は、図6（A）に示すように各EL層（103B、103G、103R）の側面に接して形成される。これにより、各EL層（103B、103G、103R）の側面から内部への酸素または水分、その他これらの構成元素の侵入を抑制することができる。なお、絶縁層107に用いる材料としては、例えば、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、酸化ハフニウム、酸化ガリウム、インジウムガリウム亜鉛酸化物、窒化シリコン、または窒化酸化シリコンなどを用いることができる。

【0226】

次に、図6（B）に示すように、犠牲層（110B、110G、110R）を除去した後、絶縁層（107B、107G、107R）、およびEL層（103B、103G、103R）上に電子注入層109を形成する。電子注入層109は、例えば、真空蒸着法を用いて形成する。なお、電子注入層109は、電子輸送層（108B、108G、108R）上に形成される。なお、電子注入層109は、各EL層（103B、103G、103R）（但し、図6（B）に示すEL層（103B、103G、103R）は、ホール注入・輸送層（104R、104G、104B）、発光層、および電子輸送層（108B、108G、108R）を含む。）の側面（または端部）で絶縁層（107B、107G、107R）を介して接する構造を有する。

【0227】

次に、図6（C）に示すように、電極552を形成する。電極552は、例えば、真空蒸着法を用いて形成する。なお、電極552は、電子注入層109上に形成される。なお、電極552は、電子注入層109および絶縁層（107B、107G、107R）を介して各EL層（103B、103G、103R）（但し、図6（C）に示すEL層（103B、103G、103R）は、ホール注入・輸送層（104R、104G、104B）、発光層、および電子輸送層（108B、108G、108R）を含む。）の側面（または端部）と接する構造を有する。これにより、各EL層（103B、103G、103R）と電極552、より具体的には、各EL層（103B、103G、103R）がそれぞれ有するホール注入・輸送層（104B、104G、104R）と電極552とが、電気的に短絡することを防ぐことができる。

【0228】

以上の工程により、発光デバイス550B、発光デバイス550G、および発光デバイス550Rにおける、EL層103B、EL層103G、およびEL層103Rをそれぞれ分離加工することができる。

【0229】

なお、これらのEL層（EL層103B、EL層103G、およびEL層103R）の分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、高精細な発光装置（表示パネル）を作製することができる。また、フォトリソグラフィ法によるパターン形成により加工されたEL層の端部（側面）は、概略同一表面を有する（または、

10

20

30

40

50

概略同一平面上に位置する)形状となる。

【0230】

EL層において、特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合う発光デバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すようにフォトリソグラフィ法によるパターン形成によりEL層を分離加工することにより、隣り合う発光デバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

【0231】

<発光装置700の構成例2>

図7に示す発光装置700は、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および隔壁528を有する。また、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550R、および隔壁528は、第1の基板510上に設けられた機能層520上に形成される。機能層520には、複数のトランジスタで構成された駆動回路GD、駆動回路SDなどの他、これらを電気的に接続する配線等が含まれる。なお、これらの駆動回路は、一例として、発光デバイス550B、発光デバイス550G、および発光デバイス550Rと、それぞれ電気的に接続され、これらを駆動することができる。また、駆動回路GD、駆動回路SDについては、実施の形態4で後述する。

【0232】

なお、発光デバイス550B、発光デバイス550G、および発光デバイス550Rは、実施の形態2で示したデバイス構造を有する。特に、図1(A)に示す構造におけるEL層103が各発光デバイスで異なる場合を示す。

【0233】

なお、図7に示す各発光デバイスの具体的な構成は、図2で説明した、発光デバイス550B、発光デバイス550G、発光デバイス550Rと同じである。

【0234】

図7に示すように、各発光デバイス(550B、550G、550R)のEL層(103B、103G、103R)がそれぞれ有するホール注入・輸送層(104B、104G、104R)が、EL層(103B、103G、103R)を構成する他の機能層よりも小さく、積層される機能層で覆われた構造を有する。

【0235】

なお、本構成の場合には、各EL層におけるホール注入・輸送層(104B、104G、104R)が他の機能層で覆われることにより、完全に分離されるため、電極552との短絡防止のために構成例1で示した絶縁層(図7の107B、107G、107R)は無くても良い。

【0236】

また、本構成の各EL層(EL層103B、EL層103G、およびEL層103R)は、分離加工において、フォトリソグラフィ法によるパターン形成を行っているため、加工されたEL層の端部(側面)が概略同一表面を有する(または、概略同一平面上に位置する)形状となる。

【0237】

各発光デバイスがそれぞれ有する、EL層(EL層103B、EL層103G、およびEL層103R)は、隣り合う発光デバイスとの間に、それぞれ間隙580を有する。なお、ここで、間隙580を隣り合う発光デバイスのEL層の間の距離としてSEで表す場合、距離SEが小さいほど開口率を高めること、及び、精細度を高めることができる。一方、距離SEが大きいほど、隣り合う発光デバイスとの作製工程ばらつきの影響を許容できるため、製造歩留まりを高めることができる。本明細書により作製される発光デバイスは微細化プロセスに好適であるため、隣り合う発光デバイスのEL層の間の距離SEは、0.5μm以上5μm以下、好ましくは1μm以上3μm以下、より好ましくは1μm以上2.5μm以下、さらに好ましくは1μm以上2μm以下とすることができる。なお、代表的には、距離SEは1μm以上2μm以下(例えば1.5μmまたはその近傍)である

10

20

30

40

50

ことが好ましい。

【0238】

E L層において、特に陽極と発光層との間に位置する正孔輸送領域に含まれる正孔注入層は、導電率が高いことが多いため、隣り合う発光デバイスに共通する層として形成されると、クロストークの原因となる場合がある。したがって、本構成例で示すようにフォトリソグラフィ法によるパターン形成によりE L層を分離加工することにより、隣り合う発光デバイス間で生じるクロストークの発生を抑制することが可能となる。

【0239】

なお、本明細書等において、メタルマスク、またはF MM（ファインメタルマスク、高精細なメタルマスク）を用いて作製されるデバイスをMM（メタルマスク）構造のデバイスと呼称する場合がある。また、本明細書等において、メタルマスク、またはF MMを用いことなく作製されるデバイスをMML（メタルマスクレス）構造のデバイスと呼称する場合がある。

10

【0240】

本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【0241】

（実施の形態4）

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置について図8（A）乃至図10（B）を用いて説明する。なお、図8（A）乃至図10（B）に示す発光装置700は、実施の形態2で示す発光デバイスを有する。また、本実施の形態で説明する発光装置700は、電子機器などの表示部に適用可能であることから表示パネルと呼ぶこともできる。

20

【0242】

本実施の形態で説明する発光装置700は、図8（A）に示す通り、表示領域231を備え、表示領域231は一組の画素703（i，j）を有する。また、図8（B）に示す通り、一組の画素703（i，j）に隣接する一組の画素703（i+1，j）を有する。

【0243】

なお、画素703（i，j）には、複数の画素を用いることができる。例えば、色相が互いに異なる色を表示する複数の画素を用いることができる。なお、複数の画素のそれぞれを副画素と言い換えることができる。または、複数の副画素を一組にして、画素と言い換えることができる。

30

【0244】

これにより、当該複数の画素が表示する色を加法混色または減法混色することができる。または、個々の画素では表示することができない色相の色を、表示することができる。

【0245】

具体的には、青色を表示する画素702B（i，j）、緑色を表示する画素702G（i，j）および赤色を表示する画素702R（i，j）を画素703（i，j）に用いることができる。また、画素702B（i，j）、画素702G（i，j）および画素702R（i，j）のそれぞれを副画素と言い換えることができる。

40

【0246】

また、白色等を表示する画素を上記の一組に加えて、画素703（i，j）に用いてもよい。また、シアンを表示する画素、マゼンタを表示する画素およびイエローを表示する画素のそれぞれを、副画素として画素703（i，j）に用いてもよい。

【0247】

また、上記の一組に加えて、赤外線を射出する画素を画素703（i，j）に用いてもよい。具体的には、650nm以上1000nm以下の波長を有する光を含む光を射出する画素を、画素703（i，j）に用いることができる。

【0248】

図8（A）に示す表示領域231の周辺には、駆動回路GDと、駆動回路SDと、を有する。また、駆動回路GD、駆動回路SD等と電気的に接続された端子519を有する。端

50

子 5 1 9 は、例えば、フレキシブルプリント回路 F P C 1 と電気的に接続することができる。

【 0 2 4 9 】

なお、駆動回路 G D は、第 1 の選択信号および第 2 の選択信号を供給する機能を有する。例えば、駆動回路 G D は後述する導電膜 G 1 (i) と電気的に接続され、第 1 の選択信号を供給し、後述する導電膜 G 2 (i) と電気的に接続され、第 2 の選択信号を供給する。また、駆動回路 S D は、画像信号および制御信号を供給する機能を備え、制御信号は第 1 のレベルおよび第 2 のレベルを含む。例えば、駆動回路 S D は後述する導電膜 S 1 g (j) と電気的に接続され、画像信号を供給し、後述する導電膜 S 2 g (j) と電気的に接続され、制御信号を供給する。

10

【 0 2 5 0 】

図 1 0 (A) には、図 8 (A) に示す一点鎖線 X 1 - X 2 と一点鎖線 X 3 - X 4 のそれにおける、発光装置の断面図を示している。図 1 0 (A) に示す通り、発光装置 7 0 0 は、第 1 の基板 5 1 0 と、第 2 の基板 7 7 0 と、の間に機能層 5 2 0 を有する。機能層 5 2 0 には、上述した駆動回路 G D 、駆動回路 S D などの他、これらを電気的に接続する配線等が含まれる。図 1 0 (A) では、機能層 5 2 0 は、画素回路 5 3 0 B (i , j) ならびに画素回路 5 3 0 G (i , j) および駆動回路 G D を含む構成を示すが、これに限らない。

【 0 2 5 1 】

また、機能層 5 2 0 が有する各画素回路（例えば、図 1 0 (A) に示す画素回路 5 3 0 B (i , j) 、画素回路 5 3 0 G (i , j) ）は、機能層 5 2 0 上に形成される各発光デバイス（例えば、図 1 0 (A) に示す発光デバイス 5 5 0 B (i , j) 、発光デバイス 5 5 0 G (i , j) ）と電気的に接続される。具体的には、発光デバイス 5 5 0 B (i , j) は開口部 5 9 1 B を介して画素回路 5 3 0 B (i , j) に電気的に接続され、発光デバイス 5 5 0 G (i , j) は開口部 5 9 1 G を介して画素回路 5 3 0 G (i , j) に電気的に接続されている。また、機能層 5 2 0 および各発光デバイス上に絶縁層 7 0 5 が設けられており、絶縁層 7 0 5 は、第 2 の基板 7 7 0 と機能層 5 2 0 とを貼り合わせる機能を有する。

20

【 0 2 5 2 】

なお、第 2 の基板 7 7 0 には、マトリクス状にタッチセンサを備える基板を用いることができる。例えば、静電容量式のタッチセンサまたは光学式のタッチセンサを備えた基板を第 2 の基板 7 7 0 に用いることができる。これにより、本発明の一態様の発光装置をタッチパネルとして使用することができる。

30

【 0 2 5 3 】

また、画素回路 5 3 0 G (i , j) の具体的な構成を図 9 (A) に示す。

【 0 2 5 4 】

図 9 (A) に示すように、画素回路 5 3 0 G (i , j) は、スイッチ S W 2 1 、スイッチ S W 2 2 、トランジスタ M 2 1 、容量 C 2 1 およびノード N 2 1 を有する。また、画素回路 5 3 0 G (i , j) はノード N 2 2 、容量 C 2 2 およびスイッチ S W 2 3 を有する。

40

【 0 2 5 5 】

トランジスタ M 2 1 は、ノード N 2 1 と電気的に接続されるゲート電極と、発光デバイス 5 5 0 G (i , j) と電気的に接続される第 1 の電極と、導電膜 A N O と電気的に接続される第 2 の電極と、を有する。

【 0 2 5 6 】

スイッチ S W 2 1 は、ノード N 2 1 と電気的に接続される第 1 の端子と、導電膜 S 1 g (j) と電気的に接続される第 2 の端子と、を有する。また、スイッチ S W 2 1 は、導電膜 G 1 (i) の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有する。

【 0 2 5 7 】

スイッチ S W 2 2 は、導電膜 S 2 g (j) と電気的に接続される第 1 の端子とを有し、導電膜 G 2 (i) の電位に基づいて、導通状態または非導通状態を制御する機能を有する。

50

【0258】

容量C21は、ノードN21と電気的に接続される導電膜と、スイッチSW22の第2の電極と電気的に接続される導電膜を有する。

【0259】

これにより、画像信号をノードN21に格納することができる。または、ノードN21の電位を、スイッチSW22を用いて、変更することができる。または、発光デバイス550G(i,j)が射出する光の強度を、ノードN21の電位を用いて、制御することができる。

【0260】

次に、図9(A)で説明した、トランジスタM21の具体的な構造の一例を図9(B)に示す。なお、トランジスタM21としては、ボトムゲート型のトランジスタまたはトップゲート型のトランジスタなどを適宜用いることができる。10

【0261】

図9(B)に示すトランジスタは、半導体膜508、導電膜504、絶縁膜506、導電膜512Aおよび導電膜512Bを有する。トランジスタは、例えば、絶縁膜501C上に形成される。また、当該トランジスタは、絶縁膜516(絶縁膜516A及び絶縁膜516B)、及び絶縁膜518を有する。

【0262】

半導体膜508は、導電膜512Aと電気的に接続される領域508A、導電膜512Bと電気的に接続される領域508Bを有する。半導体膜508は、領域508Aおよび領域508Bの間に領域508Cを有する。20

【0263】

導電膜504は領域508Cと重なる領域を備え、導電膜504はゲート電極の機能を有する。

【0264】

絶縁膜506は、半導体膜508および導電膜504の間に挟まれる領域を有する。絶縁膜506は第1のゲート絶縁膜の機能を有する。

【0265】

導電膜512Aはソース電極の機能またはドレイン電極の機能の一方を備え、導電膜512Bはソース電極の機能またはドレイン電極の機能の他方を有する。30

【0266】

また、導電膜524をトランジスタに用いることができる。導電膜524は、導電膜504との間に半導体膜508を挟む領域を有する。導電膜524は、第2のゲート電極の機能を有する。絶縁膜501Dは半導体膜508および導電膜524の間に挟まれ、第2のゲート絶縁膜の機能を有する。

【0267】

絶縁膜516は、例えば、半導体膜508を覆う保護膜として機能する。絶縁膜516としては、例えば、具体的には、酸化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化アルミニウム膜、酸化ハフニウム膜、酸化イットリウム膜、酸化ジルコニウム膜、酸化ガリウム膜、酸化タンタル膜、酸化マグネシウム膜、酸化ランタン膜、酸化セリウム膜または酸化ネオジム膜を含む膜を用いることができる。40

【0268】

絶縁膜518は、例えば、酸素、水素、水、アルカリ金属、アルカリ土類金属等の拡散を抑制する機能を備える材料を適用することが好ましい。具体的には、絶縁膜518としては、例えば、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化アルミニウム、酸化窒化アルミニウム等を用いることができる。また、酸化窒化シリコン、及び酸化窒化アルミニウムのそれぞれに含まれる酸素の原子数と窒素の原子数は、窒素の原子数のほうが多いことが好ましい。

【0269】

なお、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜を形成する工程において、駆動回路のト50

ランジスタに用いる半導体膜を形成することができる。例えば、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同じ組成の半導体膜を、駆動回路に用いることができる。

【0270】

また、半導体膜508には、第14族の元素を含む半導体を用いることができる。具体的には、シリコンを含む半導体を半導体膜508に用いることができる。

【0271】

また、半導体膜508には、水素化アモルファスシリコンを用いることができる。または、微結晶シリコンなどを半導体膜508に用いることができる。これにより、例えば、ポリシリコンを半導体膜508に用いる発光装置（または表示パネル）より、表示ムラが少ない発光装置を提供することができる。または、発光装置の大型化が容易である。

10

【0272】

また、半導体膜508には、ポリシリコンを用いることができる。これにより、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、トランジスタの電界効果移動度を高くすることができます。または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、駆動能力を高めることができます。または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、画素の開口率を向上することができます。

【0273】

または、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いるトランジスタより、トランジスタの信頼性を高めることができます。

20

【0274】

または、トランジスタの作製に要する温度を、例えば、単結晶シリコンを用いるトランジスタより、低くすることができます。

【0275】

または、駆動回路のトランジスタに用いる半導体膜を、画素回路のトランジスタに用いる半導体膜と同一の工程で形成することができます。または、画素回路を形成する基板と同一の基板上に駆動回路を形成することができます。または、電子機器を構成する部品数を低減することができます。

【0276】

また、半導体膜508には、単結晶シリコンを用いることができる。これにより、例えば、水素化アモルファスシリコンを半導体膜508に用いる発光装置（または表示パネル）より、精細度を高めることができます。または、例えば、ポリシリコンを半導体膜508に用いる発光装置より、表示ムラが少ない発光装置を提供することができます。または、例えば、スマートグラスまたはヘッドマウントディスプレイを提供することができます。

30

【0277】

また、半導体膜508には、金属酸化物を用いることができる。これにより、アモルファスシリコンを半導体膜に用いたトランジスタを利用する画素回路と比較して、画素回路が画像信号を保持することができる時間を長くすることができます。具体的には、フリッカーの発生を抑制しながら、選択信号を30Hz未満、好ましくは1Hz未満、より好ましくは一分に一回未満の頻度で供給することができます。その結果、電子機器の使用者に蓄積する疲労を低減することができます。また、駆動に伴う消費電力を低減することができます。

40

【0278】

また、半導体膜508には、酸化物半導体を用いることができる。具体的には、インジウムを含む酸化物半導体、インジウムとガリウムと亜鉛を含む酸化物半導体またはインジウムとガリウムと亜鉛と錫とを含む酸化物半導体を半導体膜508に用いることができる。

【0279】

なお、酸化物半導体を半導体膜に用いることで、半導体膜にアモルファスシリコンを用いたトランジスタよりもオフ状態におけるリーク電流が小さいトランジスタを得ることができます。したがって、酸化物半導体を半導体膜に用いたトランジスタをスイッチ等に利用することが好ましい。なお、酸化物半導体を半導体膜に用いたトランジスタをスイッチに利

50

用する回路は、アモルファスシリコンを半導体膜に用いたトランジスタをスイッチに利用する回路よりも、長い時間、フローティングノードの電位を保持することができる。

【 0 2 8 0 】

図 10 (A) では、第 2 の基板 770 側に発光を取り出す構造 (ツップエミッション型) の発光装置を示したが、図 10 (B) に示すように第 1 の基板 510 側に光を取り出す構造 (ボトムエミッション型) の発光装置としても良い。なお、ボトムエミッション型の発光装置の場合には、第 1 の電極 101 を半透過・半反射電極として機能するように形成し、第 2 の電極 102 を反射電極として機能するように形成する。

【 0 2 8 1 】

また、図 10 (A) 及び図 10 (B) では、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、実施の形態 2 に示す発光デバイスの構成は、図 11 (A) 及び図 11 (B) に示すパッシブマトリクス型の発光装置に適用しても良い。

【 0 2 8 2 】

なお、図 11 (A) は、パッシブマトリクス型の発光装置を示す斜視図、図 11 (B) は図 11 (A) を X - Y で切断した断面図である。図 11 (A) 、及び図 11 (B) において、基板 951 上には、電極 952 及び電極 956 が設けられ、電極 952 と電極 956 との間には E L 層 955 が設けられている。電極 952 の端部は絶縁層 953 で覆われている。そして、絶縁層 953 上には隔壁層 954 が設けられている。隔壁層 954 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層 954 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺 (絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺) の方が上辺 (絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺) よりも短い。このように、隔壁層 954 を設けることで、静電気等に起因した発光デバイスの不良を防ぐことが出来る。

【 0 2 8 3 】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせて用いることができるものとする。

【 0 2 8 4 】

(実施の形態 5)

本実施の形態では、本発明の一態様の電子機器の構成について、図 12 (A) 乃至図 14 (B) により説明する。

【 0 2 8 5 】

図 12 (A) 乃至図 14 (B) は、本発明の一態様の電子機器の構成を説明する図である。図 12 (A) は電子機器のブロック図であり、図 12 (B) 乃至図 12 (E) は電子機器の構成を説明する斜視図である。また、図 13 (A) 乃至図 13 (E) は電子機器の構成を説明する斜視図である。また、図 14 (A) および図 14 (B) は電子機器の構成を説明する斜視図である。

【 0 2 8 6 】

本実施の形態で説明する電子機器 5200B は、演算装置 5210 と、入出力装置 5220 と、を有する (図 12 (A) 参照) 。

【 0 2 8 7 】

演算装置 5210 は、操作情報を供給される機能を備え、操作情報に基づいて画像情報を供給する機能を有する。

【 0 2 8 8 】

入出力装置 5220 は、表示部 5230 、入力部 5240 、検知部 5250 、通信部 5290 、操作情報を供給する機能および画像情報を供給される機能を有する。また、入出力装置 5220 は、検知情報を供給する機能、通信情報を供給する機能および通信情報を供給される機能を有する。

【 0 2 8 9 】

入力部 5240 は操作情報を供給する機能を有する。例えば、入力部 5240 は、電子機

10

20

30

40

50

器 5 2 0 0 B の使用者の操作に基づいて操作情報を供給する。

【 0 2 9 0 】

具体的には、キーボード、ハードウェアボタン、ポインティングデバイス、タッチセンサ、照度センサ、撮像装置、音声入力装置、視線入力装置、姿勢検出装置などを、入力部 5 2 4 0 に用いることができる。

【 0 2 9 1 】

表示部 5 2 3 0 は表示パネルおよび画像情報を表示する機能を有する。例えば、実施の形態 2 において説明する表示パネルを表示部 5 2 3 0 に用いることができる。

【 0 2 9 2 】

検知部 5 2 5 0 は検知情報を供給する機能を有する。例えば、電子機器が使用されている周辺の環境を検知して、検知情報として供給する機能を有する。 10

【 0 2 9 3 】

具体的には、照度センサ、撮像装置、姿勢検出装置、圧力センサ、人感センサなどを検知部 5 2 5 0 に用いることができる。

【 0 2 9 4 】

通信部 5 2 9 0 は通信情報を供給される機能および供給する機能を有する。例えば、無線通信または有線通信により、他の電子機器または通信網と接続する機能を有する。具体的には、無線構内通信、電話通信、近距離無線通信などの機能を有する。

【 0 2 9 5 】

図 12 (B) は、円筒状の柱などに沿った外形を有する電子機器を示す。一例として、デジタル・サイネージ等が挙げられる。本発明の一態様である表示パネルは、表示部 5 2 3 0 に適用することができる。なお、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を備えていても良い。また、人の存在を検知して、表示内容を変更する機能を有する。これにより、例えば、建物の柱に設置することができる。または、広告または案内等を表示することができる。 20

【 0 2 9 6 】

図 12 (C) は、使用者が使用するポインタの軌跡に基づいて画像情報を生成する機能を有する電子機器を示す。一例として、電子黒板、電子掲示板、電子看板等が挙げられる。具体的には、対角線の長さが 20 インチ以上、好ましくは 40 インチ以上、より好ましくは 55 インチ以上の表示パネルを用いることができる。または、複数の表示パネルを並べて 1 つの表示領域に用いることができる。または、複数の表示パネルを並べてマルチスクリーンに用いることができる。 30

【 0 2 9 7 】

図 12 (D) は、他の装置から情報を受信して、表示部 5 2 3 0 に表示することができる電子機器を示す。一例として、ウェアラブル型電子機器などが挙げられる。具体的には、いくつかの選択肢を表示できる、または、使用者が選択肢からいくつかを選択し、当該情報の送信元に返信することができる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、例えば、ウェアラブル型電子機器の消費電力を低減することができる。または、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をウェアラブル型電子機器に表示することができる。 40

【 0 2 9 8 】

図 12 (E) は、筐体の側面に沿って緩やかに曲がる曲面を備える表示部 5 2 3 0 を有する電子機器を示す。一例として、携帯電話などが挙げられる。なお、表示部 5 2 3 0 は表示パネルを備え、表示パネルは、例えば、前面、側面、上面および背面に表示する機能を有する。これにより、例えば、携帯電話の前面だけでなく、側面、上面および背面に情報を表示することができる。

【 0 2 9 9 】

図 13 (A) は、インターネットから情報を受信して、表示部 5 2 3 0 に表示することができる電子機器を示す。一例として、スマートフォンなどが挙げられる。例えば、作成したメッセージを表示部 5 2 3 0 で確認することができる。または、作成したメッセージを 50

他の装置に送信できる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、スマートフォンの消費電力を低減することができる。または、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をスマートフォンに表示することができる。

【0300】

図13(B)は、リモートコントローラーを入力部5240とすることができる電子機器を示す。一例として、テレビジョンシステムなどが挙げられる。例えば、放送局またはインターネットから情報を受信して、表示部5230に表示することができる。または、検知部5250を用いて使用者を撮影できる。または、使用者の映像を送信できる。または、使用者の視聴履歴を取得して、クラウド・サービスに提供できる。または、クラウド・サービスから、レコメンド情報を取得して、表示部5230に表示できる。または、レコメンド情報に基づいて、番組または動画を表示できる。または、例えば、使用環境の照度に応じて、表示方法を変更する機能を有する。これにより、晴天の日に屋内に差し込む強い外光が当たっても好適に使用できるように、映像をテレビジョンシステムに表示することができる。

10

【0301】

図13(C)は、インターネットから教材を受信して、表示部5230に表示することができる電子機器を示す。一例として、タブレットコンピュータなどが挙げられる。入力部5240を用いて、レポートを入力し、インターネットに送信することができる。または、クラウド・サービスから、レポートの添削結果または評価を取得して、表示部5230に表示することができる。または、評価に基づいて、好適な教材を選択し、表示することができる。

20

【0302】

例えば、他の電子機器から画像信号を受信して、表示部5230に表示することができる。または、スタンドなどに立てかけて、表示部5230をサブディスプレイに用いることができる。これにより、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に使用できるように、画像をタブレットコンピュータに表示することができる。

30

【0303】

図13(D)は、複数の表示部5230を有する電子機器を示す。一例として、デジタルカメラなどが挙げられる。例えば、検知部5250で撮影しながら表示部5230に表示することができる。または、撮影した映像を検知部に表示することができる。または、入力部5240を用いて、撮影した映像に装飾を施せる。または、撮影した映像にメッセージを添付できる。または、インターネットに送信できる。または、使用環境の照度に応じて、撮影条件を変更する機能を有する。これにより、例えば、晴天の屋外等の外光の強い環境においても好適に閲覧できるように、被写体をデジタルカメラに表示することができる。

【0304】

図13(E)は、他の電子機器をスレイプに用い、本実施の形態の電子機器をマスターに用いて、他の電子機器を制御することができる電子機器を示す。一例として、携帯可能なパーソナルコンピュータなどが挙げられる。例えば、画像情報の一部を表示部5230に表示し、画像情報の他の一部を他の電子機器の表示部に表示することができる。または、画像信号を供給することができる。または、通信部5290を用いて、他の電子機器の入力部から書き込む情報を取得できる。これにより、例えば、携帯可能なパーソナルコンピュータを用いて、広い表示領域を利用することができる。

40

【0305】

図14(A)は、加速度または方位を検知する検知部5250を有する電子機器を示す。一例として、ゴーグル型の電子機器などが挙げられる。検知部5250は、使用者の位置または使用者が向いている方向に係る情報を供給することができる。または、電子機器は、使用者の位置または使用者が向いている方向に基づいて、右目用の画像情報をおよび左目用の画像情報を生成することができる。または、表示部5230は、右目用の表示領域お

50

より左目用の表示領域を有する。これにより、例えば、没入感を得られる仮想現実空間の映像を、ゴーグル型の電子機器に表示することができる。

【0306】

図14(B)は、撮像装置、加速度または方位を検知する検知部5250を有する電子機器を示す。一例として、めがね型の電子機器などが挙げられる。検知部5250は、使用者の位置または使用者が向いている方向に係る情報を供給することができる。または、電子機器は、使用者の位置または使用者が向いている方向に基づいて、画像情報を生成することができる。これにより、例えば、現実の風景に情報を添付して表示することができる。または、拡張現実空間の映像を、めがね型の電子機器に表示することができる。

【0307】

なお、本実施の形態は、本明細書で示す他の実施の形態と適宜組み合わせることができる。

【0308】

(実施の形態6)

本実施の形態では、実施の形態2に記載の発光デバイスを照明装置として用いる構成について、図15により説明する。なお、図15(A)は、図15(B)に示す照明装置の上面図における線分e-fの断面図である。

【0309】

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、第1の電極401が形成されている。第1の電極401は実施の形態2における第1の電極101に相当する。第1の電極401側から発光を取り出す場合、第1の電極401は透光性を有する材料により形成する。

【0310】

第2の電極404に電圧を供給するためのパッド412が基板400上に形成される。

【0311】

第1の電極401上にはEL層403が形成されている。EL層403は実施の形態2におけるEL層103の構成に相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

【0312】

EL層403を覆って第2の電極404を形成する。第2の電極404は実施の形態2における第2の電極102に相当する。発光を第1の電極401側から取り出す場合、第2の電極404は反射率の高い材料によって形成される。第2の電極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給される。

【0313】

以上、第1の電極401、EL層403、及び第2の電極404を有する発光デバイスを本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光デバイスは発光効率の高い発光デバイスであるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができます。

【0314】

以上の構成を有する発光デバイスが形成された基板400と、封止基板407とをシール材405、406を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406(図15(B)では図示せず)には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

【0315】

また、パッド412と第1の電極401の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができます。また、その上にコンバーターなどを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0316】

(実施の形態7)

10

20

30

40

50

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光デバイスを適用して作製される照明装置の応用例について、図16を用いて説明する。

【0317】

室内の照明装置としては、シーリングライト8001として応用できる。シーリングライト8001には、天井直付型または天井埋め込み型がある。なお、このような照明装置は、発光装置を筐体またはカバーと組み合わせることにより構成される。その他にもコードペンダント型（天井からのコード吊り下げ式）への応用も可能である。

【0318】

また、足元灯8002は、床面に灯りを照射し、足元の安全性を高めることができる。例えば、寝室、階段、または通路などに使用するのが有効である。その場合、部屋の広さまたは構造に応じて、適宜サイズまたは形状を変えることができる。また、発光装置と支持台とを組み合わせて構成される据え置き型の照明装置とすることも可能である。

10

【0319】

また、シート状照明8003は、薄型のシート状の照明装置である。壁面に張り付けて使用するため、場所を取らず幅広い用途に用いることができる。なお、大面積化も容易である。なお、曲面を有する壁面または筐体に用いることもできる。

【0320】

また、光源からの光が所望の方向のみに制御された照明装置8004を用いることもできる。

20

【0321】

また、電気スタンド8005は、光源8006を有し、光源8006としては、本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光デバイスを適用することができる。

【0322】

なお、上記以外にも室内に備えられた家具の一部に本発明の一態様である発光装置、またはその一部である発光デバイスを適用することにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができます。

【0323】

以上のように、発光装置を適用した様々な照明装置が得られる。なお、これらの照明装置は本発明の一態様に含まれるものとする。

30

【0324】

また、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示した構成と適宜組み合わせて用いることができる。

【0325】

（実施の形態8）

本実施の形態では、本発明の一態様である表示装置に適用できる、発光デバイスおよび受光デバイスについて、図28を用いて説明する。

【0326】

本発明の一態様の表示装置810が有する発光デバイス805a、及び受光デバイス805bの断面概略図を、図28（A）に示す。

40

【0327】

発光デバイス805aは、光を発する機能（以下、発光機能とも記す）を有する。発光デバイス805aは、電極801a、EL層803a、及び電極802を有する。発光デバイス805aは、実施の形態2で示した有機ELを利用する発光デバイス（有機ELデバイス）であることが好ましい。したがって電極801aと電極802との間に挟持されるEL層803aは、少なくとも発光層を有する。発光層は、発光物質を有する。電極801aと電極802との間に電圧を印加することにより、EL層803aから光が射出される。EL層803aは、発光層に加えて、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、キャリア（正孔または電子）ブロック層、電荷発生層などの様々な層を有していてもよい。なお、発光デバイス805aのEL層803aには、本発明の一態様である混合材料を用いることができる。

50

【0328】

受光デバイス805bは、光を検出する機能（以下、受光機能とも記す）を有する。受光デバイス805bは、例えば、p-n型またはp-i-n型のフォトダイオードを用いることができる。受光デバイス805bは、電極801b、受光層803b、及び電極802を有する。電極801bと電極802との間に挟持される受光層803bは、少なくとも活性層を有する。受光デバイス805bは、光電変換デバイスとして機能し、受光層803bに入射する光によって電荷を発生させ、電流として取り出すことができる。この時、電極801bと電極802との間に電圧を印加してもよい。受光層803bに入射する光量に基づき、発生する電荷量が決まる。

【0329】

受光デバイス805bは、可視光を検出する機能を有する。受光デバイス805bは、可視光に感度を有する。受光デバイス805bは、可視光及び赤外光を検出する機能を有するとさらに好ましい。受光デバイス805bは、可視光、及び赤外光に感度を有することが好ましい。

【0330】

なお、本明細書等における青色（B）の波長領域とは、400nm以上490nm未満であり、青色（B）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、緑色（G）の波長領域とは、490nm以上580nm未満であり、緑色（G）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、赤色（R）の波長領域とは、580nm以上700nm未満であり、赤色（R）の光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、本明細書等において、可視光の波長領域とは、400nm以上700nm未満とし、可視光とは、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。また、赤外（IR）の波長領域とは、700nm以上900nm未満とし、赤外（IR）光は、該波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルのピークを有するとする。

【0331】

受光デバイス805bの受光層803bには、半導体を含む。当該半導体としては、シリコンなどの無機半導体、及び、有機化合物を含む有機半導体等が挙げられる。受光デバイス805bとしては、受光層803bに有機半導体を含む、有機半導体デバイス（または有機フォトダイオード）を用いることが好ましい。有機フォトダイオードは、薄型化、軽量化、及び大面积積化が容易であり、また、形状及びデザインの自由度が高いいため、様々な表示装置に適用できる。また、有機半導体を用いることで、発光デバイス805aが有するEL層803aと、受光デバイス805bが有する受光層803bと、を同じ方法（例えば、真空蒸着法）で形成することができ、共通の製造装置を使用ため好ましい。なお、受光デバイス805bの受光層803bには、本発明の一態様である混合材料を用いることができる。

【0332】

本発明の一態様の表示装置は、発光デバイス805aとして有機ELデバイスを用い、受光デバイス805bとして有機フォトダイオードを好適に用いることができる。有機ELデバイス及び有機フォトダイオードは、同一基板上に形成することができる。したがって、有機ELデバイスを用いた表示装置に有機フォトダイオードを内蔵することができる。本発明の一態様である表示装置は、画像を表示する機能に加えて、撮像機能及びセンシング機能の一方または双方も有する。

【0333】

電極801a及び電極801bは、同一面上に設けられる。図28(A)は、電極801a及び電極801bが基板800上に設けられる構成を示している。なお、電極801a及び電極801bは、例えば、基板800上に形成された導電膜を島状に加工することにより形成できる。つまり、電極801a及び電極801bは、同じ工程を経て形成することができる。

【0334】

10

20

30

40

50

基板 800 は、発光デバイス 805a 及び受光デバイス 805b の形成に耐えうる耐熱性を有する基板を用いることができる。基板 800 として、絶縁性基板を用いる場合には、ガラス基板、石英基板、サファイア基板、セラミック基板、有機樹脂基板などを用いることができる。また、シリコンまたは炭化シリコンなどを材料とした単結晶半導体基板、多結晶半導体基板、シリコンゲルマニウム等の化合物半導体基板、S O I 基板などの半導体基板を用いることができる。

【 0 3 3 5 】

特に、基板 800 として、前述の絶縁性基板または半導体基板上に、トランジスタなどの半導体素子を含む半導体回路が形成された基板を用いることが好ましい。当該半導体回路は、例えば、画素回路、ゲート線駆動回路（ゲートドライバ）、ソース線駆動回路（ソースドライバ）などを構成していることが好ましい。また、上記に加えて演算回路、記憶回路などが構成されていてもよい。

10

【 0 3 3 6 】

また、電極 802 は、発光デバイス 805a 及び受光デバイス 805b で共通する層からなる電極である。これらの電極のうち、光を射出させる、または光を入射させる側の電極には、可視光及び赤外光を透過する導電膜を用いる。光を射出させない、または光を入射させない側の電極には、可視光及び赤外光を反射する導電膜を用いることが好ましい。

20

【 0 3 3 7 】

本発明の一態様である表示装置における電極 802 は、発光デバイス 805a および受光デバイス 805b のそれぞれの一方の電極として機能する。

20

【 0 3 3 8 】

図 28 (B) は、発光デバイス 805a の電極 801a が、電極 802 よりも高い電位を有する場合について示す。この時、電極 801a は、発光デバイス 805a の陽極として機能し、電極 802 は、陰極として機能する。また、受光デバイス 805b の電極 801b は、電極 802 より低い電位を有する。なお、図 28 (B) では、電流の流れる向きを分かりやすくするため、発光デバイス 805a の左側に発光ダイオードの回路記号を示し、受光デバイス 805b の右側にフォトダイオードの回路記号を示している。また、キャリア（電子及びホール）の流れる向きを各デバイス中に模式的に矢印で示している。

【 0 3 3 9 】

図 28 (B) に示す構成の場合、発光デバイス 805a において、電極 801a に第 1 の配線を介して第 1 の電位が供給され、電極 802 に第 2 の配線を介して第 2 の電位が供給され、電極 801a に第 3 の配線を介して第 3 の電位が供給される時、各電位の大きさの関係は、第 1 の電位 > 第 2 の電位 > 第 3 の電位となる。

30

【 0 3 4 0 】

また、図 28 (C) は、発光デバイス 805a の電極 801a が、電極 802 よりも低い電位を有する場合について示す。この時、電極 801a は、発光デバイス 805a の陰極として機能し、電極 802 は、陽極として機能する。また、受光デバイス 805b の電極 801b は、電極 802 より低い電位を有し、かつ電極 801a よりも高い電位を有する。なお、図 28 (C) では、電流の流れる向きを分かりやすくするため、発光デバイス 805a の左側に発光ダイオードの回路記号を示し、受光デバイス 805b の右側にフォトダイオードの回路記号を示している。また、キャリア（電子及びホール）の流れる向きを各デバイス中に模式的に矢印で示している。

40

【 0 3 4 1 】

図 28 (C) に示す構成の場合、発光デバイス 805a において、電極 801a に第 1 の配線を介して第 1 の電位が供給され、電極 802 に第 2 の配線を介して第 2 の電位が供給され、電極 801a に第 3 の配線を介して第 3 の電位が供給される時、各電位の大きさの関係は、第 2 の電位 > 第 3 の電位 > 第 1 の電位となる。

【 0 3 4 2 】

なお、本実施の形態で示す受光デバイス 805b の精細度としては、100 ppi 以上、好ましくは 200 ppi 以上、より好ましくは 300 ppi 以上、より好ましくは 400

50

ppi 以上、さらに好ましくは 500 ppi 以上であって、2000 ppi 以下、1000 ppi 以下、または 600 ppi 以下などとすることができます。特に、200 ppi 以上 600 ppi 以下、好ましくは 300 ppi 以上 600 ppi 以下の精細度で受光デバイス 805 b を配置することで、指紋の撮像に好適に用いることができる。本発明の一態様の表示装置を用いて指紋認証を行う場合、受光デバイス 805 b の精細度を高くすることで、例えば、指紋の特徴点 (Minutia) を高い精度で抽出でき、指紋認証の精度を高めることができる。また、精細度が、500 ppi 以上であると、米国国立標準技術研究所 (NIST: National Institute of Standards and Technology) などの規格に準拠できるため、好適である。なお、受光デバイスの精細度を 500 ppi と仮定した場合、1画素あたり 50.8 μm のサイズとなり、指紋の幅 (代表的には、300 μm 以上 500 μm 以下) を撮像するには、十分な精細度であることがわかる。

10

20

【実施例 1】

【0343】

本実施例では、2種類の材料を用い、ガラス基板上に1種または2種類の材料を成膜して、膜構造の異なる（単層膜、積層膜、混合膜等）サンプルを作製し、各サンプルに対して耐熱性試験を行った。また、本実施例で用いた材料の熱物性を表1、化学式を以下に示す。

【0344】

【表1】

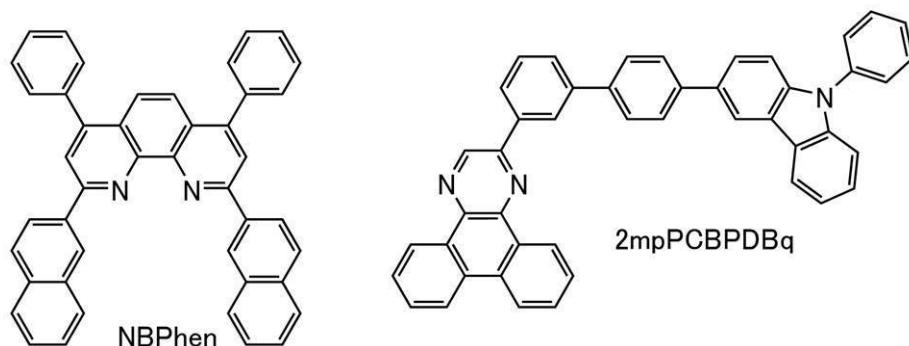
材料名	Tg(°C)	Tc(°C)	Tm(°C)
NBPhen	165	323(降温)	354
2mpPCBPDBq	125	—	—

*Tg:ガラス転移点(°C),Tc:結晶化温度(°C),Tm:融点(°C)

【0345】

30

【化12】



40

【0346】

次に、サンプル（サンプル1～サンプル4）の作製方法を示す。

【0347】

まず、真空蒸着装置を用いて、ガラス基板上に試料層を形成し、1 cm × 3 cm の短冊状に切り出した。次に、ベルジャー型加熱器（柴田科学（株）ベルジャー型バキュームオーブン BV-001）に基板を導入し、10 hPa 程度まで減圧してから、80 から 15

50

0 の範囲の設定温度で 1 時間焼成した。

【 0 3 4 8 】

サンプル 1 は、 1 種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に 2 , 9 - ジ (2 - ナフチル) - 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 1 0 - フェナントロリン (略称 : N B P h e n) を膜厚 1 0 n m となるように蒸着し、形成した。

【 0 3 4 9 】

サンプル 2 は、 1 種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に 2 - [4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 3 , 1 ' - ピフェニル - 1 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m p P C B P D B q) を膜厚 1 0 n m となるように蒸着し、形成した。

10

【 0 3 5 0 】

サンプル 3 は、複数の複素芳香族化合物を用いた積層膜であり、ガラス基板上に、 2 m p P C B P D B q を 1 0 n m 蒸着した後、 N B P h e n を 1 0 n m 蒸着し、形成した。

【 0 3 5 1 】

サンプル 4 は、複数の複素芳香族化合物を混合してなる単層膜であり、ガラス基板上に、 2 m p P C B P D B q と、 N B P h e n と、を重量比で 0 . 5 : 0 . 5 (= 2 m p P C B P D B q : N B P h e n) となるように 2 0 n m 共蒸着し、形成した。

【 0 3 5 2 】

このような方法で作製した各サンプルについて、目視および光学顕微鏡 (オリンパス (株) 半導体 / F P D 検査顕微鏡 M X 6 1 L) にて観察を行った。

20

【 0 3 5 3 】

本実施例で作製した試料の写真 (1 0 0 倍に拡大して暗視野観察) を図 1 7 に示す。

【 0 3 5 4 】

各サンプルの構造と、図 1 7 に基づく結果を以下の表 2 に示す。なお、表 2 中、○印は結晶が生成されなかったこと (結晶化なし) を示し、△印は、やや結晶化されたこと (やや結晶化あり) を示し、×印は、結晶が生成したこと (結晶化あり) を示す。

【 0 3 5 5 】

【 表 2 】

サンプル NO.	構造	rt	80°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C	150°C
1	NBPhen (10nm)	○	○	○	○	○	○	△	△
2	2mpPCBPDBq (10nm)	○	○	○	△ or ×	△ or ×	-	-	-
3	2mpPCBPDBq (10nm) \ NBPhen(10nm)	○	○	×	×	×	-	-	-
4	2mpPCBPDBq :NBPhen (0.5:0.5)(20nm)	○	○	○	○	○	○	○	○

30

* rt: 室温

40

○ : 結晶化なし、△ : やや結晶化あり、× : 結晶化あり (白濁)

【 0 3 5 6 】

以上の結果から、 1 種類の複素芳香族化合物の单膜 (サンプル 1 N B P h e n) では、高い温度まで結晶化せず (1 4 0 付近から結晶化) 、耐熱性が比較的良好な薄膜を形成できるが、一方で積層膜 (サンプル 3 2 m p P C B P D B q \ N B P h e n) とすることによって、低い温度 (1 0 0) で結晶化してしまうことがわかる。これに対して、 2 種類の複素芳香族化合物を混合してなる单膜 (サンプル 4 2 m p P C B P D B q : N B P h e n) では、積層膜 (サンプル 3 2 m p P C B P D B q \ N B P h e n) および单

50

膜（サンプル1 N B P h e n）の場合と比較して、高い温度（150）まで結晶化しないことがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合材料の単層膜は、薄膜状態においては低い温度で結晶化する材料であっても、混合することにより結晶化温度を向上する効果があることがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合材料の単層膜は、混合しない单膜と比較して耐熱性が飛躍的に向上することがわかる。

【0357】

また、本実施例で用いた、N B P h e n および 2 m p P C B P D B q は、それぞれを単膜で形成したサンプル1（N B P h e n）、およびサンプル2（2 m p P C B P D B q）の表2に示す結果において、いずれも表1に示すガラス転移点（Tg）よりも低い温度で結晶化する。すなわち、発光デバイスまたは有機半導体素子を形成する際に必要な膜厚程度（1 μmよりも薄い膜厚、例えば1 nm乃至100 nmの膜厚の有機薄膜）に薄膜化することにより、通常では起こりえない結晶化の現象がガラス転移点よりも低い温度で起こることがわかる。また、積層膜であるサンプル3（2 m p P C B P D B q \ N B P h e n）では、さらに低い温度（100）で結晶化することが明らかとなった。つまり、2 m p P C B P D B q と N B P h e n の分子間の相互作用の影響で Tg よりも低い温度での結晶化が促進されることが確認された。これに対して、2種類の複素芳香族化合物を混合してなる单膜（サンプル4 2 m p P C B P D B q : N B P h e n）での結晶化は、150まで観測されなかった。これは、2 m p P C B P D B q ガラス転移点（Tg）よりも大幅に高い温度である。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物からなる混合材料は、薄膜状態に置ける分子同士の相互作用による Tg よりも低い温度で結晶化する現象を抑制することができ、薄膜化した際に安定なガラス状態の膜を維持することができるため、結晶化を抑制する効果があり、耐熱性の高い材料であるといえる。この様に高い耐熱性の薄膜を用いることで高耐熱性の発光デバイスまたは有機半導体素子を提供することが可能となる。

【実施例2】

【0358】

本実施例では、2種類の材料を用い、ガラス基板上に1種または2種類の材料を成膜して、膜構造の異なる（単層膜、積層膜、混合膜等）サンプルを作製し、各サンプルに対して耐熱性試験を行った。また、本実施例で用いた材料の熱物性を表3、化学式を以下に示す。

【0359】

【表3】

材料名	Tg(°C)	Tc(°C)	Tm(°C)
NBPhen	165	323(降温)	354
8BP-4mDBtPBfpm	111	163	266

*Tg:ガラス転移点(°C), Tc:結晶化温度(°C), Tm:融点(°C)

【0360】

10

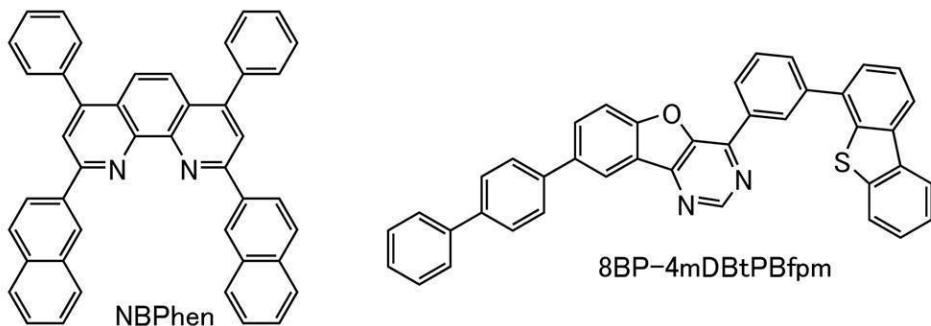
20

30

40

50

【化13】



10

【0361】

次に、サンプル（サンプル5～サンプル8）の作製方法を示す。

【0362】

まず、真空蒸着装置を用いて、ガラス基板上に試料層を形成し、 $1\text{ cm} \times 3\text{ cm}$ の短冊状に切り出した。次に、ベルジャー型加熱器（柴田科学（株）ベルジャー型バキュームオーブンBV-001）に基板を導入し、 10 hPa 程度まで減圧してから、80から150の範囲の設定温度で1時間焼成した。
20

【0363】

サンプル5は、1種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に2,9-ジ(2-ナフチル)-4,7-ジフェニル-1,10-フェナントロリン（略称：NBPhen）を膜厚10nmとなるように蒸着し、形成した。

【0364】

サンプル6は、1種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に8-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン（略称：8BP-4mDBtPBfpm）を膜厚10nmとなるように蒸着し、形成した。
30

【0365】

サンプル7は、複数の複素芳香族化合物を用いた積層膜であり、ガラス基板上に、8BP-4mDBtPBfpmを10nm蒸着した後、NBPhenを10nm蒸着し、形成した。

【0366】

サンプル8は、複数の複素芳香族化合物を混合してなる単層膜であり、ガラス基板上に、8BP-4mDBtPBfpmと、NBPhenと、を重量比で0.5:0.5(=8BP-4mDBtPBfpm:NBPhen)となるように20nm共蒸着し、形成した。

【0367】

このような方法で作製した各サンプルについて、目視および光学顕微鏡（オリンパス（株）半導体/FPD検査顕微鏡 MX61L）にて観察を行った。
40

【0368】

本実施例で作製した試料の写真（100倍に拡大して暗視野観察）を図18に示す。

【0369】

各サンプルの構造と、図18に基づく結果を以下の表4に示す。なお、表4中、○印は結晶が生成されなかったこと（結晶化なし）を示し、（白三角）印は、やや結晶化されたこと（やや結晶化あり）を示し、×印は、結晶が生成したこと（結晶化あり）、（黒三角）印は、エッジのみ結晶化されたこと（エッジのみ結晶化あり）を示す。

【0370】

50

【表4】

サンプル NO.	構造	rt	80°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C	150°C
5	NBPhen(10nm)	○	○	○	○	○	○	△	△
6	8Bp-4mDBtPBfpm (10nm)	○	○	○	○	○	○	○	○
7	8Bp-4mDBtPBfpm (10nm)\NBPhen (10nm)	○	△	×	×	×	-	-	-
8	8Bp-4mDBtPBfpm:NBPhen (0.5:0.5)(20nm)	○	○	▲	▲	▲	-	-	-

* rt:室温

○：結晶化なし、△：やや結晶化あり、×：結晶化あり（白濁）、▲：エッジのみ結晶化あり

【0371】

以上の結果から、1種類の複素芳香族化合物の単膜（サンプル5 NBPhen）では、高い温度まで結晶化せず（140付近から結晶化）、耐熱性が比較的良好な薄膜を形成できるが、一方で積層膜（サンプル7 8Bp-4mDBtPBfpm\NBPhen）とすることによって、低い温度（80）で膜の全面が結晶化してしまうことがわかる。これに対して、2種類の複素芳香族化合物を混合してなる単膜（混合膜）（サンプル8 8Bp-4mDBtPBfpm:NBPhen）では、100付近からエッジのみ結晶化がみられたが耐熱試験温度を上げても膜の全面に結晶化が進行しないことがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合膜は、薄膜状態においては低い温度で結晶化する材料であっても、混合することにより結晶化温度を向上する効果があることがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合膜は、積層膜と比較して耐熱性が飛躍的に向上することがわかる。

【0372】

また、表4に示すように、単膜であるサンプル5（NBPhen）は、表3に示すガラス転移点（Tg）よりも低い温度で結晶化したが、単膜である、サンプル6（8Bp-4mDBtPBfpm）は、Tgよりも高い温度でも結晶化がみられなかった。しかし、これらの積層膜であるサンプル7（8Bp-4mDBtPBfpm\NBPhen）では、単膜（サンプル5、サンプル6）の材料のTgよりも低い温度（80）で膜の全面が結晶化することから8Bp-4mDBtPBfpmとNBPhenの分子間の相互作用の影響でTgよりも低い温度での結晶化が促進されることが確認された。これに対して、2種類の複素芳香族化合物を混合してなる単膜（サンプル8 8Bp-4mDBtPBfpm:NBPhen）は100付近からエッジのみ結晶化がみられたが耐熱試験温度を上げても膜の全面に結晶化が進行しないことがわかった。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物からなる混合材料は、薄膜状態に置ける分子同士の相互作用によるTgよりも低い温度で結晶化する現象を抑制することができ、薄膜化した際に安定なガラス状態の膜を維持することができるため、結晶化を抑制する効果があり、耐熱性の高い材料であるといえる。この様に高い耐熱性の薄膜を用いることで高耐熱性の、発光デバイスまたは有機半導体素子を提供することが可能となる。

【実施例3】

【0373】

本実施例では、2種類の材料を用い、ガラス基板上に1種または2種類の材料を成膜して、膜構造の異なる（単層膜、積層膜、混合膜等）サンプルを作製し、各サンプルに対して耐熱性試験を行った。また、本実施例で用いた材料の熱物性を表5、化学式を以下に示す

10

20

30

40

50

【 0 3 7 4 】
【 表 5 】

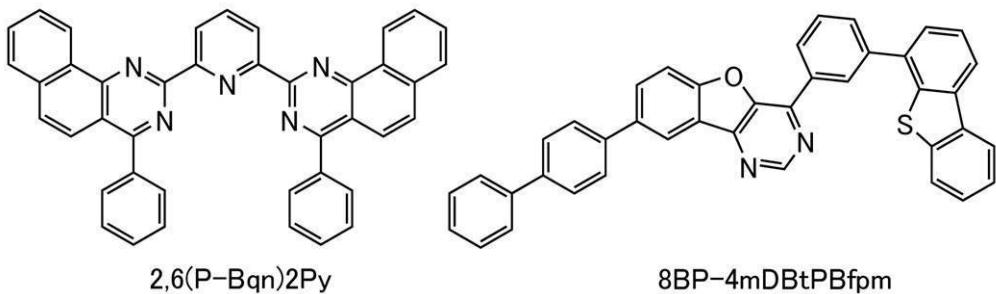
材料名	Tg(°C)	Tc(°C)	Tm(°C)
2,6(P-Bqn)2Py	—	—	322
8BP-4mDBtPBfpm	111	163	266

*Tg:ガラス転移点(°C), Tc:結晶化温度(°C), Tm:融点(°C)

10

20

【 0 3 7 5 】
【 化 1 4 】



30

【 0 3 7 6 】

次に、サンプル（サンプル 9 ~ サンプル 12）の作製方法を示す。

【 0 3 7 7 】

まず、真空蒸着装置を用いて、ガラス基板上に試料層を形成し、1 cm × 3 cm の短冊状に切り出した。次に、ベルジャー型加熱器（柴田科学（株）ベルジャー型バキュームオーブン B V - 0 0 1）に基板を導入し、10 hPa 程度まで減圧してから、80 から 150 の範囲の設定温度で 1 時間焼成した。

【 0 3 7 8 】

サンプル 9 は、1種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に 2,2'-(ピリジン-2,6-ジイル)ビス(4-フェニルベンゾ[*h*]キナゾリン)（略称：2,6(P-Bqn)2Py）を膜厚 10 nm となるように蒸着し、形成した。

【 0 3 7 9 】

サンプル 10 は、1種類の複素芳香族化合物を用いた単層膜であり、ガラス基板上に 8-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-4-[3-(ジベンゾチオフェン-4-イル)フェニル]-[1]ベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン（略称：8BP-4mDBtPBfpm）を膜厚 10 nm となるように蒸着し、形成した。

【 0 3 8 0 】

サンプル 11 は、複数の複素芳香族化合物を用いた積層膜であり、ガラス基板上に、8BP-4mDBtPBfpm を 10 nm 蒸着した後、2,6(P-Bqn)2Py を 10 nm 蒸着し、形成した。

【 0 3 8 1 】

サンプル 12 は、複数の複素芳香族化合物を混合してなる单層膜であり、ガラス基板上に、8BP-4mDBtPBfpm と、2,6(P-Bqn)2Py と、を重量比で 0.5

50

: 0 . 5 (= 8 B P - 4 m D B t P B f p m : 2 , 6 (P - B q n) 2 P y) となるよう
に 2 0 n m 共蒸着し、形成した。

【 0 3 8 2 】

このような方法で作製した各サンプルについて、目視および光学顕微鏡（オリンパス（株）半導体 / F P D 検査顕微鏡 M X 6 1 L ）にて観察を行った。

【 0 3 8 3 】

本実施例で作製した試料の写真（100倍に拡大して暗視野観察）を図19に示す。

【 0 3 8 4 】

各サンプルの構造と、図19に基づく結果を以下の表6に示す。なお、表6中、○印は結晶が生成されなかったこと（結晶化なし）を示し、△（白三角）印は、やや結晶化されたこと（やや結晶化あり）を示し、×印は、結晶が生成したこと（結晶化あり）、▲（黒三角）印は、エッジのみ結晶化されたこと（エッジのみ結晶化あり）を示す。

10

【 0 3 8 5 】

【表6】

サンプル NO.	構造	rt	80°C	100°C	110°C	120°C	130°C	140°C	150°C
9	2,6(P-Bqn)2Py(10nm)	○	○	○	△	△	×	×	×
10	8Bp-4mDBtPBfpm(10nm)	○	○	○	○	○	○	○	○
11	8Bp-4mDBtPBfpm(10nm)＼ 2,6(P-Bqn)2Py(10nm)	○	×	×	×	×	×	×	×
12	8Bp-4mDBtPBfpm:2,6(P-Bqn)2Py (0.5:0.5)(20nm)	○	○	▲	▲	▲	▲	▲	▲

* rt:室温

○：結晶化なし、△：やや結晶化あり、×：結晶化あり（白濁）、▲：エッジのみ結晶化あり

20

【 0 3 8 6 】

以上の結果から、1種類の複素芳香族化合物の単膜（サンプル9 2 , 6 (P - B q n) 2 P y ）では、高い温度まで結晶化せず（110付近から結晶化）、耐熱性が比較的良好な薄膜を形成できるが、一方で積層膜（サンプル11 8 B P - 4 m D B t P B f p m \ 2 , 6 (P - B q n) 2 P y ）とすることによって、低い温度（80）で膜の全面が結晶化してしまうことがわかる。これに対して、2種類の複素芳香族化合物を混合してなる単膜（サンプル12 8 B P - 4 m D B t P B f p m : 2 , 6 (P - B q n) 2 P y ）では、100付近からエッジのみ結晶化がみられたが耐熱試験温度を上げても膜の全面に結晶化が進行しないことがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合材料の単層膜は、薄膜状態においては低い温度で結晶化する材料であっても、混合することにより結晶化温度を向上する効果があることがわかる。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物を混合して得られる混合材料の単層膜は、積層膜と比較して耐熱性が飛躍的に向上することがわかる。

30

【 0 3 8 7 】

また、本実施例で用いた、2 , 6 (P - B q n) 2 P y および 8 B P - 4 m D B t P B f p m は、それぞれを単膜で形成したサンプル9 (2 , 6 (P - B q n) 2 P y) 、およびサンプル10 (8 B P - 4 m D B t P B f p m) の表6に示す結果において、表5に示すガラス転移点 (T g) は 2 , 6 (P - B q n) 2 P y は T g が観測されなかったが、110 から結晶化が確認された。8 B P - 4 m D B t P B f p m は T g よりも高い温度でも結晶化がみられなかった。しかし、これらの積層膜であるサンプル11 (8 B P - 4 m D B t P B f p m \ 2 , 6 (P - B q n) 2 P y) では、単膜（サンプル9、サンプル10

40

50

)よりも低い温度(80)で膜の全面が結晶化することから2,6(P-Bq n)2Pyと8BP-4mDBtPBFpmの分子間の相互作用の影響でTgよりも低い温度にもかかわらず結晶化が促進されることが確認された。これに対して、2種類の複素芳香族化合物を混合してなる単膜(サンプル12 8BP-4mDBtPBFpm:2,6(P-Bq n)2Py)は100付近からエッジのみ結晶化がみられたが耐熱試験温度を上げても膜の全面に結晶化が進行しないことがわかった。したがって、本発明の一態様である複数の複素芳香族化合物からなる混合材料は、薄膜状態に置ける分子同士の相互作用によるTgよりも低い温度で結晶化する現象を抑制することができ、薄膜化した際に安定なガラス状態の膜を維持することができるため、結晶化を抑制する効果があり、耐熱性の高い材料であるといえる。この様に高い耐熱性の薄膜を用いることで高耐熱性の、発光デバイスまたは有機半導体素子を提供することが可能となる。

10

【実施例4】

【0388】

実施例1の結果から、本発明の一態様である発光デバイスの電子輸送層に用いる、複素芳香族化合物と有機化合物は、これらを混合膜とすることで、これらの単層膜を積層させた積層膜に比べて耐熱性が向上することがわかったため、電子輸送層に複素芳香族化合物と有機化合物との混合膜を用いた発光デバイス1と、複素芳香族化合物と有機化合物との積層膜を用いた比較発光デバイス1をそれぞれ作製し、各デバイスの特性比較を行った。以下に、素子構造、およびその特性について説明する。なお、本実施例で用いる発光デバイス1および比較発光デバイス1の具体的な構成について表7に示す。また、本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す。

20

【0389】

【表7】

	膜厚	発光デバイス1	比較発光デバイス1
第2の電極	200 nm	Al	
電子注入層	1 nm	LiF	
電子輸送層	30 nm	2mpPCBPDBq:NBPhen (1:1)	NBPhen (20 nm)
			2mpPCBPDBq (10 nm)
発光層	50 nm	2mpPCBPDBq:PCBBiF:Ir(tBu ppm) ₃ (0.8:0.2:0.05)	
正孔輸送層	50 nm	PCBBiF	
正孔注入層	10 nm	PCBBiF:OCHD-003 (1:0.03)	
第1の電極	70 nm	ITSO	

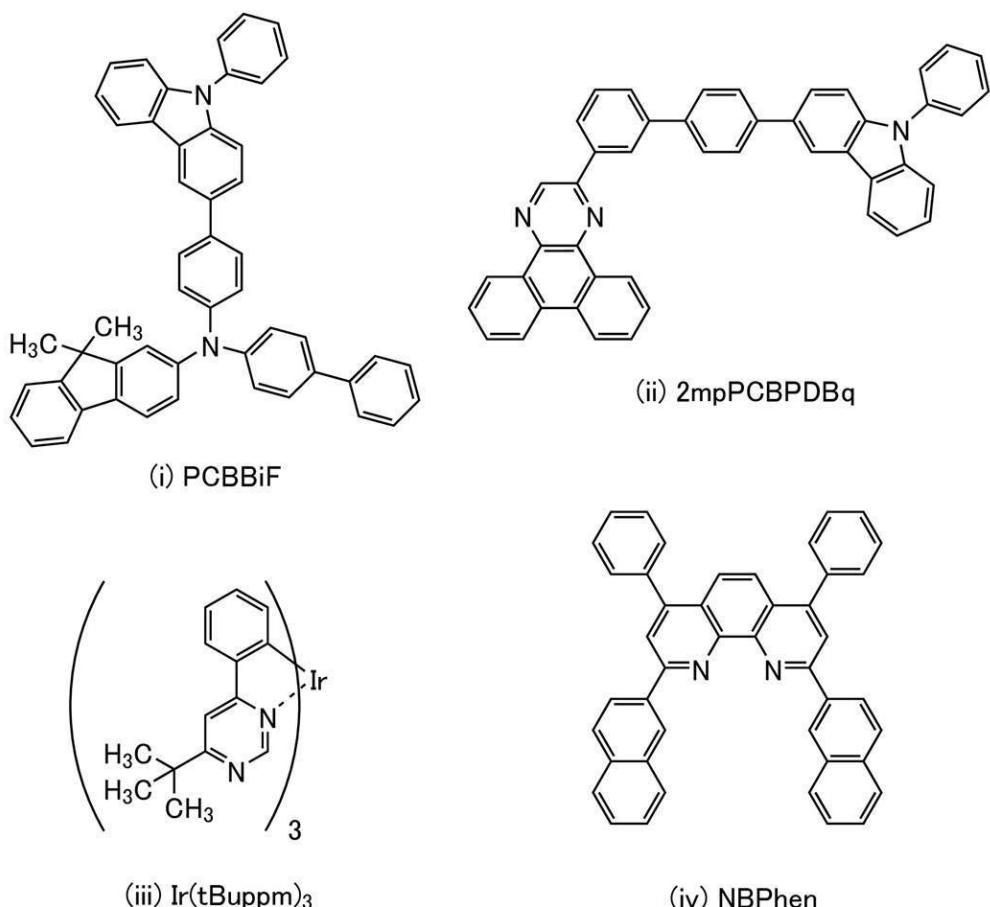
30

【0390】

40

50

【化 1 5】



【 0 3 9 1 】

発光デバイス 1 の作製

本実施例で示す発光デバイス1は、図20に示すように基板900上に形成された第1の電極901上に正孔注入層911、正孔輸送層912、発光層913、電子輸送層914および電子注入層915が順次積層され、電子注入層915上に第2の電極903が積層された構造を有する。

〔 0 3 9 2 〕

まず、基板 900 上に第 1 の電極 901 を形成した。電極面積は、 4 mm^2 ($2 \text{ mm} \times 2 \text{ mm}$)とした。また、基板 900 には、ガラス基板を用いた。また、第 1 の電極 901 は、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法により、 70 nm の膜厚で成膜して形成した。

〔 0 3 9 3 〕

ここで、前処理として、基板の表面を水で洗浄し、200 °C で1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。その後、 10^{-4} Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 °C で60分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

(0 3 9 4)

次に、第1の電極901上に正孔注入層911を形成した。正孔注入層911は、真空蒸着装置内を 10^{-4} Paに減圧した後、上記構造式(i)で表されるN-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)と分子量672でフッ素を含む電子アクセプタ材料(OCHD-003)とを、重量比で1

: 0 . 0 3 (= P C B B i F : O C H D - 0 0 3) となるように 1 0 n m 共蒸着して形成した。

【 0 3 9 5 】

次に、正孔注入層 9 1 1 上に正孔輸送層 9 1 2 を形成した。正孔輸送層 9 1 2 は、P C B B i F を用い、5 0 n m 蒸着して形成した。

【 0 3 9 6 】

次に、正孔輸送層 9 1 2 上に発光層 9 1 3 を形成した。

【 0 3 9 7 】

発光層 9 1 3 は、上記構造式 (i i) で表される 2 - [4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) - 3 , 1 ' - ビフェニル - 1 - イル] ジベンゾ [f , h] キノキサリン (略称 : 2 m p P C B P D B q) と、P C B B i F と、上記構造式 (i i i) で表されるトリス (4 - t - ブチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (I I I) (略称 : I r (t B u p p m) 3) とを、重量比で 2 m p P C B P D B q : P C B B i F : I r (t B u p p m) 3 = 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5 となるように、5 0 n m 共蒸着して形成した。
10

【 0 3 9 8 】

次に、発光層 9 1 3 上に電子輸送層 9 1 4 を形成した。電子輸送層 9 1 4 は、上記構造式 (i v) で表される 2 m p P C B P D B q と、2 , 9 - ジ (2 - ナフチル) - 4 , 7 - ジフェニル - 1 , 1 0 - フェナントロリン (略称 : N B P h e n) とを、重量比で 2 m p P C B P D B q : N B P h e n = 1 : 1 となるように 3 0 n m 共蒸着して形成した。
20

【 0 3 9 9 】

次に、電子輸送層 9 1 4 上に電子注入層 9 1 5 を形成した。電子注入層 9 1 5 は、フッ化リチウム (L i F) を用い、膜厚が 1 n m になるように蒸着して形成した。

【 0 4 0 0 】

次に、電子注入層 9 1 5 上に第 2 の電極 9 0 3 を形成した。第 2 の電極 9 0 3 は、アルミニウムを蒸着法により、膜厚が 2 0 0 n m となるように形成した。なお、本実施例において、第 2 の電極 9 0 3 は、陰極として機能する。

【 0 4 0 1 】

以上の工程により、基板 9 0 0 上に一対の電極間に E L 層を挟んでなる発光デバイス 1 を形成した。なお、上記工程で説明した正孔注入層 9 1 1 、正孔輸送層 9 1 2 、発光層 9 1 3 、電子輸送層 9 1 4 、電子注入層 9 1 5 は、本発明の一態様における E L 層を構成する機能層である。また、上述した作製方法における蒸着工程では、全て抵抗加熱法による蒸着法を用いた。
30

【 0 4 0 2 】

作製した発光デバイス 1 は、大気に曝されないように窒素雰囲気のグローブボックス内において封止した (シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に U V 处理、及び 8 0 °C にて 1 時間熱処理) 。

【 0 4 0 3 】

比較発光デバイス 1 の作製

比較発光デバイス 1 は、電子輸送層 9 1 4 として 2 m p P C B P D B q と、N B P h e n と、を共蒸着して形成する代わりに、2 m p P C B P D B q を 1 0 n m 蒸着した後、N B P h e n を 2 0 n m 蒸着して形成し、発光デバイス 1 と同様に作製した。
40

【 0 4 0 4 】

発光デバイス 1 の動作特性

発光デバイス 1 および比較発光デバイス 1 の輝度 - 電流密度特性を図 2 1 に、電流効率 - 輝度特性を図 2 2 に、輝度 - 電圧特性を図 2 3 に、電流 - 電圧特性を図 2 4 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 2 5 に、発光スペクトルを図 2 6 にそれぞれ示す。また、発光デバイス 1 および比較発光デバイス 1 の 1 0 0 0 c d / m² 付近における主な特性を表 8 に示す。なお、輝度、CIE 色度、及び発光スペクトルの測定には分光放射計 (トプコン社製、S R - U L 1 R) を用い、常温で測定した。
50

【0405】

【表8】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光デバイス1	2.9	0.06	1.6	0.40	0.58	61.9	17.3
比較発光デバイス1	2.9	0.05	1.4	0.41	0.58	61.7	17.4

【0406】

10

図21乃至図26及び表8に示す結果より、本発明の一態様である発光デバイス1は、比較発光デバイス1と同等の動作特性を示すことがわかった。

【0407】

次に、各発光デバイスに対する信頼性試験を行った。発光デバイス1および比較発光デバイス1の信頼性試験の結果を図27に示す。図27において、縦軸は初期輝度を100%とした時の規格化輝度(%)を示し、横軸はデバイスの駆動時間(h)を示す。なお、信頼性試験として、各発光デバイスに対して、50mA/cm²の定電流密度での駆動試験を行った。

【0408】

図27に示す結果より、本発明の一態様である発光デバイス1は、比較発光デバイスと同等の良好な信頼性を有することが示された。

20

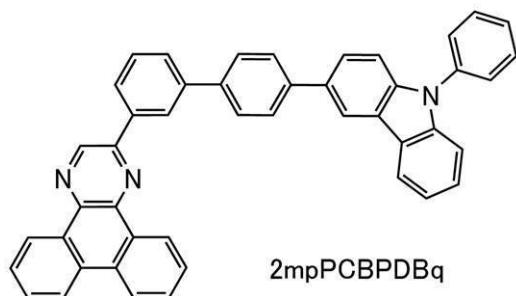
【実施例5】

【0409】

本実施例では、実施例1および実施例2で使用した、2-[4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)-3,1'-ビフェニル-1-イル]ジベンゾ[*f*,*h*]キノキサリン(略称：2mpPCBPD**B**q)の合成法について説明する。2mpPCBPD**B**qの構造式を以下に示す。

【0410】

【化16】



30

【0411】

40

2mpPCBPD Bqの合成

2-(3-クロロフェニル)ジベンゾ[*f*,*h*]キノキサリンを81.8g(0.24mol)と、4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニルボロン酸を9.6g(0.26mol)と、フッ化セシウムを109g(0.72mmol)と、メチレン1.2Lを3L三口フラスコに入れたのち、減圧脱気してから、系内を窒素気流下とした。この混合物へ、トリス(ジベンジリデンアセトン)ジパラジウム(0)(Pd₂(dba)₃)を0.66g(7.2mmol)と、2'-(ジシクロヘキシリホスフィノ)アセトフェノンエチレンケタールを5.2g(14.4mmol)加え、この混合物を120℃で3時間攪拌した。

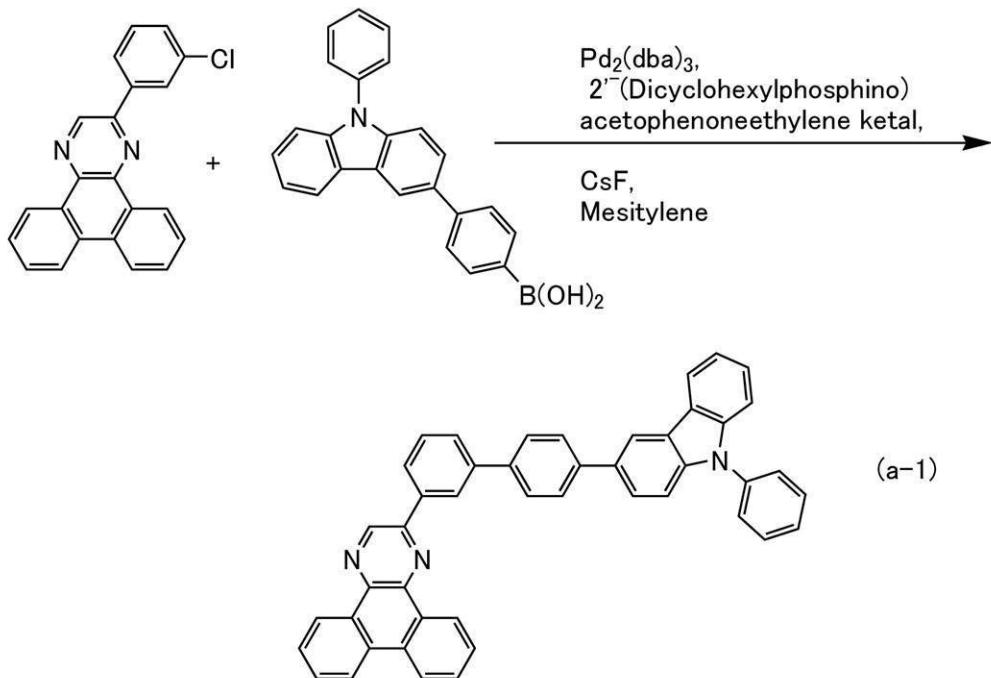
50

【0412】

搅拌後、得られた混合物を室温まで冷却した後、1 Lのエタノールを加えて15時間搅拌した。搅拌後、析出した固体を吸引ろ過により回収し、回収した固体を2 Lの水で洗浄し、再び吸引ろ過により回収し、水とエタノールで洗い流した。得られた固体を乾燥してから、5 Lの熱トルエンを用いてセライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：537-02305）、アルミナを通して吸引ろ過を行った後乾燥したところ、目的物の白色粉末127 g（収率：87%）を得た。合成スキームを下記式（a-1）に示す。

【0413】

【化17】



10

20

30

【0414】

得られた固体をトレインサブリメーション法により、昇華精製した。昇華精製は、得られた固体118 gを380 °Cで15時間加熱して行った。昇華精製時の圧力は0.83 Pa、アルゴン流量は100 sccmとした。昇華精製後、目的物の固体を102 g、回収率87%で得た。

【0415】

上記で得られた固体の核磁気共鳴分光法（¹H-NMR）による分析結果を下記に示す。この結果から、本実施例において、2mpPCBPDBqが得られたことがわかった。

【0416】

¹H-NMR（クロロホルム-d, 500 MHz）: δ = 7.32 - 7.35 (m, 1 H), 7.446 (s, 1 H), 7.454 (s, 1 H), 7.49 - 7.53 (m, 2 H), 7.61 - 7.66 (m, 4 H), 7.71 - 7.92 (m, 11 H), 8.24 (d, J = 8.0 Hz, 1 H), 8.33 (d, J = 8.0 Hz, 1 H), 8.46 (s d, J = 1.0 Hz, 1 H), 8.67 - 8.68 (m, 3 H), 9.26 (dd, J = 7.8 Hz, J = 1.3 Hz, 1 H), 9.47 (dd, J = 8.0 Hz, J = 1.5 Hz, 1 H), 9.48 (s, 1 H).

40

【符号の説明】

【0417】

101 第1の電極

102 第2の電極

103a E L層

50

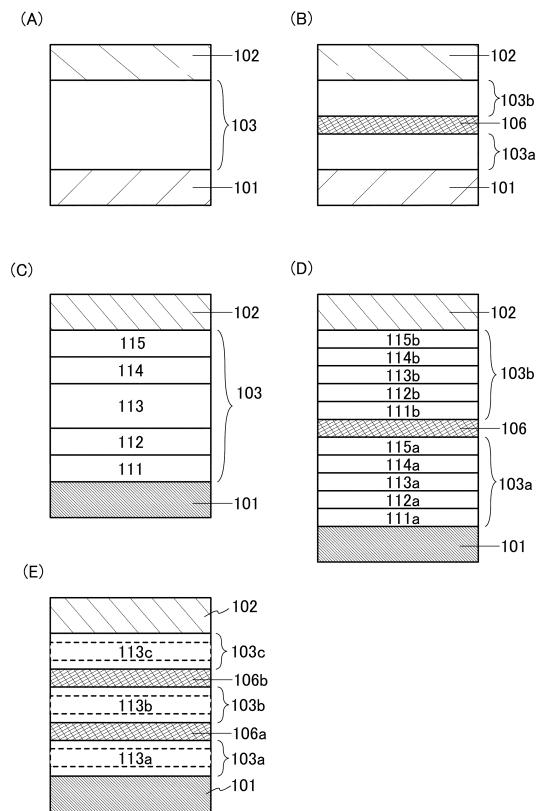
1 0 3 B	E L 層	
1 0 3 b	E L 層	
1 0 3 G	E L 層	
1 0 3 R	E L 層	
1 0 3	E L 層	
1 0 4 B	輸送層	
1 0 4 G	輸送層	
1 0 4 R	輸送層	
1 0 6	電荷発生層	
1 0 7 B	絶縁層	10
1 0 7 G	絶縁層	
1 0 7 R	絶縁層	
1 0 7	絶縁層	
1 0 8 B	電子輸送層	
1 0 8 G	電子輸送層	
1 0 8 R	電子輸送層	
1 0 9	電子注入層	
1 1 0 B	犠牲層	
1 1 0 G	犠牲層	
1 1 0 R	犠牲層	20
1 1 1 a	正孔注入層	
1 1 1 b	正孔注入層	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2 a	正孔輸送層	
1 1 2 b	正孔輸送層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3 a	発光層	
1 1 3 b	発光層	
1 1 3 c	発光層	
1 1 3	発光層	30
1 1 4 b	電子輸送層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5 b	電子注入層	
1 1 5	電子注入層	
1 3 0	接続部	
2 3 1	表示領域	
4 0 0	基板	
4 0 1	第1の電極	
4 0 3	E L 層	
4 0 4	第2の電極	40
4 0 5	シール材	
4 0 6	シール材	
4 0 7	封止基板	
4 1 2	パッド	
4 2 0	I C チップ	
5 0 1 C	絶縁膜	
5 0 1 D	絶縁膜	
5 0 4	導電膜	
5 0 6	絶縁膜	
5 0 8 A	領域	50

5 0 8 B	領域	
5 0 8 C	領域	
5 0 8	半導体膜	
5 1 0	第1の基板	
5 1 2 A	導電膜	
5 1 2 B	導電膜	
5 1 6 A	絶縁膜	
5 1 6 B	絶縁膜	
5 1 6	絶縁膜	10
5 1 8	絶縁膜	
5 1 9	端子	
5 2 0	機能層	
5 2 4	導電膜	
5 2 8	隔壁	
5 3 0 B	画素回路	
5 3 0 G	画素回路	
5 5 0 B	発光デバイス	
5 5 0 G	発光デバイス	
5 5 0 R	発光デバイス	
5 5 1 B	電極	20
5 5 1 C	接続電極	
5 5 1 G	電極	
5 5 1 R	電極	
5 5 2	電極	
5 8 0	間隙	
5 9 1 B	開口部	
5 9 1 G	開口部	
7 0 0	発光装置	
7 0 2 B	画素	
7 0 2 G	画素	30
7 0 2 R	画素	
7 0 3	画素	
7 0 5	絶縁層	
7 7 0	第2の基板	
8 0 0	基板	
8 0 1 a	電極	
8 0 1 b	電極	
8 0 2	電極	
8 0 3 a	E L層	
8 0 3 b	受光層	40
8 0 5 a	発光デバイス	
8 0 5 b	受光デバイス	
8 1 0	表示装置	
9 0 0	基板	
9 0 1	第1の電極	
9 0 3	第2の電極	
9 1 1	正孔注入層	
9 1 2	正孔輸送層	
9 1 3	発光層	
9 1 4	電子輸送層	50

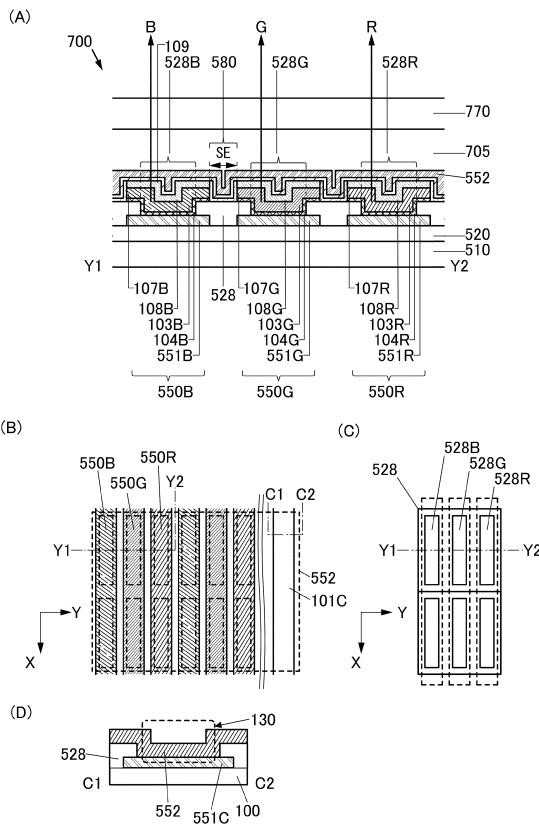
9 1 5 電子注入層
 9 5 1 基板
 9 5 2 電極
 9 5 3 絶縁層
 9 5 4 隔壁層
 9 5 5 E L 層
 9 5 6 電極
 5 2 0 0 B 電子機器
 5 2 1 0 演算装置
 5 2 2 0 入出力装置
 5 2 3 0 表示部
 5 2 4 0 入力部
 5 2 5 0 検知部
 5 2 9 0 通信部
 8 0 0 1 シーリングライト
 8 0 0 2 足元灯
 8 0 0 3 シート状照明
 8 0 0 4 照明装置
 8 0 0 5 電気スタンド
 8 0 0 6 光源

【図面】

【図1】



【図2】



10

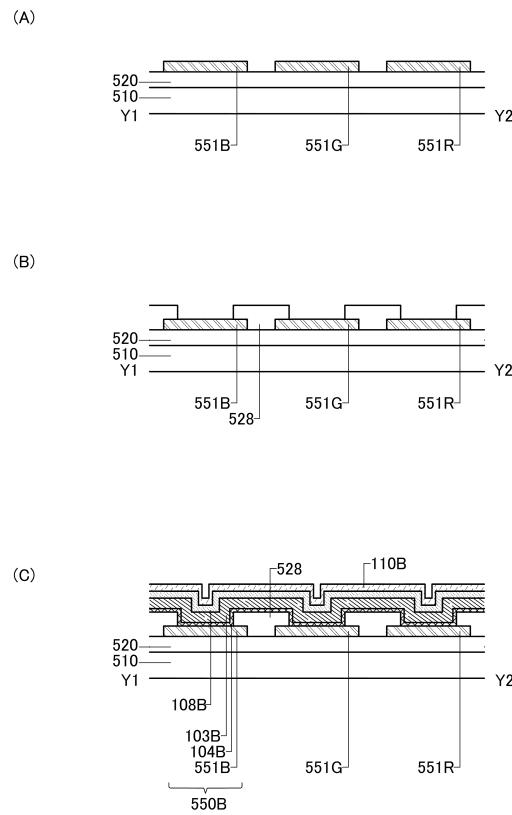
20

30

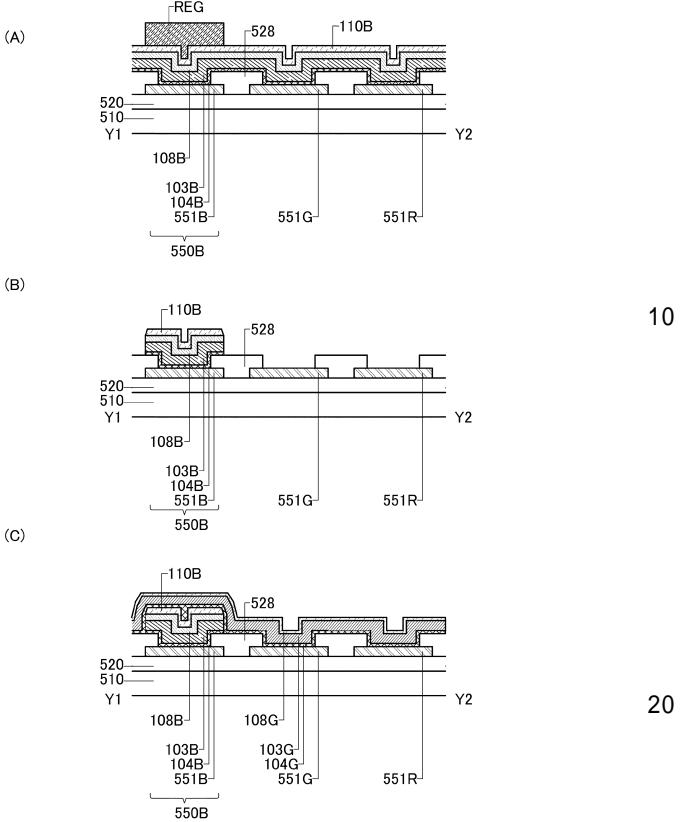
40

50

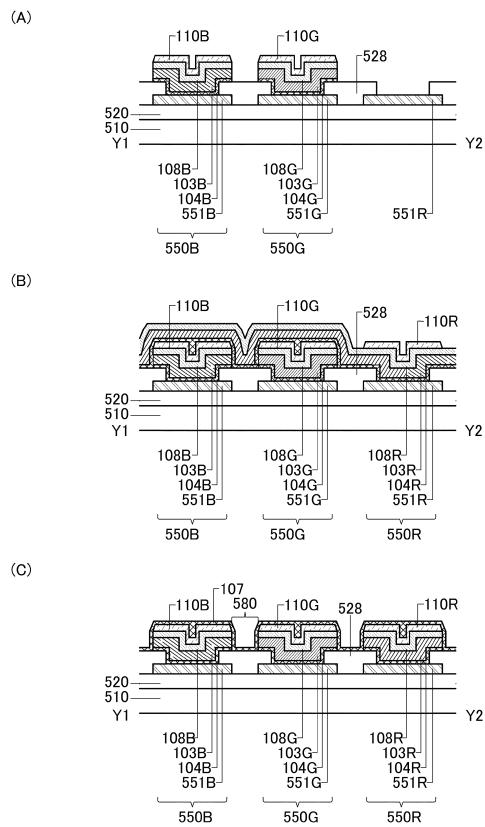
【図3】



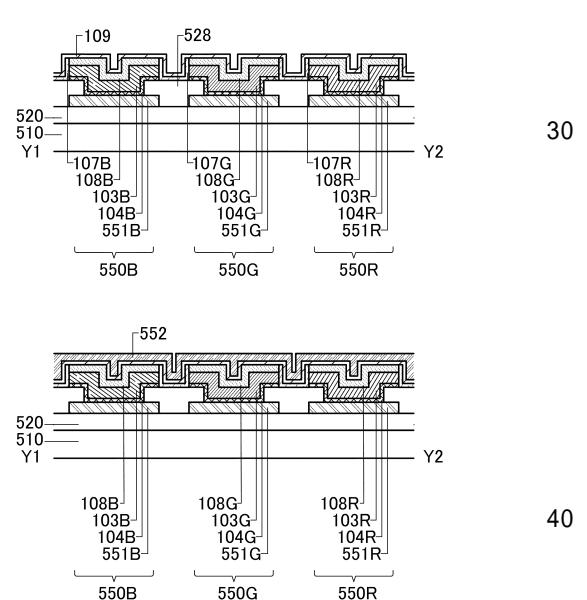
【図4】



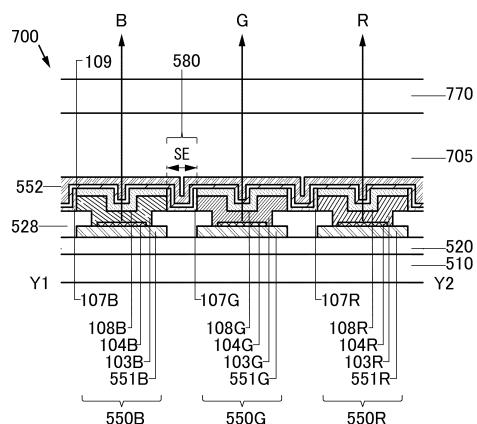
【図5】



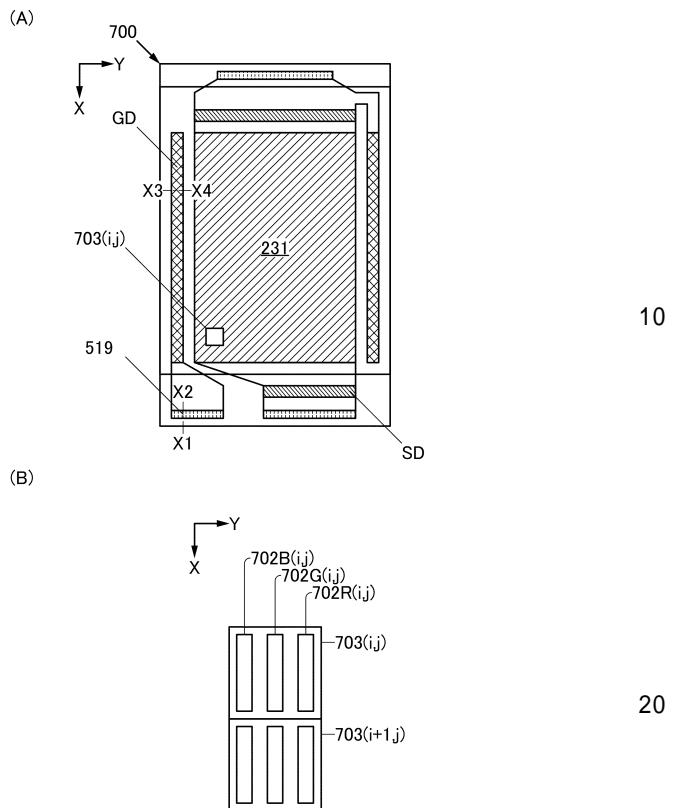
【図6】



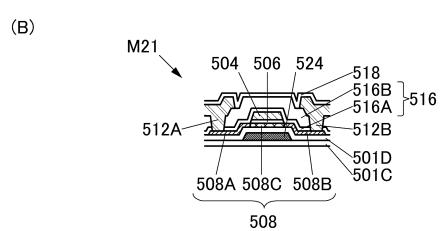
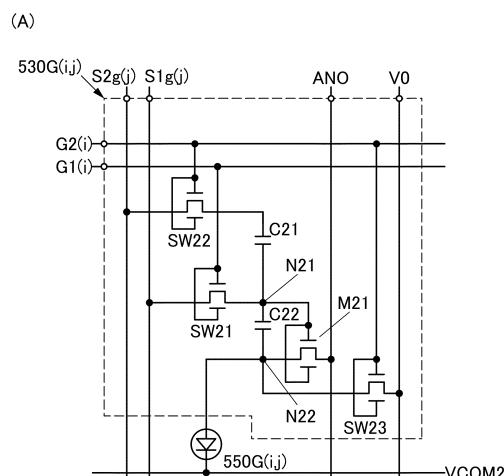
【図7】



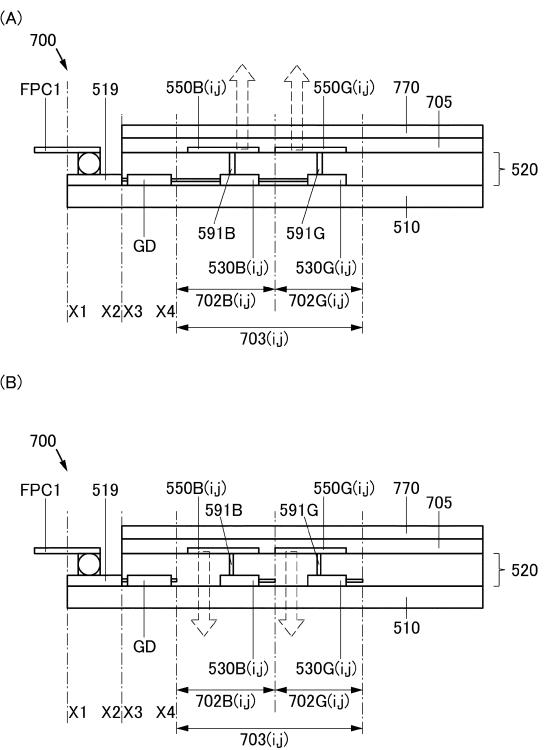
【図8】



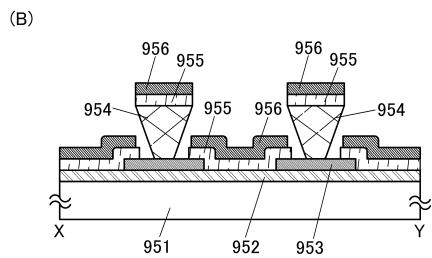
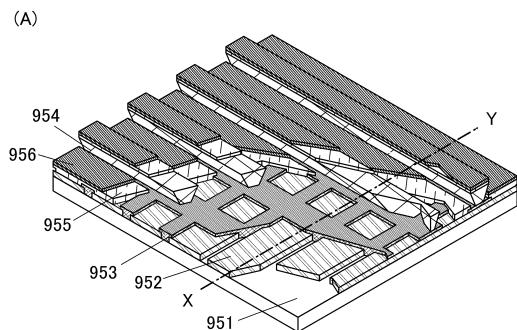
【図9】



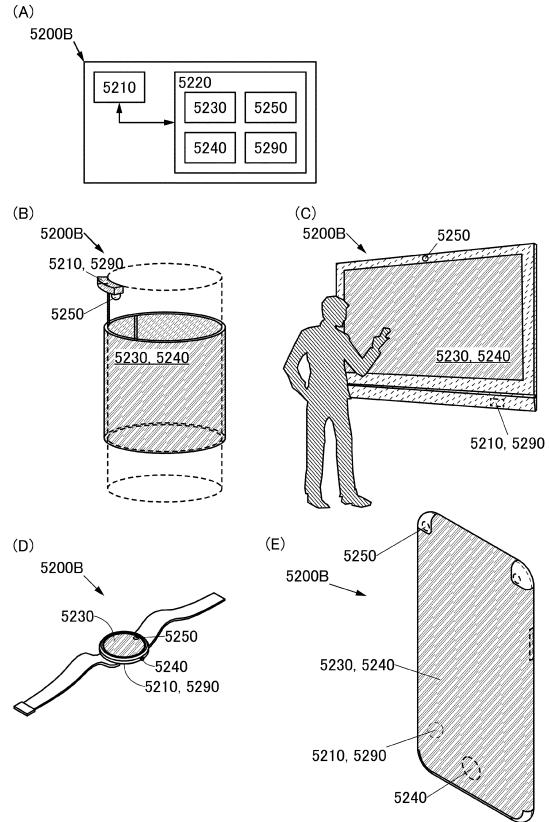
【図10】



【図 1 1】



【図 1 2】



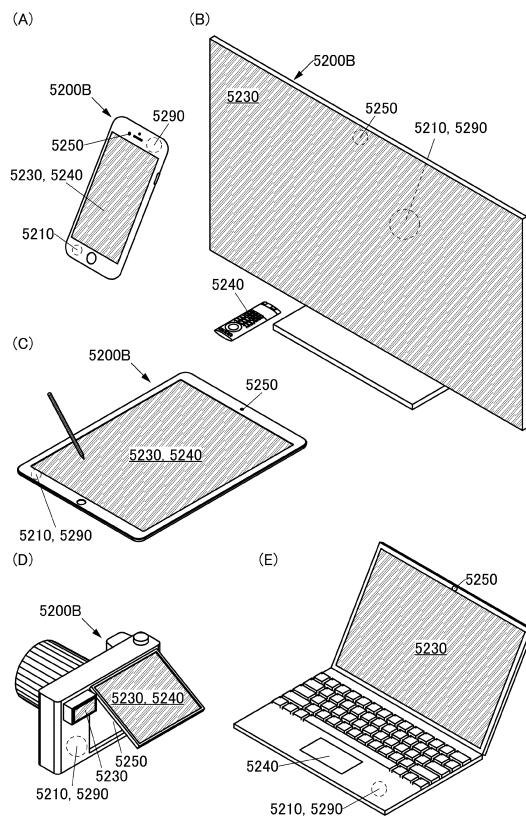
10

20

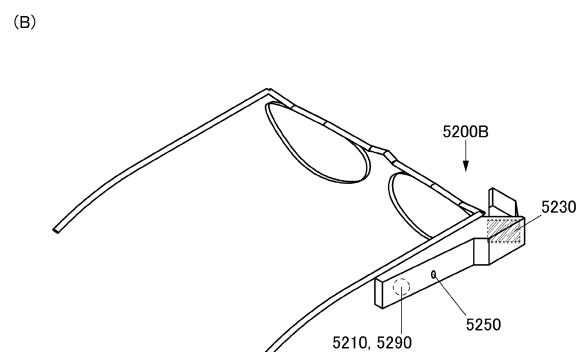
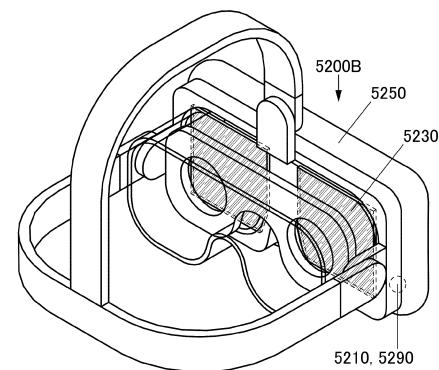
30

40

【図 1 3】

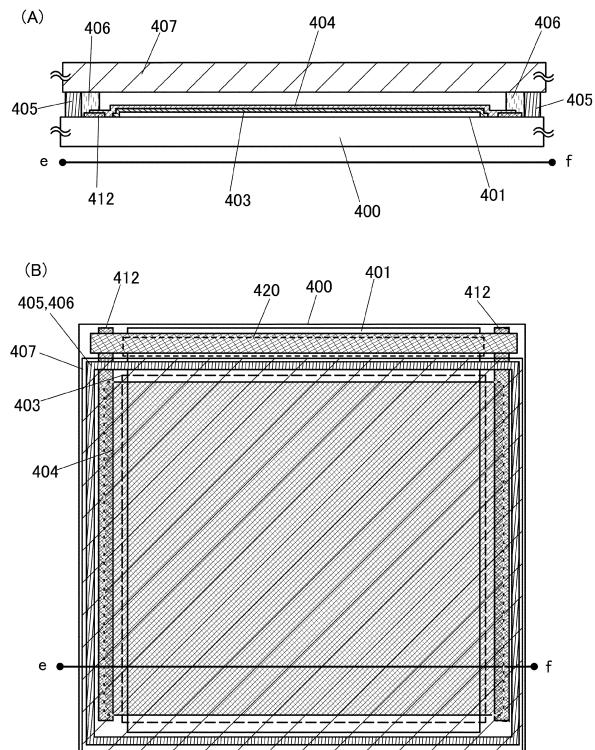


【図 1 4】

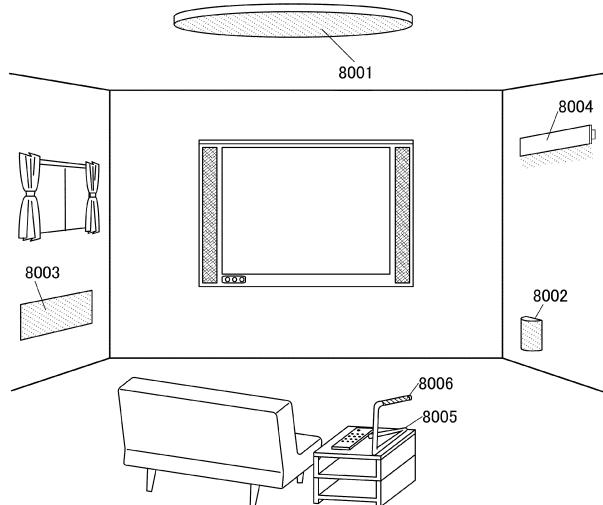


50

【図15】



【図16】



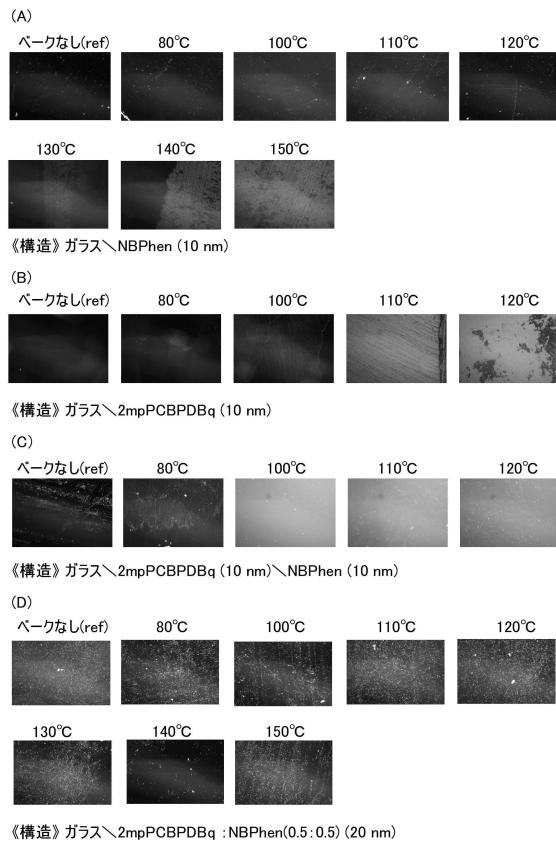
10

20

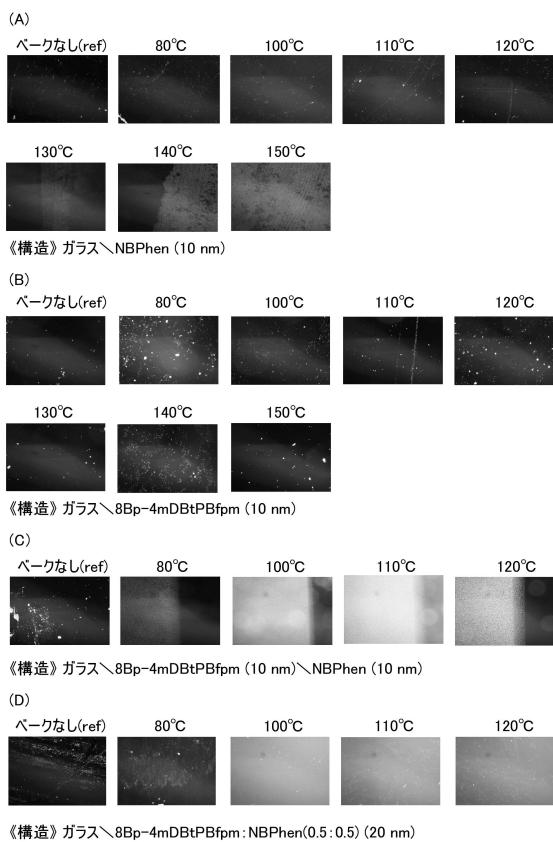
30

40

【図17】

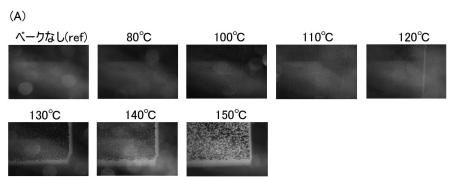


【図18】

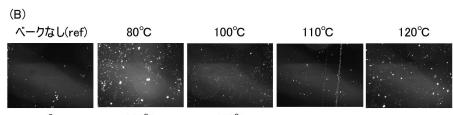


50

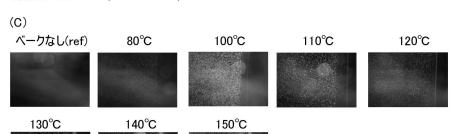
【図19】



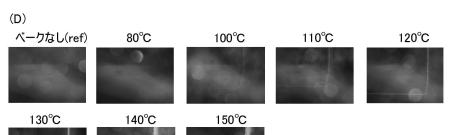
《構造》ガラス\2.6(P-Bqn)2Py (10 nm)



《構造》ガラス\8Bp-4mDBtPBfpm (10 nm)

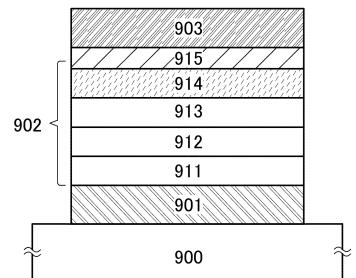


《構造》ガラス\8Bp-4mDBtPBfpm (10 nm)\2.6(P-Bqn)2Py (10 nm)



《構造》ガラス\8Bp-4mDBtPBfpm :2.6(P-Bqn)2Py(0.5:0.5) (20 nm)

【図20】



10

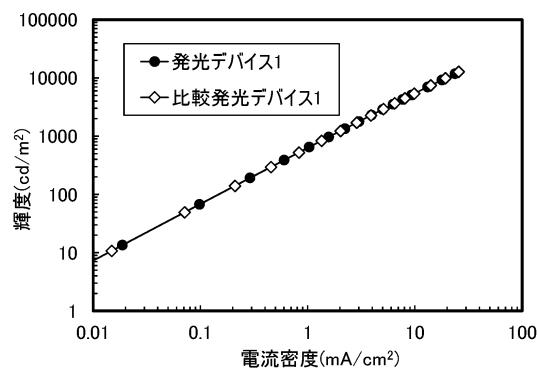
20

30

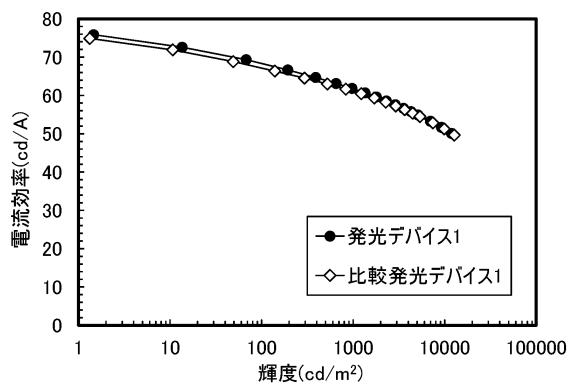
40

50

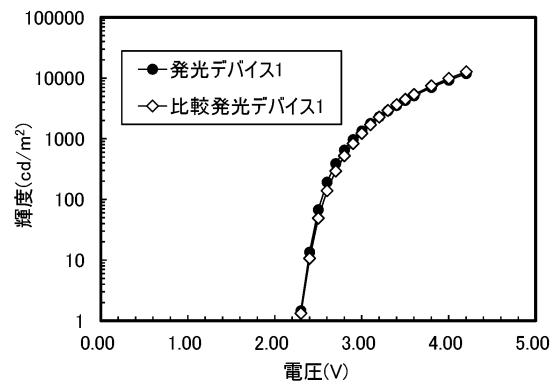
【図21】



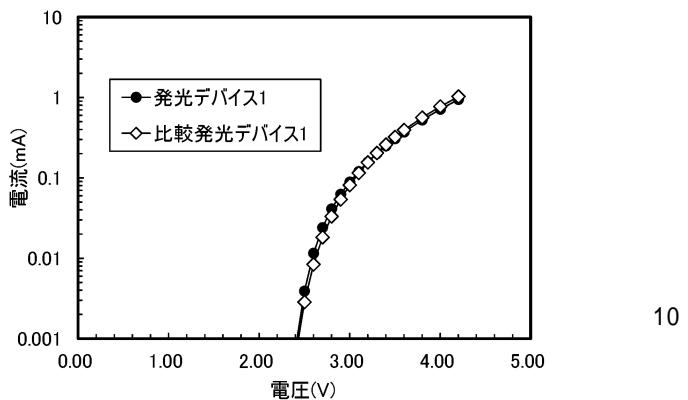
【図22】



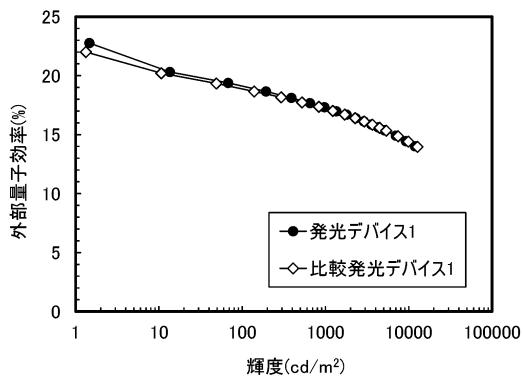
【図2-3】



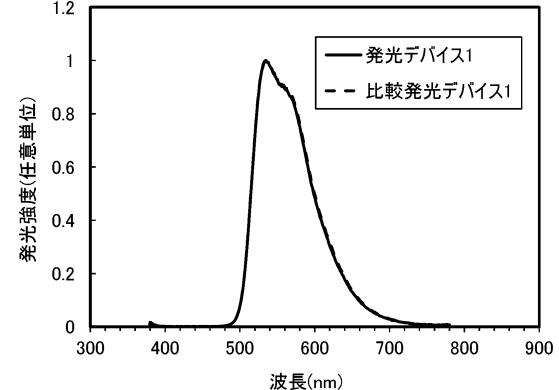
【図2-4】



【図2-5】



【図2-6】

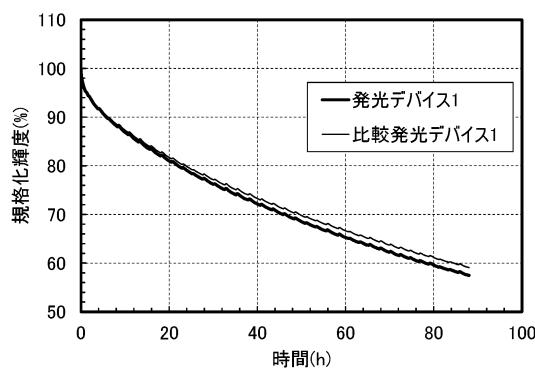


30

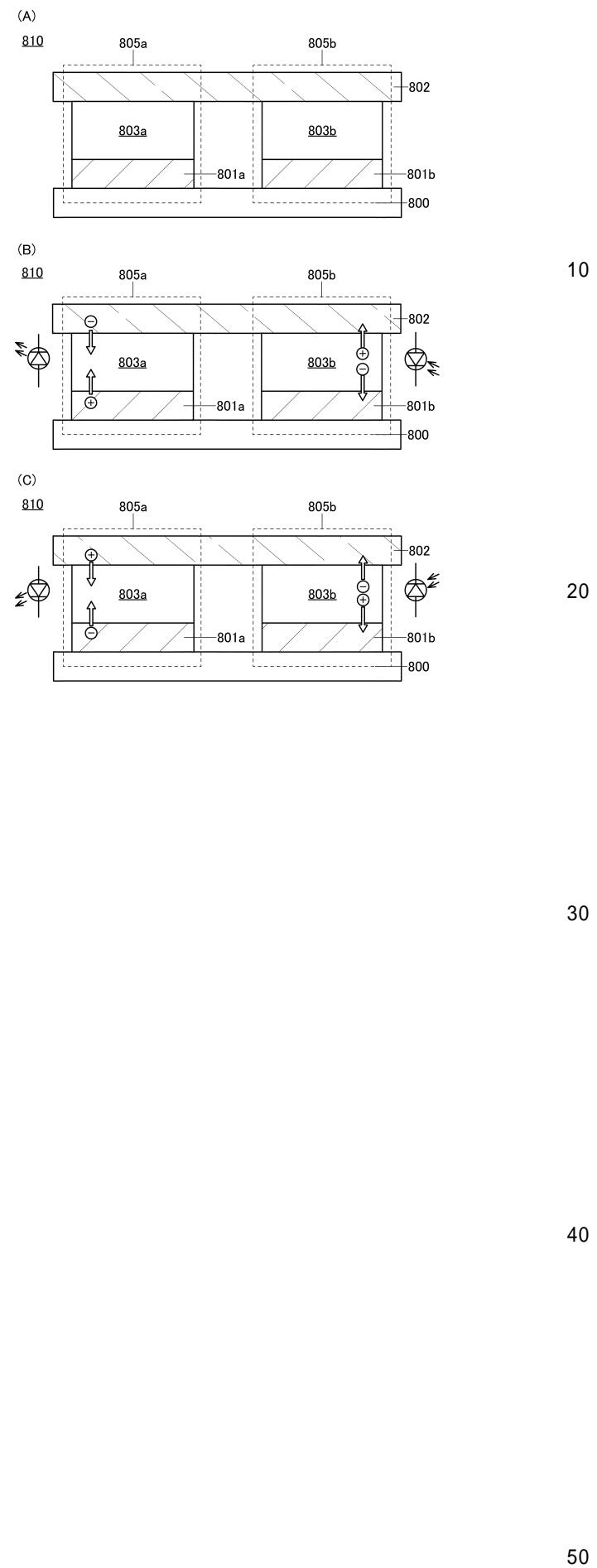
40

50

【図27】



【図28】



フロントページの続き

(51)国際特許分類 F I テーマコード(参考)
C 0 9 K 11/06 (2006.01) H 0 5 B 33/14 A
C 0 9 K 11/06 6 9 0

(72)発明者 濑尾 哲史

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 CC14 CC21 CC24 CC41 DD76 DD78
4C050 AA01 AA08 BB07 BB08 CC07 CC16 EE02 FF05 GG01 HH01
HH03
4C063 AA01 AA03 BB01 BB06 CC31 CC34 DD08 DD12 EE10