

(19)日本国特許庁(JP)

(12)特許公報(B2)

(11)特許番号
特許第7247265号
(P7247265)

(45)発行日 令和5年3月28日(2023.3.28)

(24)登録日 令和5年3月17日(2023.3.17)

(51)国際特許分類	F I
H 1 0 K 50/13 (2023.01)	H 1 0 K 50/13
G 0 9 F 9/30 (2006.01)	G 0 9 F 9/30 3 6 5
F 2 1 S 8/04 (2006.01)	G 0 9 F 9/30 3 3 8
F 2 1 S 6/00 (2006.01)	F 2 1 S 8/04
F 2 1 S 8/00 (2006.01)	F 2 1 S 6/00 1 1 0
請求項の数 6 (全57頁) 最終頁に続く	

(21)出願番号	特願2021-88426(P2021-88426)	(73)特許権者	000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地
(22)出願日	令和3年5月26日(2021.5.26)	(72)発明者	瀬尾 哲史 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会 社半導体エネルギー研究所内
(62)分割の表示	特願2019-172685(P2019-172685)の分割	(72)発明者	石曽根 崇浩 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会 社半導体エネルギー研究所内
原出願日	平成27年5月25日(2015.5.25)	(72)発明者	大澤 信晴 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会 社半導体エネルギー研究所内
(65)公開番号	特開2021-158363(P2021-158363 A)	(72)発明者	野中 裕介 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会 社半導体エネルギー研究所内
(43)公開日	令和3年10月7日(2021.10.7)		
審査請求日	令和3年6月24日(2021.6.24)		
(31)優先権主張番号	特願2014-112448(P2014-112448)		
(32)優先日	平成26年5月30日(2014.5.30)		
(33)優先権主張国・地域又は機関	日本国(JP)		
(31)優先権主張番号	特願2014-241137(P2014-241137)		
(32)優先日	平成26年11月28日(2014.11.28)		
	最終頁に続く		最終頁に続く

(54)【発明の名称】 発光素子、発光装置、電子機器及び照明装置

(57)【特許請求の範囲】

【請求項1】

基板上の陽極と、
 前記陽極上の第1の発光層と、
 前記第1の発光層上の第2の発光層と、
 前記第2の発光層上の陰極と、を有し、
 前記第1の発光層と前記第2の発光層とは接しており、
 前記陽極は、透明導電膜を有し、
 前記陰極は、金属膜を有し、
 前記第1の発光層は、蛍光材料と、ホスト材料と、を有し、
 前記第2の発光層は、燐光材料と、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、
 前記第1の有機化合物は、ジベンゾチオフェン誘導体であり、
 前記第2の有機化合物は、芳香族アミンまたはカルバゾール誘導体であり、
 前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせで
 あり、
 前記ホスト材料のT₁準位は、前記第1の有機化合物のT₁準位よりも小さく、
 前記ホスト材料のT₁準位は、前記第2の有機化合物のT₁準位よりも小さく、
 前記燐光材料の発光スペクトルは、550nm以上590nm以下の波長領域にピーク
 を有し、
 前記蛍光材料の発光スペクトルは、420nm以上480nm以下の波長領域にピーク

を有する、発光素子。

【請求項 2】

基板上の陽極と、

前記陽極上の第 1 の発光層と、

前記第 1 の発光層上の第 2 の発光層と、

前記第 2 の発光層上の陰極と、を有し、

前記第 1 の発光層と前記第 2 の発光層とは接しており、

前記陽極は、透明導電膜を有し、

前記陰極は、金属膜を有し、

前記第 1 の発光層は、蛍光材料と、ホスト材料と、を有し、

前記第 2 の発光層は、燐光材料と、第 1 の有機化合物と、第 2 の有機化合物と、を有し、

前記第 1 の有機化合物は、ジベンゾチオフェン誘導体であり、

前記第 2 の有機化合物は、芳香族アミンまたはカルバゾール誘導体であり、

前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物とは、励起錯体を形成する組み合わせであり、

前記ホスト材料の T_1 準位は、前記第 1 の有機化合物の T_1 準位よりも小さく、

前記ホスト材料の T_1 準位は、前記第 2 の有機化合物の T_1 準位よりも小さく、

前記燐光材料の発光スペクトルは、550 nm 以上 590 nm 以下の波長領域にピークを有し、

前記蛍光材料の発光スペクトルは、青色の波長領域にピークを有する、発光素子。

【請求項 3】

請求項 1 または請求項 2 に記載の発光素子を有し、

前記基板と前記陽極との間に、カラーフィルタを有する、発光装置。

【請求項 4】

請求項 1 または請求項 2 に記載の発光素子を有し、

前記基板と前記陽極との間に、トランジスタを有する、発光装置。

【請求項 5】

請求項 3 または請求項 4 に記載の発光装置と、

外部接続ポート、キーボード、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する、電子機器。

【請求項 6】

請求項 3 または請求項 4 に記載の発光装置と、筐体と、を有する、照明装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明の一態様は、電界を加えることにより発光が得られる発光層を一对の電極間に挟んでなる発光素子、または該発光素子を有する発光装置、電子機器、及び照明装置に関する。

【0002】

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（コンビジション・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、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、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ができる。

【背景技術】

【0003】

近年、有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス（EL：Electroluminescence）を利用する発光素子（有機 EL 素子）の研究開発が盛んに行われてい

10

20

30

40

50

る。これら発光素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光物質を含む有機化合物層（EL層）を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光物質からの発光を得ることができる。

【0004】

一对の電極間に有機化合物を含む層を設けた発光素子、及び該発光素子を含む発光装置は、それぞれ有機電界発光素子、有機電界発光装置と呼ばれる。有機電界発光装置は表示装置や照明装置などへの応用が可能である（例えば特許文献1参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0005】

【文献】特開2012-186461号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

本発明の一態様の課題の一つは、発光素子の発光効率を向上させることである。または、本発明の一態様の課題の一つは、新規な半導体装置、新規な発光素子、または新規な発光装置を提供することである。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、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。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】

【0007】

本発明の一態様は、一对の電極間にEL層が挟まれた発光素子であって、EL層は、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の発光層は、蛍光材料と、ホスト材料と、を有し、第2の発光層は、燐光材料と、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、を有し、第2の発光層からの発光スペクトルは、黄色の波長領域にピークを有し、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とは励起錯体を形成することを特徴とする発光素子である。

【0008】

また、上記構成において、第2の発光層が有する燐光材料は1つであることが好ましい。

【0009】

また、上記各構成において、励起錯体から燐光材料へのエネルギー授受があると好ましい。

【0010】

また、上記各構成において、ホスト材料の一重項励起準位は、蛍光材料の一重項励起準位よりも大きく、ホスト材料の三重項励起準位は、蛍光材料の三重項励起準位よりも小さいと好ましい。

【0011】

また、上記各構成において、ホスト材料の三重項励起準位は、第1の有機化合物及び第2の有機化合物の三重項励起準位よりも小さいと好ましい。

【0012】

また、上記各構成において、第1の発光層と、第2の発光層とが、互いに接する領域を有すると好ましい。

【0013】

また、上記各構成において、第1の発光層と、第2の発光層とが、互いに離れている領域を有すると好ましい。第1の発光層と、第2の発光層とが互いに離れている領域を有する場合、第1の発光層と第2の発光層の間に、正孔輸送性材料と電子輸送性材料とが混合された層を有すると好ましい。

【0014】

10

20

30

40

50

また、上記各構成において、第2の発光層は、第1の発光層上に設けられると好ましい。

【0015】

また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、トランジスタまたは基板を有することを特徴とする発光装置である。

【0016】

なお、本明細書等における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクタ、例えばFPC(Flexible Printed Circuit)が取り付けられたモジュール、異方導電性フィルムまたはTCP(Tape Carrier Package)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、あるいは発光素子に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は、発光装置を含む場合がある。

10

【0017】

また、本発明の他の一態様は、上記構成の発光装置と、外部接続ポート、キーボード、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有することを特徴とする電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記構成のモジュールと、外部接続ポート、キーボード、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有することを特徴とする電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記構成の発光装置と、筐体を有することを特徴とする照明装置である。

20

【発明の効果】

【0018】

本発明の一態様により、発光素子の発光効率を向上させることができる。または、本発明の一態様により、新規な半導体装置、新規な発光素子、または新規な発光装置を提供することができる。

【0019】

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。

30

【図面の簡単な説明】

【0020】

【図1】本発明の一態様の発光素子を説明する断面模式図。

【図2】発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図3】発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図4】本発明の一態様の発光素子を説明する断面模式図。

【図5】本発明の一態様の発光素子を説明する断面模式図。

【図6】本発明の一態様の発光装置を説明する上面図及び断面図。

【図7】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。

【図8】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。

40

【図9】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。

【図10】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。

【図11】本発明の一態様の表示装置を説明するブロック図及び回路図。

【図12】表示モジュールを説明する斜視図。

【図13】電子機器について説明する図。

【図14】照明装置について説明する図。

【図15】実施例1乃至実施例3の発光素子の素子構造を説明する断面模式図。

【図16】実施例1の発光素子の電流密度 - 輝度特性、及び電圧 - 輝度特性を説明する図。

【図17】実施例1の発光素子の輝度 - パワー効率特性、及び輝度 - 電流効率特性を説明する図。

50

- 【図 1 8】実施例 1 の発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 1 9】実施例 2 の発光素子の電流密度 - 輝度特性、及び電圧 - 輝度特性を説明する図。
- 【図 2 0】実施例 2 の発光素子の輝度 - パワー効率特性、及び輝度 - 電流効率特性を説明する図。
- 【図 2 1】実施例 2 の発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 2 2】実施例 3 の発光素子の電流密度 - 輝度特性、及び電圧 - 輝度特性を説明する図。
- 【図 2 3】実施例 3 の発光素子の輝度 - パワー効率特性、及び輝度 - 電流効率特性を説明する図。
- 【図 2 4】実施例 3 の発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 2 5】実施例 4 の発光素子の素子構造を説明する断面模式図。
- 【図 2 6】実施例 4 の発光素子の電流密度 - 輝度特性、及び電圧 - 輝度特性を説明する図。
- 【図 2 7】実施例 4 の発光素子の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 2 8】実施例 5 の発光素子 1 1 の輝度 - 外部量子効率特性を説明する図。
- 【図 2 9】実施例 5 の発光素子 1 1 の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 3 0】実施例 5 の発光素子 1 1 の信頼性を説明する図。
- 【図 3 1】実施例 5 の発光素子 1 2 の輝度 - 外部量子効率特性を説明する図。
- 【図 3 2】実施例 5 の発光素子 1 2 の発光スペクトルを説明する図。
- 【図 3 3】実施例 5 の発光素子 1 2 の信頼性を説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0021】

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、本発明の一態様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が可能である。従って、本発明の一態様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。

【0022】

なお、図面等において示す各構成の、位置、大きさ、範囲などは、理解の簡単のため、実際の位置、大きさ、範囲などを表していない場合がある。このため、開示する発明は、必ずしも、図面等を開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。

【0023】

また、本明細書などにおいて、第 1、第 2 等として付される序数詞は便宜上用いるものであり、工程順又は積層順を示すものではない。そのため、例えば、「第 1 の」を「第 2 の」又は「第 3 の」などと適宜置き換えて説明することができる。また、本明細書等に記載されている序数詞と、本発明の一態様を特定するために用いられる序数詞は一致しない場合がある。

【0024】

また、本明細書等において、図面を用いて発明の構成を説明するにあたり、同じものを指す符号は異なる図面間でも共通して用いる。

【0025】

また、本明細書等において、「膜」という用語と、「層」という用語とは、場合によっては、または、状況に応じて、互いに入れ替えることが可能である。例えば、「導電層」という用語を、「導電膜」という用語に変更することが可能な場合がある。または、例えば、「絶縁膜」という用語を、「絶縁層」という用語に変更することが可能な場合がある。

【0026】

また、本明細書等において蛍光材料とは、一重項励起状態の最も低い準位 (S_1 準位) から基底状態へ緩和する際に可視光領域の発光を示す材料である。燐光材料とは、三重項励起状態の最も低い準位 (T_1 準位) から基底状態へ緩和する際に、室温において可視光領域に発光を与える材料である。換言すると燐光材料とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な材料である。

【0027】

10

20

30

40

50

また、本明細書等において、青色の光は、420 nm以上480 nm以下の青色の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有し、緑色の光は、500 nm以上550 nm未満の緑色の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有し、黄色の光は、550 nm以上590 nm以下の黄色の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有し、赤色の光は、600 nm以上740 nm以下の赤色の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有する。

【0028】

(実施の形態1)

本発明の一態様の発光素子について、図1を用いて以下説明を行う。なお、図1(A)は、本発明の一態様の発光素子100の断面模式図であり、図1(B)は、本発明の一態様の発光素子140の断面模式図である。

10

【0029】

図1(A)に示す発光素子100は、一对の電極(第1の電極101及び第2の電極102)の間にEL層130が挟まれた構造である。また、EL層130は、第1の発光層113と、第2の発光層114と、を有する。また、発光素子100において、EL層130として、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層115、及び電子注入層116が図示されているが、これらの積層構造は一例であり、本発明の一態様の発光素子におけるEL層130の構成はこれらに限定されない。なお、発光素子100において、第1の電極101が陽極として機能し、第2の電極102が陰極として機能する。

【0030】

また、第1の発光層113は、蛍光材料と、ホスト材料とを有する。第1の発光層113からの発光スペクトルは、青色の波長領域にピークを有すると好ましい。また、第2の発光層114は、燐光材料と、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とを有する。第2の発光層114からの発光スペクトルは、黄色の波長領域にピークを有すると好ましい。また、第2の発光層114が有する燐光材料は1つであることが好ましい。また、第1の有機化合物と、第2の有機化合物とは励起錯体(Exciplexともいう)を形成する。第1の有機化合物または第2の有機化合物の一方は、第2の発光層114のホスト材料として機能し、第1の有機化合物または第2の有機化合物の他方は、第2の発光層114のアシスト材料として機能する。なお、以下の説明においては、第1の有機化合物をホスト材料として、第2の有機化合物をアシスト材料として説明を行う。

20

【0031】

第1の発光層113と第2の発光層114を上述の構成とすることで、第1の発光層113からの蛍光材料の発光(ここでは青色の波長領域にピークを有する発光)と、第2の発光層114からの燐光材料の発光(ここでは黄色の波長領域にピークを有する発光)とを、効率よく得ることが可能となる。

30

【0032】

また、第1の発光層113のホスト材料の T_1 準位が、第2の発光層114が有する第1の有機化合物及び第2の有機化合物の T_1 準位よりも小さいと好ましい。また、第1の発光層113において、ホスト材料の S_1 準位が蛍光材料の S_1 準位よりも大きく、且つ、ホスト材料の T_1 準位が蛍光材料の T_1 準位よりも小さいと好ましい。

40

【0033】

第2の発光層114における励起錯体を形成する第1の有機化合物と第2の有機化合物の組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔輸送性を有する材料であり、他方が電子輸送性を有する材料であることが、より好ましい。この場合、ドナー-アクセプタ型の励起状態を形成しやすくなり、効率よく励起錯体を形成することができるようになる。また、正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料との組み合わせによって、第1の有機化合物と第2の有機化合物の組み合わせを構成する場合、その混合比によってキャリアバランスを容易に制御することができる。具体的には正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料=1：9乃至9：1(重量比)の範囲が好ましい。また、該構成を有する発光素子100は、容易にキャリアバランスを

50

制御することができることから、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

【0034】

また、発光素子100では、キャリアの再結合領域はある程度の分布を持って形成されることが好ましい。このため、第1の発光層113または第2の発光層114において、適度なキャリアトラップ性があることが好ましく、特に、第2の発光層114が有する燐光材料が電子トラップ性を有していることが好ましい。

【0035】

なお、発光素子100においては、第1の発光層113からの発光が、第2の発光層114からの発光よりも短波長側に発光のピークを有する構成とすることが好ましい。短波長の発光を呈する燐光材料を用いた発光素子は輝度劣化が早い傾向がある。そこで、短波長の発光を蛍光発光とすることによって、輝度劣化の小さい発光素子を提供することができる。

10

【0036】

また、発光素子100においては、第1の発光層113と第2の発光層114とが、互いに接して積層されているため、EL層130を形成するための層数が少なく生産性が高い。

【0037】

また、発光素子100は、第1の発光層113と第2の発光層114とで異なる発光波長の光を得ることによって、多色発光の素子とすることができる。発光素子100の発光スペクトルは異なる発光ピークを有する発光が合成された光となるため、少なくとも二つの極大値を有する発光スペクトルとなる。

20

【0038】

また、発光素子100としては、白色発光を得るためにも好適である。第1の発光層113と第2の発光層114との光を互いに補色の関係とすることによって、白色発光を得ることができる。

【0039】

また、第1の発光層113に発光波長の異なる複数の発光物質を用いることによって、三原色や、4色以上の発光色からなる演色性の高い白色発光を得ることもできる。この場合、第1の発光層113を層状にさらに分割し、当該分割した層ごとに異なる発光材料を含有させるようにしても良い。

30

【0040】

<第2の発光層の発光機構>

ここで、第2の発光層114における第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、燐光材料とのエネルギー準位の相関を図2(A)に示す。なお、図2(A)における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・Host：第1の有機化合物
- ・Assist：第2の有機化合物
- ・Guest：燐光材料
- ・S_{PH}：ホスト材料（第1の有機化合物）の一重項励起状態の最も低い準位
- ・T_{PH}：ホスト材料（第1の有機化合物）の三重項励起状態の最も低い準位
- ・T_{PG}：ゲスト材料（燐光材料）の三重項励起状態の最も低い準位
- ・S_E：励起錯体の一重項励起状態の最も低い準位
- ・T_E：励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位

40

【0041】

本発明の一態様の発光素子100においては、第2の発光層114が有する第1の有機化合物と第2の有機化合物が励起錯体を形成する。励起錯体の一重項励起状態の最も低い準位(S_E)と励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位(T_E)は互いに隣接することになる(図2(A)Route A参照)。

【0042】

励起錯体は、2種類の物質からなる励起状態であり、光励起の場合、励起状態となった

50

一つの分子がもう一方の基底状態の物質を取り込むことによって形成される。そして、光を発することによって基底状態となると、励起錯体を形成していた２種類の物質はまた元の別々の物質として振舞う。電気励起の場合は、一方のカチオン分子（ホール）と他方のアニオン分子（電子）が近接することで励起錯体を形成できる。すなわち電気励起においては、いずれの分子においても励起状態を形成することなく励起錯体が形成できるため、駆動電圧の低減につながる。そして、励起錯体の（ S_E ）と（ T_E ）の双方のエネルギーを、ゲスト材料（燐光材料）の三重項励起状態の最も低い準位へ移動させて発光が得られる（図２（Ａ）Route B参照）。

【００４３】

なお、上記に示すRoute A及びRoute Bの過程を、本明細書等においてExTET（Exciplex-Triplet Energy Transfer）と呼称する。以上のように、本発明の一態様の発光素子は、励起錯体から燐光材料（ゲスト材料）へのエネルギー授受ができる。

10

【００４４】

また、第１の有機化合物及び第２の有機化合物は、一方がホールを、他方が電子を受け取り、それらが近接することで速やかに励起錯体を形成する。あるいは、一方が励起状態となると、速やかに他方の物質を取り込んで励起錯体を形成する。したがって、第２の発光層１１４における励起子のほとんどが励起錯体として存在する。励起錯体は、第１の有機化合物及び第２の有機化合物のどちらよりもバンドギャップは小さくなるため、一方のホールと他方の電子の再結合から励起錯体が形成されることにより、駆動電圧を下げる

20

【００４５】

<第１の発光層の発光機構>

第１の発光層１１３では、キャリアの再結合により、励起状態が形成される。なお、第１の発光層１１３は、ホスト材料と蛍光材料を有する。蛍光材料と比較してホスト材料は大量に存在するので、励起状態は、ほぼホスト材料の励起状態として存在する。キャリアの再結合によって生じる一重項励起状態と三重項励起状態の比（以下、励起子生成確率）は約１：３となる。

【００４６】

まず、ホスト材料の T_1 準位がゲスト材料の T_1 準位よりも高い場合について、以下説明する。

30

【００４７】

ホスト材料の三重項励起状態からゲスト材料にエネルギー移動（三重項エネルギー移動）が生じる。しかしながら、ゲスト材料が蛍光材料であるため、三重項励起状態は可視光領域に発光を与えない。したがって、ホスト材料の三重項励起状態を発光として利用することができない。よって、ホスト材料の T_1 準位がゲスト材料の T_1 準位よりも高い場合においては、注入したキャリアのうち、最大でも約２５％しか発光に利用することができない。

【００４８】

次に、本発明の一態様の第１の発光層１１３におけるホスト材料と、蛍光材料とのエネルギー準位の相関を図２（Ｂ）に示す。なお、図２（Ｂ）における表記及び符号は、以下の通りである。

40

・Host：ホスト材料

・Guest：蛍光材料

・ S_{FH} ：ホスト材料の一重項励起状態の最も低い準位

・ T_{FH} ：ホスト材料の三重項励起状態の最も低い準位

・ S_{FG} ：ゲスト材料（蛍光材料）の一重項励起状態の最も低い準位

・ T_{FG} ：ゲスト材料（蛍光材料）の三重項励起状態の最も低い準位

【００４９】

図２（Ｂ）に示すように、ゲスト材料の T_1 準位（図２（Ｂ）において、 T_{FG} ）がホ

50

スト材料の T_1 準位（図2（B）において、 T_{FH} ）よりも高い構成である。

【0050】

また、図2（B）に示すように、三重項 - 三重項消滅（TTA：Triplet - Triplet Annihilation）によって、三重項励起子同士が衝突することにより、その一部がホスト材料の一重項励起状態の最も低い準位（ S_{FH} ）に変換される。ホスト材料の一重項励起状態の最も低い準位（ S_{FH} ）からは、それよりも準位の低いゲスト材料（蛍光材料）の一重項励起状態の最も低い準位（ S_{FG} ）へエネルギー移動が起こり（図2（B）Route C参照）、蛍光材料が発光する。

【0051】

なお、ホスト材料の T_1 準位がゲスト材料の T_1 準位よりも小さいため、 T_{FG} は失活することなく T_{FH} にエネルギー移動（図2（B）に示すRoute D参照）し、TTAに利用される。

【0052】

<第1の発光層と第2の発光層の発光機構>

第1の発光層113及び第2の発光層114のそれぞれの発光機構について、上記説明したが、本発明の一態様の発光素子100においては、さらに、第1の発光層113と第2の発光層114の界面において、励起錯体から第1の発光層113のホスト材料へのエネルギー移動（とくに三重項励起準位のエネルギー移動）が起こったとしても、第1の発光層113にて上記三重項励起エネルギーを発光に変換することができる。

【0053】

具体的には、第1の発光層113にTTAを用い、第2の発光層114にE×TETを用いる場合のエネルギー準位の相関を図3に示す。なお、図3における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・ Fluorescence EML：蛍光発光層（第1の発光層113）
- ・ Phosphorescence EML：燐光発光層（第2の発光層114）
- ・ T_{FH} ：ホスト材料の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ S_{FG} ：ゲスト材料（蛍光材料）の一重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{FG} ：ゲスト材料（蛍光材料）の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ S_{PH} ：ホスト材料（第1の有機化合物）の一重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{PH} ：ホスト材料（第1の有機化合物）の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_{PG} ：ゲスト材料（燐光材料）の三重項励起状態の最も低い準位
- ・ S_E ：励起錯体の一重項励起状態の最も低い準位
- ・ T_E ：励起錯体の三重項励起状態の最も低い準位

【0054】

図3に示すように、励起錯体は励起状態でしか存在しないため、励起錯体 - 励起錯体間の励起子拡散は生じにくい。また、励起錯体の励起準位（ S_E 、 T_E ）は、第2の発光層114の第1の有機化合物（すなわち、燐光材料のホスト材料）の励起準位（ S_{PH} 、 T_{PH} ）よりも低いので、励起錯体から第1の有機化合物へのエネルギーの拡散も生じない。すなわち、燐光発光層（第2の発光層114）内において、励起錯体の励起子拡散距離は短いため、燐光発光層（第2の発光層114）の発光効率を保つことが可能となる。また、蛍光発光層（第1の発光層113）と燐光発光層（第2の発光層114）の界面において、燐光発光層（第2の発光層114）の励起錯体の三重項励起エネルギーの一部が、蛍光発光層（第1の発光層113）に拡散したとしても、その拡散によって生じた蛍光発光層（第1の発光層113）の三重項励起エネルギーは、TTAを通じて発光されるため、エネルギー損失を低減することが可能となる。

【0055】

以上のように、本発明の一態様の発光素子は、第2の発光層114にE×TETを利用し、且つ第1の発光層113にTTAを利用することで、励起子生成確率を超える発光効率を得ることができる。したがって、高効率の発光素子を提供することができる。

【0056】

10

20

30

40

50

なお、図1(A)においては、第1の発光層113が陽極として機能する第1の電極101側、第2の発光層114が陰極として機能する第2の電極102側に設けられているが、この積層順は逆であってもかまわない。具体的には、図1(B)に示す発光素子140のように、第1の発光層113が陰極として機能する電極側に設けられ、第2の発光層114が陽極として機能する電極側に設けられても良い。別言すると、発光素子140は、第2の発光層114上に第1の発光層113が設けられる構成である。

【0057】

発光素子140に示すような構成とすることで、マイクロキャビティ構造(後述)を採用した場合、第2の発光層114及び/または第1の発光層113の光路長を調整しやすくなるため好適である。

10

【0058】

ここで、本発明の一態様の発光素子100の各構成の詳細について、以下説明する。

【0059】

<電極>

第1の電極101と第2の電極102は、第1の発光層113と第2の発光層114へそれぞれ正孔と電子を注入する機能を有する。これらの電極は金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物や積層体などを用いて形成することができる。金属としてはアルミニウムが典型例であり、その他、銀、タングステン、クロム、モリブデン、銅、チタンなどの遷移金属、リチウムやセシウムなどのアルカリ金属、カルシウム、マグネシウムなどの第2族金属を用いることができる。遷移金属として希土類金属を用いても良い。合金としては、上記金属を含む合金を使用することができ、例えばMgAg、AlLiなどが挙げられる。導電性化合物としては、酸化インジウム-酸化スズ(Indium Tin Oxide)などの金属酸化物が挙げられる。導電性化合物としてグラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。上述したように、これらの材料の複数を積層することによって第1の電極101、第2の電極102、あるいはその両者を形成しても良い。

20

【0060】

第1の発光層113と第2の発光層114から得られる発光は、第1の電極101、第2の電極102、あるいはこれらの両方を通して取り出される。したがって、これらのうちの少なくとも一つは可視光を透過する。光を取り出す方の電極に金属や合金などの光透過性の低い材料を用いる場合には、可視光を透過できる程度の厚さで第1の電極101、第2の電極102、あるいはこれらの一部を形成すればよい。この場合、具体的には1nmから10nmの厚さで形成する。

30

【0061】

<第1の発光層>

第1の発光層113は、ホスト材料と蛍光材料を有する。第1の発光層113中では、ホスト材料が重量比で最も多く存在し、蛍光材料はホスト材料中に分散される。ホスト材料のS₁準位は、蛍光材料のS₁準位よりも大きく、ホスト材料のT₁準位は、蛍光材料のT₁準位よりも小さいことが好ましい。

【0062】

ホスト材料として、アントラセン誘導体、あるいはテトラセン誘導体が好ましい。これらの誘導体はS₁準位が大きく、T₁準位が小さいからである。具体的には、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(PCzPA)、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(PCPN)、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(CzPA)、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(cgDBCzPA)、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(2mBnfPPA)、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(FLPPA)などが挙げられる。あるいは、5,12-ジフェニルテトラセン、5,12-ビス(ビフェニル-

40

50

2 - イル) テトラセンなどが挙げられる。

【0063】

蛍光材料としては、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、ジベンゾチオフエン誘導体、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(1, 6mMemFLPAPrn)、N, N' - ビス[4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル] - N, N' - ジフェニルピレン - 1, 6 - ジアミン(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(1, 6FrAPrn)、N, N' - ビス(ジベンゾチオフエン - 2 - イル) - N, N' - ジフェニルピレン - 1, 6 - ジアミン(1, 6ThAPrn)などが挙げられる。

10

【0064】

<第2の発光層>

第2の発光層114は、第1の有機化合物と、第2の有機化合物と、燐光材料を有する。ここでは、第1の有機化合物をホスト材料として、第2の有機化合物をアシスト材料として以下説明する。

【0065】

第2の発光層114中では、ホスト材料(第1の有機化合物)が重量比で最も多く存在し、燐光材料はホスト材料中に分散される。第2の発光層114のホスト材料(第1の有機化合物)の T_1 準位は、第1の発光層113の蛍光材料の T_1 準位よりも大きいことが好ましい。

20

【0066】

燐光材料としては、イリジウム、ロジウム、あるいは白金系の有機金属錯体、あるいは金属錯体が挙げられ、中でも有機イリジウム錯体、例えばイリジウム系オルトメタル錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては4H - トリアゾール配位子、1H - トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、あるいはイソキノリン配位子などが挙げられる。金属錯体としては、ポルフィリン配位子を有する白金錯体などが挙げられる。

30

【0067】

また、燐光材料としては、黄色の波長領域にピークを有する材料であると好ましい。また、該黄色の波長領域にピークを有する材料の発光スペクトルは、緑色及び赤色の波長領域にもスペクトル成分を含む材料であると好ましい。

【0068】

ホスト材料(第1の有機化合物)としては、亜鉛やアルミニウム系金属錯体の他、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、ジベンゾチオフエン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、フェナントロリン誘導体などが挙げられる。他の例としては、芳香族アミンやカルバゾール誘導体などが挙げられる。

40

【0069】

第2の有機化合物(アシスト材料)としては、第1の有機化合物と励起錯体を形成できる組み合わせとする。この場合、励起錯体の発光ピークが燐光材料の三重項MLCT(Metal to Ligand Charge Transfer)遷移の吸収帯、より具体的には、最も長波長側の吸収帯と重なるように第1の有機化合物、第2の有機化合物、および燐光材料を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光素子を与えることができる。ただし、燐光材料に替えて熱活性化遅延蛍光(Thermally activated delayed fluorescence: TAD

50

F) 材料を用いる場合においては、最も長波長側の吸収帯は一重項の吸収帯であることが好ましい。なお、TADF材料については、後述する。

【0070】

第1の発光材料と第2の発光材料の発光色に限定は無く、同じでも異なっても良い。各々から得られる発光が混合されて素子外へ取り出されるので、例えば両者の発光色が互いに補色の関係にある場合、発光素子は白色の光を与えることができる。発光素子の信頼性を考慮すると、第1の発光材料の発光ピーク波長は第2の発光材料のそれよりも短いことが好ましい。例えば、第1の発光材料が青色に発光し、第2の発光材料が黄色に発光することが好ましい。

【0071】

<その他の層>

また、図1(A)に示すように、本発明の一形態の発光素子100は、上述した第1の発光層113と第2の発光層114以外の層を有していても良い。例えば、正孔注入層、正孔輸送層、電子阻止層、正孔阻止層、電子輸送層、電子注入層などを有していても良い。また、これらの各層は複数の層から形成されていても良い。これらの層はキャリア注入障壁を低減する、キャリア輸送性を向上する、あるいは電極による消光現象を抑制することができ、発光効率の向上や駆動電圧の低減に寄与する。また、これらの層は、それぞれ、蒸着法(真空蒸着法を含む)、印刷法(例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等)、インクジェット法、塗布法等の方法を単独または組み合わせ合わせて用いて形成することができる。

【0072】

<正孔注入層>

正孔注入層111は、第1の電極101からのホール注入障壁を低減することでホール注入を促進する機能を有し、例えば遷移金属酸化物、フタロシアニン誘導体、あるいは芳香族アミンなどによって形成される。遷移金属酸化物としては、モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物などが挙げられる。フタロシアニン誘導体としては、フタロシアニンや金属フタロシアニンなどが挙げられる。芳香族アミンとしてはベンジジン誘導体やフェニレンジアミン誘導体などが挙げられる。ポリチオフェンやポリアニリンなどの高分子化合物を用いることもでき、例えば自己ドーブされたポリチオフェンであるポリ(エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)などがその代表例である。

【0073】

正孔注入層111として、正孔輸送性材料と、これに対して電子受容性を示す材料との複合材料を用いることもできる。あるいは、電子受容性を示す材料を含む層と正孔輸送材料を含む層の積層を用いても良い。これらの材料間では定常状態、あるいは電界存在下において電荷の授受が可能である。電子受容性を示す材料としては、キノジメタン誘導体やクロラニル誘導体、ヘキサアザトリフェニレン誘導体などの有機アクセプタを挙げることができる。また、遷移金属酸化物、例えば第4族から第8族金属の酸化物を用いることができる。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、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどである。中でも酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【0074】

正孔輸送性材料としては、電子よりも正孔の輸送性の高い材料を用いることができ、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、芳香族アミン、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、スチルベン誘導体などを用いることができる。また、前記正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

【0075】

<正孔輸送層>

正孔輸送層112は正孔輸送性材料を含む層であり、正孔注入層111の材料として例示した材料を使用することができる。正孔輸送層112は正孔注入層111に注入された

10

20

30

40

50

正孔を第1の発光層113へ輸送する機能を有するため、正孔注入層111の最高被占有軌道(HOMO)準位と同じ、あるいは近いHOMO準位を有することが好ましい。

【0076】

<電子輸送層>

電子輸送層115は、電子注入層116を経て第2の電極102から注入された電子を第2の発光層114へ輸送する機能を有する。電子輸送性材料としては、正孔よりも電子の輸送性の高い材料を用いることができ、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する材料であることが好ましい。具体的には、キノリン配位子、ベンゾキノリン配位子、オキサゾール配位子、あるいはチアゾール配位子を有する金属錯体、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、フェナントロリン誘導体、ピリジン誘導体、ピピリジン誘導体などが挙げられる。

10

【0077】

<電子注入層>

電子注入層116は第2の電極102からの電子注入障壁を低減することで電子注入を促進する機能を有し、例えば第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、先に示す電子輸送性材料と、これに対して電子供与性を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第1族金属、第2族金属、あるいはこれらの酸化物などを挙げるができる。

【0078】

<基板、FETなど>

また、発光素子100は、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に作製すればよい。基板上に作製する順番としては、第1の電極101側から順に積層しても、第2の電極102側から順に積層しても良い。また、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に、例えば電界効果トランジスタ(FET)を形成し、FETと電氣的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、FETによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。

20

【0079】

また、上記においては、第2の発光層114に含まれる発光材料を燐光材料として説明したが、これに限定されない。第2の発光層114に含まれる発光材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料であればよい。該三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光材料の他に、TADF材料が挙げられる。したがって、燐光材料と記載した部分に関しては、TADF材料と読み替えても構わない。なお、TADF材料とは、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、三重項励起準位と一重項励起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。

30

【0080】

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0081】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1に示す発光素子100、140と異なる構成の発光素子について、図4(A)(B)を用いて以下説明する。なお、図4(A)は、本発明の一態様の発光素子150の断面模式図であり、図4(B)は、本発明の一態様の発光素子160の断面模式図である。

40

【0082】

発光素子150は、第1の発光層113と第2の発光層114との間に分離層120を有する点で発光素子100と異なっている。分離層120は、第1の発光層113と第2の発光層114に接している。他の層の構造は実施の形態1と同様であるので、説明は省略する。

50

【 0 0 8 3 】

分離層 1 2 0 は、第 2 の発光層 1 1 4 中で生成する第 1 の有機化合物、または燐光材料の励起状態から第 1 の発光層 1 1 3 中のホスト材料、または蛍光材料へのデクスター機構によるエネルギー移動（特に三重項エネルギー移動）を防ぐために設けられる。従って、分離層は数 nm 程度の厚さがあればよい。具体的には、0.1 nm 以上 20 nm 以下、あるいは 1 nm 以上 10 nm 以下、あるいは 1 nm 以上 5 nm 以下である。

【 0 0 8 4 】

分離層 1 2 0 は単一の材料で構成されていても良いが、正孔輸送性材料と電子輸送性材料の両者が含まれていても良い。単一の材料で構成する場合、パイポラー性材料を用いても良い。ここでパイポラー性材料とは、電子と正孔の移動度の比が 100 以下である材料を指す。分離層 1 2 0 に含まれる材料は、実施の形態 1 で例示した正孔輸送性材料または電子輸送性材料などを使用することができる。また、分離層 1 2 0 に含まれる材料、もしくはそのうちの少なくとも一つは、第 2 の発光層 1 1 4 のホスト材料（第 1 の有機化合物）と同一の材料で形成しても良い。これにより、発光素子の作製が容易になり、また、駆動電圧が低減される。

10

【 0 0 8 5 】

例えば、分離層 1 2 0 が第 2 の発光層 1 1 4 のホスト材料（第 1 の有機化合物）とアシスト材料（第 2 の有機化合物）と同一の材料で形成された場合、第 1 の発光層 1 1 3 と第 2 の発光層 1 1 4 とが、第 2 の発光層 1 1 4 の燐光材料を含まない層（分離層 1 2 0）を介して積層される構成となる。このような構成とすることで、分離層 1 2 0 と第 2 の発光層 1 1 4 を燐光材料の有無で蒸着することが可能となる。上記構成を別言すると、分離層 1 2 0 は、燐光材料を含まない領域を有し、第 2 の発光層 1 1 4 は、燐光材料を含む領域を有する。また、このような構成とすることで、分離層 1 2 0 と第 2 の発光層 1 1 4 を同じチャンパーで成膜することが可能となる。これにより、製造コストを削減することができる。

20

【 0 0 8 6 】

あるいは、分離層 1 2 0 に含まれる材料、もしくはそのうちの少なくとも一つは、第 2 の発光層 1 1 4 のホスト材料（第 1 の有機化合物）よりも T_1 準位が高くても良い。

【 0 0 8 7 】

正孔輸送性材料と電子輸送性材料の混合比を調整することによって再結合領域を調整することができる。これにより発光色の制御を行うことができる。例えば、第 1 の電極 1 0 1 と第 2 の電極 1 0 2 がそれぞれ陽極と陰極である場合、分離層 1 2 0 の正孔輸送材料の割合を増やすことで再結合領域を第 1 の電極 1 0 1 側から第 2 の電極 1 0 2 側へシフトすることができる。これにより、第 2 の発光層 1 1 4 からの発光の寄与を増大させることができる。逆に、電子輸送材料の割合を増やすことで再結合領域を第 2 の電極 1 0 2 側から第 1 の電極 1 0 1 側へシフトすることができる。第 1 の発光層 1 1 3 と第 2 の発光層 1 1 4 からの発光色が異なる場合には、発光素子全体の発光色を変化させることができる。

30

【 0 0 8 8 】

正孔輸送性材料と電子輸送性材は分離層 1 2 0 内で励起錯体を形成しても良く、これによって励起子の拡散を効果的に防ぐことができる。具体的には、第 2 の発光層 1 1 4 のホスト材料（第 1 の有機化合物）あるいは燐光材料の励起状態から、第 1 の発光層 1 1 3 のホスト材料あるいは蛍光材料へのエネルギー移動を防ぐことができる。

40

【 0 0 8 9 】

また、実施の形態 1 で示す発光素子 1 4 0 と同様に、第 1 の発光層 1 1 3 が第 2 の発光層 1 1 4 の上に位置しても良い。具体的には、図 4 (B) に示す発光素子 1 6 0 のように、正孔輸送層 1 1 2 上に第 2 の発光層 1 1 4 が設けられ、その上に分離層 1 2 0 を介して第 1 の発光層 1 1 3 が設けられる構成としてもよい。

【 0 0 9 0 】

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るこ

50

とができる。

【0091】

(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素子について図5を用いて説明する。なお、図5は、本発明の一態様の発光素子170を説明する断面模式図である。

【0092】

発光素子170は、第1の電極101と、第2の電極102との間に、複数の発光ユニット(図5においては、第1の発光ユニット131及び第2の発光ユニット132)を有する。1つの発光ユニットは、図1で示すEL層130と同様な構成を有する。つまり、図1で示した発光素子100は、1つの発光ユニットを有し、発光素子170は、複数の

10

【0093】

また、図5に示す発光素子170において、第1の発光ユニット131と第2の発光ユニット132が積層されており、第1の発光ユニット131と第2の発光ユニット132との間には電荷発生層133が設けられる。なお、第1の発光ユニット131と第2の発光ユニット132は、同じ構成でも異なる構成でもよい。

【0094】

電荷発生層133には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。該複合材料には、先に示す正孔注入層111に用いることができる複合材料を用いればよい。有機化合物としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール化合物、芳香族炭化水素、高分子化合物(オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等)など、種々の化合物を用いることができる。なお、有機化合物としては、正孔移動度が $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上であるものを適用することが好ましい。ただし、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てもよい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層133に接している場合は、電荷発生層133が発光ユニットの正孔輸送層の役割も担うことができるため、発光ユニットは正孔輸送層を設けなくともよい。

20

【0095】

なお、電荷発生層133は、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を組み合わせた積層構造として形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせ形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを組み合わせ形成してもよい。

30

【0096】

なお、第1の発光ユニット131と第2の発光ユニット132に挟まれる電荷発生層133は、第1の電極101と第2の電極102に電圧を印加したときに、一方の発光ユニットに電子を注入し、他方の発光ユニットに正孔を注入するものであればよい。例えば、図5において、第1の電極101の電位の方が第2の電極102の電位よりも高くなるように電圧を印加した場合、電荷発生層133は、第1の発光ユニット131に電子を注入し、第2の発光ユニット132に正孔を注入するものであればよい。

40

【0097】

また、図5においては、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、同様に適用することが可能である。発光素子170のように、一对の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、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。

【0098】

なお、複数のユニットのうち、少なくとも一つのユニットに、EL層130の構成を適

50

用することによって、該ユニットの製造工程を削減することができるため、実用化に有利な多色発光素子を提供することができる。

【0099】

なお、上記構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

【0100】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態1乃至実施の形態3に記載の発光素子を用いた発光装置について図6を用いて説明する。

【0101】

図6(A)は発光装置600を示す上面図、図6(B)は図6(A)の一点鎖線A-B、及び一点鎖線C-Dで切断した断面図である。発光装置600は、駆動回路部(ソース線駆動回路部601、及びゲート線駆動回路部603)、並びに画素部602を有する。なお、ソース線駆動回路部601、ゲート線駆動回路部603、及び画素部602は、発光素子の発光を制御する機能を有する。

【0102】

また、発光装置600は、素子基板610と、封止基板604と、シール材605と、シール材605で囲まれた領域607と、引き回し配線608と、FPC609と、を有する。

【0103】

なお、引き回し配線608は、ソース線駆動回路部601及びゲート線駆動回路部603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPC609しか図示されていないが、FPC609にはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。

【0104】

また、ソース線駆動回路部601は、nチャネル型のFET623とpチャネル型のFET624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。なお、ソース線駆動回路部601またはゲート線駆動回路部603は、種々のCMOS回路、NMOS回路もしくはPMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路部を形成したドライバ一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路部を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0105】

また、画素部602は、スイッチング用のFET611と、電流制御用のFET612と、電流制御用のFET612のドレインに電氣的に接続された第1の電極613と、を有する。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。絶縁物614としては、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることができる。

【0106】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 μ m乃至3 μ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物614として、ネガ型の感光性樹脂、またはポジ型の感光性樹脂のいずれも使用することができる。

【0107】

なお、FET(FET611、612、623、624)の構造は、特に限定されない。例えば、スタガ型のトランジスタを用いてもよい。また、トランジスタの極性についても特に限定はなく、N型およびP型のトランジスタを有する構造、及びN型のトランジスタまたはP型のトランジスタのいずれか一方のみからなる構造を用いてもよい。また、トランジスタに用いられる半導体膜の結晶性についても特に限定はない。例えば、非晶質半導体膜、結晶性半導体膜を用いることができる。また、半導体材料としては、第13族(

10

20

30

40

50

ガリウム等)半導体、第14族(ケイ素等)半導体、化合物半導体(酸化物半導体を含む)、有機半導体等を用いることができる。トランジスタとしては、例えば、エネルギーギャップが2 eV以上、好ましくは2.5 eV以上、さらに好ましくは3 eV以上の酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができるため好ましい。該酸化物半導体としては、In-Ga酸化物、In-M-Zn酸化物(Mは、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、またはNd)等が挙げられる。

【0108】

第1の電極613上には、EL層616、および第2の電極617がそれぞれ形成されている。なお、第1の電極613は、陽極として機能し、第2の電極617は、陰極として機能する。

10

【0109】

また、EL層616は、蒸着法(真空蒸着法を含む)、印刷法(例えば、凸版印刷法、凹版印刷法、グラビア印刷法、平版印刷法、孔版印刷法等)、インクジェット法、塗布法等の方法で形成することができる。EL層616は、実施の形態1乃至実施の形態3で説明したような構成を含んでいる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、 dendリマーを含む)であっても良い。

【0110】

なお、第1の電極613、EL層616、及び第2の電極617により、発光素子618が形成される。発光素子618は、実施の形態1乃至実施の形態3の構成を有する発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成される場合、実施の形態1乃至実施の形態3に記載の発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。

20

【0111】

また、シール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた領域607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、領域607には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合の他、シール材605で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材(図示しない)を設けると水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

【0112】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiber Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

30

【0113】

以上のようにして、実施の形態1乃至実施の形態3に記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得ることができる。

【0114】

本実施の形態における発光装置600は、実施の形態1乃至実施の形態3に記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態1乃至実施の形態3で示した発光素子は発光効率の良好な発光素子であり、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、量産しやすい発光素子であり、安価な発光装置を提供することができる。

40

【0115】

次に、白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層(カラーフィルタ)等を設けることによってフルカラー化した発光装置の断面図の一例を図7(A)(B)示す。

【0116】

図7(A)には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜102

50

1、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024Y、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の第2の電極1026、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

【0117】

また、図7(A)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B、及び黄色の着色層1034Y)は透明な基材1033に設けている。また、黒色層(ブラックマトリックス)1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図7(A)においては、着色層を透過する光は赤、青、緑、黄となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

10

【0118】

図7(B)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。なお、本発明の一態様の発光素子は、黄色の波長を発することができるため、図7(B)に示すように黄色の着色層を設けない構成としてもよい。

【0119】

また、以上に説明した発光装置では、FETが形成されている基板1001側に光を取り出す構造(ボトムエミッション型)の発光装置としたが、封止基板1031側に光を取り出す構造(トップエミッション型)の発光装置としても良い。

20

【0120】

トップエミッション型の発光装置の断面図の一例を図8に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、電極1022を覆うように、第3の層間絶縁膜1037を形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の様々な材料を用いて形成することができる。

【0121】

発光素子の第1の電極1024Y、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図8のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極1024Y、1024R、1024G、1024Bを反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、実施の形態1乃至実施の形態3においてEL層130として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

30

【0122】

また、図8においては、EL層1028上に第2の電極1026が設けられる構成である。例えば、第2の電極1026を半透過・半反射電極として、第1の電極1024Y、1024R、1024G、1024Bと、第2の電極1026との間で、光の共振効果を利用した微小光共振器(マイクロキャビティ)構造を採用し、特定波長における光強度を増加させてもよい。

40

【0123】

図8のようなトップエミッションの構造では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B、及び黄色の着色層1034Y)を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するように黒色層1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B、及び黄色の着色層1034Y)や黒色層1035は、オーバーコート層(図示しない)によって覆われていても良い。なお、封止基板1031は透光性を有する基板を用いることとする。

【0124】

50

また、図 8 においては、白色の発光が得られるような発光素子と、該発光素子にそれぞれ着色層を設ける構成を例示したが、これに限定されない。例えば、図 9 (A) に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、及び黄色の着色層 1 0 3 4 Y を設けて、青色の着色層を設けずに、赤、緑、青、黄の 4 色でフルカラー表示を行う構成、または図 9 (B) に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、赤色の着色層 1 0 3 4 R、及び緑色の着色層 1 0 3 4 G を設けて、青色及び黄色の着色層を設けずに、赤、緑、青、黄の 4 色でフルカラー表示を行う構成としてもよい。図 8 に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、該発光素子にそれぞれ着色層を設ける構成とした場合、外光反射を抑制できるといった効果を奏する。一方で、図 9 (B) に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、赤色の着色層及び緑色の着色層を設け、青色及び黄色の着色層を設けない構成とした場合、発光素子から射出された光のエネルギー損失が少ないため、消費電力を低くできるといった効果を奏する。

10

【 0 1 2 5 】

また、図 1 0 (A) に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、該発光素子にそれぞれ着色層を設けて、赤、緑、青の 3 色でフルカラー表示を行う構成、または図 1 0 (B) に示すように、白色の発光が得られるような発光素子と、赤色の着色層 1 0 3 4 R、及び緑色の着色層 1 0 3 4 G を設けて、青色の着色層を設けずに、赤、緑、青の 3 色でフルカラー表示を行う構成としてもよい。

【 0 1 2 6 】

なお、図 9 (A) (B)、及び図 1 0 (A) (B) は、本発明の一態様の発光装置を説明する断面模式図であり、図 8 に示す駆動回路部 1 0 4 1、周辺部 1 0 4 2 等を省略して例示している。また、図 8 に限らず、図 9 及び図 1 0 においても、マイクロキャビティ構造を採用してもよい。

20

【 0 1 2 7 】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に記載の発光素子を用いているため、良好な特性を備えた発光装置を得ることができる。具体的には、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で示した発光素子は発光効率の良好な発光素子であり、消費電力の低減された発光装置とすることができる。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に記載の発光素子と、カラーフィルタ等の着色層とを組み合わせることで、白色発光を得られる最適な素子構造とすることができる。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に記載の発光素子は、量産しやすい発光構造であり、安価な発光装置を提供することができる。

30

【 0 1 2 8 】

なお、上記構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

【 0 1 2 9 】**(実施の形態 5)**

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置を有する表示装置について、図 1 1 を用いて説明を行う。

【 0 1 3 0 】

なお、図 1 1 (A) は、本発明の一態様の表示装置を説明するブロック図であり、図 1 1 (B) は、本発明の一態様の表示装置が有する画素回路を説明する回路図である。

40

【 0 1 3 1 】

図 1 1 (A) に示す表示装置は、表示素子の画素を有する領域 (以下、画素部 8 0 2 という) と、画素部 8 0 2 の外側に配置され、画素を駆動するための回路を有する回路部 (以下、駆動回路部 8 0 4 という) と、素子の保護機能を有する回路 (以下、保護回路 8 0 6 という) と、端子部 8 0 7 と、を有する。なお、保護回路 8 0 6 は、設けない構成としてもよい。

【 0 1 3 2 】

駆動回路部 8 0 4 の一部、または全部は、画素部 8 0 2 と同一基板上に形成されている

50

ことが望ましい。これにより、部品数や端子数を減らすことができる。駆動回路部 804 の一部、または全部が、画素部 802 と同一基板上に形成されていない場合には、駆動回路部 804 の一部、または全部は、COG や TAB (Tape Automated Bonding) によって、実装することができる。

【0133】

画素部 802 は、X 行 (X は 2 以上の自然数) Y 列 (Y は 2 以上の自然数) に配置された複数の表示素子を駆動するための回路 (以下、画素回路 801 という) を有し、駆動回路部 804 は、画素を選択する信号 (走査信号) を出力する回路 (以下、ゲートドライバ 804 a という)、画素の表示素子を駆動するための信号 (データ信号) を供給するための回路 (以下、ソースドライバ 804 b) などの駆動回路を有する。

10

【0134】

ゲートドライバ 804 a は、シフトレジスタ等を有する。ゲートドライバ 804 a は、端子部 807 を介して、シフトレジスタを駆動するための信号が入力され、信号を出力する。例えば、ゲートドライバ 804 a は、スタートパルス信号、クロック信号等が入力され、パルス信号を出力する。ゲートドライバ 804 a は、走査信号が与えられる配線 (以下、走査線 GL₁ 乃至 GL_X という) の電位を制御する機能を有する。なお、ゲートドライバ 804 a を複数設け、複数のゲートドライバ 804 a により、走査線 GL₁ 乃至 GL_X を分割して制御してもよい。または、ゲートドライバ 804 a は、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、ゲートドライバ 804 a は、別の信号を供給することも可能である。

20

【0135】

ソースドライバ 804 b は、シフトレジスタ等を有する。ソースドライバ 804 b は、端子部 807 を介して、シフトレジスタを駆動するための信号の他、データ信号の元となる信号 (画像信号) が入力される。ソースドライバ 804 b は、画像信号を元に画素回路 801 に書き込むデータ信号を生成する機能を有する。また、ソースドライバ 804 b は、スタートパルス、クロック信号等が入力されて得られるパルス信号に従って、データ信号の出力を制御する機能を有する。また、ソースドライバ 804 b は、データ信号が与えられる配線 (以下、データ線 DL₁ 乃至 DL_Y という) の電位を制御する機能を有する。または、ソースドライバ 804 b は、初期化信号を供給することができる機能を有する。ただし、これに限定されず、ソースドライバ 804 b は、別の信号を供給することも可能である。

30

【0136】

ソースドライバ 804 b は、例えば複数のアナログスイッチなどを用いて構成される。ソースドライバ 804 b は、複数のアナログスイッチを順次オン状態にすることにより、画像信号を時分割した信号をデータ信号として出力できる。また、シフトレジスタなどを用いてソースドライバ 804 b を構成してもよい。

【0137】

複数の画素回路 801 のそれぞれは、走査信号が与えられる複数の走査線 GL の一つを介してパルス信号が入力され、データ信号が与えられる複数のデータ線 DL の一つを介してデータ信号が入力される。また、複数の画素回路 801 のそれぞれは、ゲートドライバ 804 a によりデータ信号のデータの書き込み及び保持が制御される。例えば、m 行 n 列目の画素回路 801 は、走査線 GL_m (m は X 以下の自然数) を介してゲートドライバ 804 a からパルス信号が入力され、走査線 GL_m の電位に応じてデータ線 DL_n (n は Y 以下の自然数) を介してソースドライバ 804 b からデータ信号が入力される。

40

【0138】

図 11 (A) に示す保護回路 806 は、例えば、ゲートドライバ 804 a と画素回路 801 の間の配線である走査線 GL に接続される。または、保護回路 806 は、ソースドライバ 804 b と画素回路 801 の間の配線であるデータ線 DL に接続される。または、保護回路 806 は、ゲートドライバ 804 a と端子部 807 との間の配線に接続することができる。または、保護回路 806 は、ソースドライバ 804 b と端子部 807 との間の配

50

線に接続することができる。なお、端子部 807 は、外部の回路から表示装置に電源及び制御信号、及び画像信号を入力するための端子が設けられた部分をいう。

【0139】

保護回路 806 は、自身が接続する配線に一定の範囲外の電位が与えられたときに、該配線と別の配線とを導通状態にする回路である。

【0140】

図 11 (A) に示すように、画素部 802 と駆動回路部 804 にそれぞれ保護回路 806 を設けることにより、ESD (Electro Static Discharge : 静電気放電) などにより発生する過電流に対する表示装置の耐性を高めることができる。ただし、保護回路 806 の構成はこれに限定されず、例えば、ゲートドライバ 804 a に保護回路 806 を接続した構成、またはソースドライバ 804 b に保護回路 806 を接続した構成とすることもできる。あるいは、端子部 807 に保護回路 806 を接続した構成とすることもできる。

10

【0141】

また、図 11 (A) においては、ゲートドライバ 804 a とソースドライバ 804 b によって駆動回路部 804 を形成している例を示しているが、この構成に限定されない。例えば、ゲートドライバ 804 a のみを形成し、別途用意されたソースドライバ回路が形成された基板 (例えば、単結晶半導体膜、多結晶半導体膜で形成された駆動回路基板) を実装する構成としても良い。

【0142】

また、図 11 (A) に示す複数の画素回路 801 は、例えば、図 11 (B) に示す構成とすることができる。

20

【0143】

図 11 (B) に示す画素回路 801 は、トランジスタ 852、854 と、容量素子 862 と、発光素子 872 と、を有する。

【0144】

トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の一方は、データ信号が与えられる配線 (以下、信号線 DL_n という) に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ 852 のゲート電極は、ゲート信号が与えられる配線 (以下、走査線 GL_m という) に電氣的に接続される。

30

【0145】

トランジスタ 852 は、オン状態またはオフ状態になることにより、データ信号のデータの書き込みを制御する機能を有する。

【0146】

容量素子 862 の一対の電極の一方は、電位が与えられる配線 (以下、電位供給線 VL_a という) に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0147】

容量素子 862 は、書き込まれたデータを保持する保持容量としての機能を有する。

【0148】

トランジスタ 854 のソース電極及びドレイン電極の一方は、電位供給線 VL_a に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ 854 のゲート電極は、トランジスタ 852 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

40

【0149】

発光素子 872 のアノード及びカソードの一方は、電位供給線 VL_b に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 854 のソース電極及びドレイン電極の他方に電氣的に接続される。

【0150】

発光素子 872 としては、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示す発光素子を用いることができる。

50

【 0 1 5 1 】

なお、電位供給線 V L __ a 及び電位供給線 V L __ b の一方には、高電源電位 V D D が与えられ、他方には、低電源電位 V S S が与えられる。

【 0 1 5 2 】

図 1 1 (B) の画素回路 8 0 1 を有する表示装置では、例えば、図 1 1 (A) に示すゲートドライバ 8 0 4 a により各行の画素回路 8 0 1 を順次選択し、トランジスタ 8 5 2 をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【 0 1 5 3 】

データが書き込まれた画素回路 8 0 1 は、トランジスタ 8 5 2 がオフ状態になることで保持状態になる。さらに、書き込まれたデータ信号の電位に応じてトランジスタ 8 5 4 のソース電極とドレイン電極の間に流れる電流量が制御され、発光素子 8 7 2 は、流れる電流量に応じた輝度で発光する。これを行毎に順次行うことにより、画像を表示できる。

10

【 0 1 5 4 】

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。

【 0 1 5 5 】

(実施の形態 6)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光装置を有する表示モジュール及び電子機器について、図 1 2 及び図 1 3 を用いて説明を行う。

【 0 1 5 6 】

図 1 2 に示す表示モジュール 8 0 0 0 は、上部カバー 8 0 0 1 と下部カバー 8 0 0 2 との間に、F P C 8 0 0 3 に接続されたタッチパネル 8 0 0 4、F P C 8 0 0 5 に接続された表示パネル 8 0 0 6、フレーム 8 0 0 9、プリント基板 8 0 1 0、バッテリー 8 0 1 1 を有する。

20

【 0 1 5 7 】

本発明の一態様の発光装置は、例えば、表示パネル 8 0 0 6 に用いることができる。

【 0 1 5 8 】

上部カバー 8 0 0 1 及び下部カバー 8 0 0 2 は、タッチパネル 8 0 0 4 及び表示パネル 8 0 0 6 のサイズに合わせて、形状や寸法を適宜変更することができる。

【 0 1 5 9 】

タッチパネル 8 0 0 4 は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチパネルを表示パネル 8 0 0 6 に重畳して用いることができる。また、表示パネル 8 0 0 6 の対向基板(封止基板)に、タッチパネル機能を持たせるようにすることも可能である。また、表示パネル 8 0 0 6 の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチパネルとすることも可能である。

30

【 0 1 6 0 】

フレーム 8 0 0 9 は、表示パネル 8 0 0 6 の保護機能の他、プリント基板 8 0 1 0 の動作により発生する電磁波を遮断するための電磁シールドとしての機能を有する。またフレーム 8 0 0 9 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

【 0 1 6 1 】

プリント基板 8 0 1 0 は、電源回路、ビデオ信号及びクロック信号を出力するための信号処理回路を有する。電源回路に電力を供給する電源としては、外部の商用電源であっても良いし、別途設けたバッテリー 8 0 1 1 による電源であってもよい。バッテリー 8 0 1 1 は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

40

【 0 1 6 2 】

また、表示モジュール 8 0 0 0 は、偏光板、位相差板、プリズムシートなどの部材を追加して設けてもよい。

【 0 1 6 3 】

図 1 3 (A) 乃至図 1 3 (G) は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体 9 0 0 0、表示部 9 0 0 1、スピーカ 9 0 0 3、操作キー 9 0 0 5 (電源スイッチ、又は操作スイッチを含む)、接続端子 9 0 0 6、センサ 9 0 0 7 (力、変位、位置、速度、

50

加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定するまたは検知する機能を含むもの)、マイクロフォン9008、等を有することができる。

【0164】

図13(A)乃至図13(G)に示す電子機器は、様々な機能を有することができる。例えば、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示部に表示する機能、タッチセンサ機能、カレンダー、日付または時刻などを表示する機能、様々なソフトウェア(プログラム)によって処理を制御する機能、無線通信機能、無線通信機能を用いて様々なコンピュータネットワークに接続する機能、無線通信機能を用いて様々なデータの送信または受信を行う機能、記録媒体に記録されているプログラムまたはデータを読み出して表示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図13(A)乃至図13(G)に示す電子機器が有することのできる機能はこれらに限定されず、様々な機能を有することができる。また、図13(A)乃至図13(G)には図示していないが、電子機器には、複数の表示部を有する構成としてもよい。また、該電子機器にカメラ等を設け、静止画を撮影する機能、動画を撮影する機能、撮影した画像を記録媒体(外部またはカメラに内蔵)に保存する機能、撮影した画像を表示部に表示する機能、等を有していてもよい。

10

【0165】

図13(A)乃至図13(G)に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0166】

図13(A)は、携帯情報端末9100を示す斜視図である。携帯情報端末9100が有する表示部9001は、可撓性を有する。そのため、湾曲した筐体9000の湾曲面に沿って表示部9001を組み込むことが可能である。また、表示部9001はタッチセンサを備え、指やスタイラスなどで画面に触れることで操作することができる。例えば、表示部9001に表示されたアイコンに触れることで、アプリケーションを起動することができる。

20

【0167】

図13(B)は、携帯情報端末9101を示す斜視図である。携帯情報端末9101は、例えば電話機、手帳又は情報閲覧装置等から選ばれた一つ又は複数の機能を有する。具体的には、スマートフォンとして用いることができる。なお、携帯情報端末9101は、スピーカ9003、接続端子9006、センサ9007等を省略して図示しているが、図13(A)に示す携帯情報端末9100と同様の位置に設けることができる。また、携帯情報端末9101は、文字や画像情報をその複数の面に表示することができる。例えば、3つの操作ボタン9050(操作アイコンまたは単にアイコンともいう)を表示部9001の一の面に表示することができる。また、破線の矩形で示す情報9051を表示部9001の他の面に表示することができる。なお、情報9051の一例としては、電子メールやSNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)や電話などの着信を知らせる表示、電子メールやSNSなどの題名、電子メールやSNSなどの送信者名、日時、時刻、バッテリーの残量、アンテナ受信の強度などがある。または、情報9051が表示されている位置に、情報9051の代わりに、操作ボタン9050などを表示してもよい。

30

【0168】

図13(C)は、携帯情報端末9102を示す斜視図である。携帯情報端末9102は、表示部9001の3面以上に情報を表示する機能を有する。ここでは、情報9052、情報9053、情報9054がそれぞれ異なる面に表示されている例を示す。例えば、携帯情報端末9102の使用人は、洋服の胸ポケットに携帯情報端末9102を収納した状態で、その表示(ここでは情報9053)を確認することができる。具体的には、着信した電話の発信者の電話番号又は氏名等を、携帯情報端末9102の上方から観察できる位置に表示する。使用人は、携帯情報端末9102をポケットから取り出すことなく、表示を確認し、電話を受けるか否かを判断できる。

40

【0169】

図13(D)は、腕時計型の携帯情報端末9200を示す斜視図である。携帯情報端末

50

9200は、携帯電話、電子メール、文章閲覧及び作成、音楽再生、インターネット通信、コンピュータゲームなどの種々のアプリケーションを実行することができる。また、表示部9001はその表示面が湾曲して設けられ、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる。また、携帯情報端末9200は、通信規格された近距離無線通信を実行することが可能である。例えば無線通信可能なヘッドセットと相互通信することによって、ハンズフリーで通話することもできる。また、携帯情報端末9200は、接続端子9006を有し、他の情報端末とコネクタを介して直接データのやりとりを行うことができる。また接続端子9006を介して充電を行うこともできる。なお、充電動作は接続端子9006を介さずに無線給電により行ってもよい。

【0170】

図13(E)(F)(G)は、折り畳み可能な携帯情報端末9201を示す斜視図である。また、図13(E)が携帯情報端末9201を展開した状態の斜視図であり、図13(F)が携帯情報端末9201を展開した状態または折り畳んだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の斜視図であり、図13(G)が携帯情報端末9201を折り畳んだ状態の斜視図である。携帯情報端末9201は、折り畳んだ状態では可撓性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。携帯情報端末9201が有する表示部9001は、ヒンジ9055によって連結された3つの筐体9000に支持されている。ヒンジ9055を介して2つの筐体9000間を屈曲させることにより、携帯情報端末9201を展開した状態から折りたたんだ状態に可逆的に変形させることができる。例えば、携帯情報端末9201は、曲率半径1mm以上150mm以下で曲げることができる。

【0171】

本実施の形態において述べた電子機器は、何らかの情報を表示するための表示部を有することを特徴とする。ただし、本発明の一態様の発光装置は、表示部を有さない電子機器にも適用することができる。また、本実施の形態において述べた電子機器の表示部においては、可撓性を有し、湾曲した表示面に沿って表示を行うことができる構成、または折り畳み可能な表示部の構成について例示したが、これに限定されず、可撓性を有さず、平面部に表示を行う構成としてもよい。

【0172】

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用いることができる。

【0173】

(実施の形態7)

本実施の形態では、本発明の一態様である発光装置を適用した照明装置の一例について、図14を用いて説明する。

【0174】

図14は、発光装置を室内の照明装置8501として用いた例である。なお、発光装置は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置を形成することもできる。その他、曲面を有する筐体を用いることで、発光領域が曲面を有する照明装置8502を形成することもできる。本実施の形態で示す発光装置に含まれる発光素子は薄膜状であり、筐体のデザインの自由度が高い。したがって、様々な意匠を凝らした照明装置を形成することができる。さらに、室内の壁面に大型の照明装置8503を備えても良い。また、照明装置8501、8502、8503に、タッチセンサを設けて、発光装置の電源のオンまたはオフを行ってもよい。

【0175】

また、発光装置をテーブルの表面に用いることによりテーブルとしての機能を備えた照明装置8504とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光装置を用いることにより、家具としての機能を備えた照明装置とすることができる。

【0176】

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

10

20

30

40

50

置は本発明の一態様に含まれるものとする。

【0177】

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ることができる。

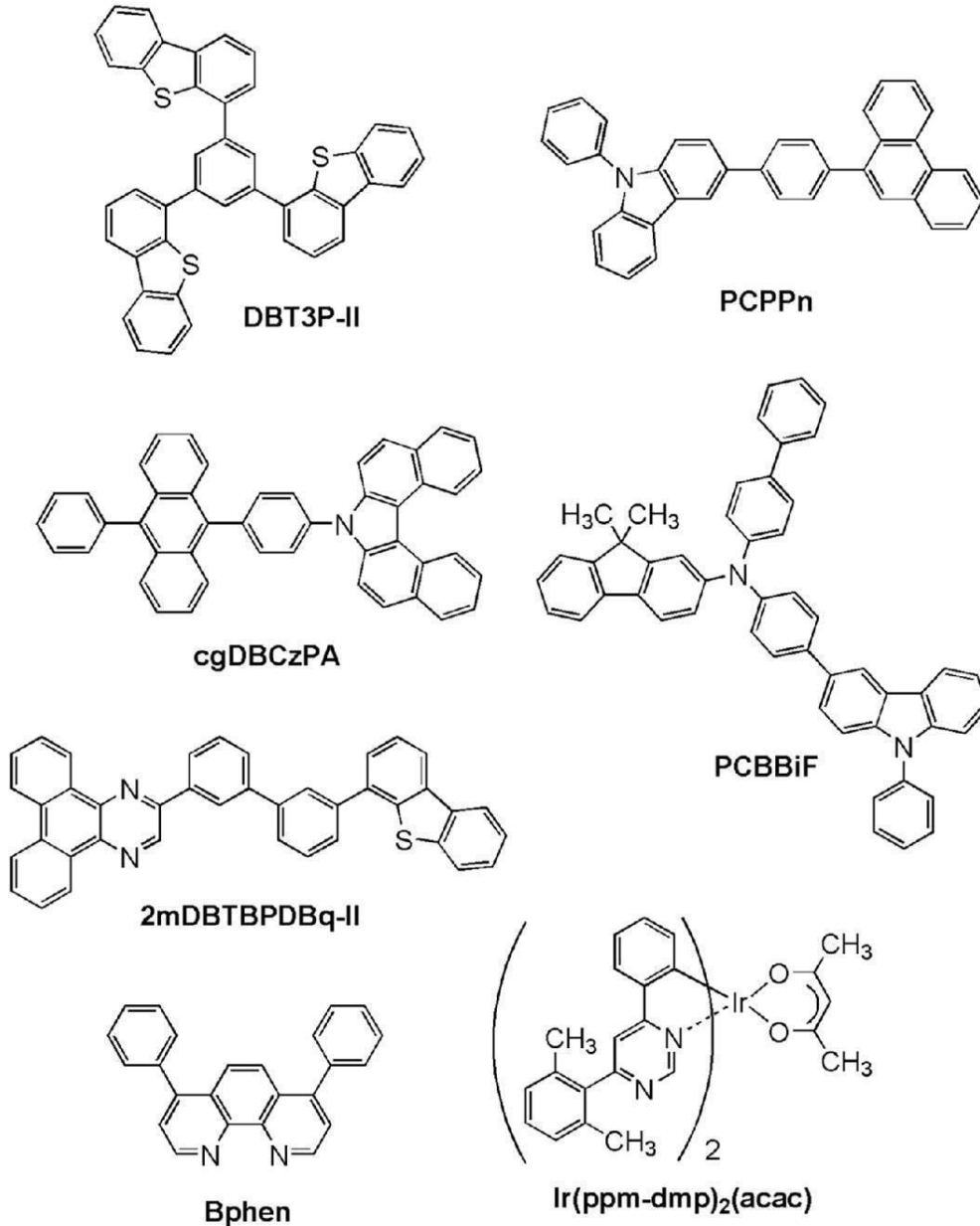
【実施例1】

【0178】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子の作製例を示す。本実施例で作製する発光素子（発光素子1乃至発光素子4）の断面模式図を図15(A)(B)に、素子構造の詳細を表1に、使用した化合物の構造と略称を以下に示す。

【0179】

【化1】



【0180】

10

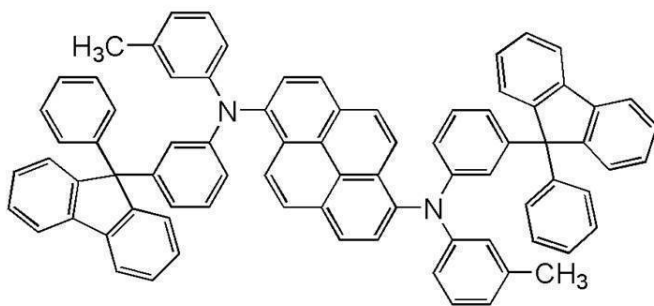
20

30

40

50

【化 2】

**1,6mMemFLPAPrn**

【 0 1 8 1 】

10

20

30

40

50

【表 1】

実施例1の発光素子の構造

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子1	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II:PCBBiF:Ir(ppm-dmp) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
	第1の発光層	513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	正孔注入層	511	40	DBT3P-II : MoOx	2:1
第1の電極	501	110	ITSO	-	
発光素子2	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II : PCBBiF : Ir(ppm-dmp) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
	分離層	520	2	2mDBTBPDq-II : PCBBiF	0.6:0.4
	第1の発光層	513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
正孔注入層	511	40	DBT3P-II : MoOx	2:1	
第1の電極	501	110	ITSO	-	
発光素子3	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II : PCBBiF : Ir(ppm-dmp) ₂ (acac)	0.5:0.5:0.05
	第1の発光層	513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	正孔注入層	511	40	DBT3P-II : MoOx	2:1
第1の電極	501	110	ITSO	-	
発光素子4	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II : PCBBiF : Ir(ppm-dmp) ₂ (acac)	0.5:0.5:0.05
	分離層	520	2	2mDBTBPDq-II : PCBBiF	0.6:0.4
	第1の発光層	513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
正孔注入層	511	40	DBT3P-II : MoOx	2:1	
第1の電極	501	110	ITSO	-	

【0182】

< 1 - 1 . 発光素子1の作製 >

ガラス基板500上に形成された酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITSO (Indium Tin SiO₂ Doped Oxide)、膜厚110nm、面積2mm × 2mm) を第1の電極501とし、この上に1, 3, 5 - トリ (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) ベンゼン (DBT3P - II) と酸化モリブデン (MoO₃) を重量比 (DBT3P - II : MoO₃) が2 : 1、膜厚が40nmになるように共蒸着して正孔注入層511を形成した。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着法である。

【0183】

正孔注入層511上に3 - [4 - (9 - フェナントリル) - フェニル] - 9 - フェニル

- 9 H - カルバゾール (P C P P n) を膜厚が 2 0 n m になるように蒸着して正孔輸送層 5 1 2 を形成した。

【 0 1 8 4 】

正孔輸送層 5 1 2 上に 7 - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 7 H - ジベンゾ [c , g] カルバゾール (c g D B C z P A)、および N , N ' - ビス (3 - メチルフェニル) - N , N ' - ビス [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ピレン - 1 , 6 - ジアミン (1 , 6 m M e m F L P A P r n) を重量比 (c g D B C z P A : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) が 1 : 0 . 0 2、膜厚が 1 0 n m になるように共蒸着して第 1 の発光層 5 1 3 を形成した。なお、第 1 の発光層 5 1 3 において、c g D B C z P A がホスト材料であり、1 , 6 m M e m F L P A P r n が蛍光材料 (ゲスト材料) である。

10

【 0 1 8 5 】

第 1 の発光層 5 1 3 上に 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 (2 m D B T B P D B q - I I)、N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 9 , 9 - ジメチル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (P C B B i F)、およびビス { 2 - [6 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 - ピリミジニル - N 3] フェニル - C } (2 , 4 - ペンタンジオナト - O , O ') イリジウム (I I I) (I r (p p m - d m p) 2 (a c a c)) を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F : I r (p p m - d m p) 2 (a c a c)) が 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して第 2 の発光層 5 1 4 を形成した。なお、第 2 の発光層 5 1 4 において、2 m D B T B P D B q - I I が第 1 の有機化合物 (ホスト材料) であり、P C B B i F が第 2 の有機化合物 (アシスト材料) であり、I r (p p m - d m p) 2 (a c a c) が燐光材料 (ゲスト材料) である。

20

【 0 1 8 6 】

第 2 の発光層 5 1 4 上に 2 m D B T B P D B q - I I を 1 0 n m、バソフェナントロリン (B p h e n) を 1 5 n m になるように順次蒸着し、電子輸送層 (5 1 5 (1)、5 1 5 (2)) を形成した。電子輸送層 (5 1 5 (1)、5 1 5 (2)) 上にフッ化リチウムを 1 n m の膜厚になるように蒸着して電子注入層 5 1 6 を形成し、さらにアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚になるように蒸着して第 2 の電極 5 0 2 を形成した。

30

【 0 1 8 7 】

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、シール材を用いて封止ガラス基板をガラス基板の上に固定することで発光素子を封止した。なお、封止方法としては、シール材を発光素子の周囲に塗布し、封止時に 3 6 5 n m の紫外光を 6 J / c m ² 照射し、8 0 にて 1 時間熱処理した。以上の工程により発光素子 1 を得た。

【 0 1 8 8 】

< 1 - 2 . 発光素子 2 の作製 >

発光素子 1 と同様に第 1 の電極 5 0 1 上に D B T 3 P - I I と酸化モリブデンを重量比 (D B T 3 P - I I : M o O 3) が 2 : 1、膜厚が 4 0 n m になるように共蒸着して正孔注入層 5 1 1 を形成した。

40

【 0 1 8 9 】

正孔注入層 5 1 1 上に P C P P n を膜厚が 2 0 n m になるように蒸着して正孔輸送層 5 1 2 を形成した。

【 0 1 9 0 】

正孔輸送層 5 1 2 上に c g D B C z P A、および 1 , 6 m M e m F L P A P r n を重量比 (c g D B C z P A : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) が 1 : 0 . 0 2、膜厚が 1 0 n m になるように共蒸着して第 1 の発光層 5 1 3 を形成した。

【 0 1 9 1 】

第 1 の発光層 5 1 3 上に 2 m D B T B P D B q - I I、および P C B B i F を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F) が 0 . 6 : 0 . 4、膜厚が 2 n m になるよ

50

うに共蒸着して分離層 5 2 0 を形成した。

【 0 1 9 2 】

分離層 5 2 0 上に 2 m D B T B P D B q - I I、P C B B i F、および I r (p p m - d m p)₂ (a c a c) を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F : I r (p p m - d m p)₂ (a c a c)) が 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して第 2 の発光層 5 1 4 を形成した。

【 0 1 9 3 】

第 2 の発光層 5 1 4 上に 2 m D B T B P D B q - I I を 1 0 n m、B p h e n を 1 5 n m になるように順次蒸着し、電子輸送層 (5 1 5 (1)、5 1 5 (2)) を形成した。電子輸送層 (5 1 5 (1)、5 1 5 (2)) 上にフッ化リチウムを 1 n m の膜厚になるように蒸着して電子注入層 5 1 6 を形成し、さらにアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚になるように蒸着して第 2 の電極 5 0 2 を形成した。

10

【 0 1 9 4 】

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、シール材を用いて封止ガラス基板をガラス基板上に固定することで発光素子を封止し、発光素子 2 を得た。なお、封止方法としては、発光素子 1 と同様の方法とした。

【 0 1 9 5 】

< 1 - 3 . 発光素子 3 の作製 >

発光素子 3 は、先に示す発光素子 1 の作製と、以下の工程のみ異なりそれ以外の工程は発光素子 1 と同様の作製方法とした。

20

【 0 1 9 6 】

第 1 の発光層 5 1 3 上に 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 (2 m D B T B P D B q - I I)、N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 9 , 9 - ジメチル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (P C B B i F)、およびビス { 2 - [6 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 - ピリミジニル - N 3] フェニル - C } (2 , 4 - ペンタンジオナト - O , O ') イリジウム (I I I) (I r (p p m - d m p)₂ (a c a c)) を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F : I r (p p m - d m p)₂ (a c a c)) が 0 . 5 : 0 . 5 : 0 . 0 5、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して第 2 の発光層 5 1 4 を形成した。

30

【 0 1 9 7 】

< 1 - 4 . 発光素子 4 の作製 >

発光素子 4 は、先に示す発光素子 2 の作製と、以下の工程のみ異なりそれ以外の工程は発光素子 2 と同様の作製方法とした。

【 0 1 9 8 】

分離層 5 2 0 上に 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 (2 m D B T B P D B q - I I)、N - (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 9 , 9 - ジメチル - N - [4 - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] - 9 H - フルオレン - 2 - アミン (P C B B i F)、およびビス { 2 - [6 - (2 , 6 - ジメチルフェニル) - 4 - ピリミジニル - N 3] フェニル - C } (2 , 4 - ペンタンジオナト - O , O ') イリジウム (I I I) (I r (p p m - d m p)₂ (a c a c)) を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F : I r (p p m - d m p)₂ (a c a c)) が 0 . 5 : 0 . 5 : 0 . 0 5、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して第 2 の発光層 5 1 4 を形成した。

40

【 0 1 9 9 】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【 0 2 0 0 】

< 1 - 5 . 発光素子 1 乃至発光素子 4 の特性 >

発光素子 1 乃至発光素子 4 の電流密度 - 輝度特性を図 1 6 (A) に示す。なお、図 1 6 (A) において、横軸は電流密度 (m A / c m²) を、縦軸は輝度 (c d / m²) を、そ

50

れぞれ示す。また、発光素子 1 乃至発光素子 4 の電圧 - 輝度特性を図 1 6 (B) に示す。なお、図 1 6 (B) において、横軸は電圧 (V) を、縦軸は輝度 (cd/m^2) を、それぞれ示す。また、発光素子 1 乃至発光素子 4 の輝度 - パワー効率特性を図 1 7 (A) に示す。なお、図 1 7 (A) において、横軸は輝度 (cd/m^2) を、縦軸はパワー効率 (lm/W) を、それぞれ示す。また、発光素子 1 乃至発光素子 4 の輝度 - 電流効率特性を図 1 7 (B) に示す。なお、図 1 7 (B) において、横軸は輝度 (cd/m^2) を、縦軸は電流効率 (cd/A) を、それぞれ示す。なお、各発光素子の測定は室温 (25 に保たれた雰囲気) で行った。

【 0 2 0 1 】

また、 $1000 \text{ cd}/\text{m}^2$ 付近における発光素子 1 乃至発光素子 4 の素子特性を表 2 に示す。

【 0 2 0 2 】

【 表 2 】

実施例 1 の発光素子の素子特性

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm^2)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m^2)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 1	3.1	0.15	3.8	(0.30,0.34)	910	24	24	10
発光素子 2	3.1	0.14	3.4	(0.32,0.37)	960	28	29	11
発光素子 3	3.1	0.093	2.3	(0.37,0.44)	870	37	38	12
発光素子 4	3.2	0.12	3.0	(0.38,0.45)	1200	40	39	13

【 0 2 0 3 】

また、発光素子 1 乃至発光素子 4 に $2.5 \text{ mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 1 8 に示す。図 1 8 に示す通り、発光素子 1 乃至発光素子 4 は、青色及び黄色の波長領域にピークがそれぞれ観察されることから、これらの 2 つの発光材料から同時に発光が得られていることが分かる。

【 0 2 0 4 】

なお、表 1 に示す通り、発光素子 1 及び発光素子 2 は、分離層 5 2 0 の有無が異なる。また、発光素子 3 及び発光素子 4 は、分離層 5 2 0 の有無が異なる。図 1 6 及び図 1 7 に示す結果より、発光素子 1 及び発光素子 2 では分離層 5 2 0 の有無に関わらず、概ね同じ素子特性が得られた。また、図 1 6 及び図 1 7 に示す結果より、発光素子 3 及び発光素子 4 では分離層 5 2 0 の有無に関わらず、概ね同じ素子特性が得られた。なお、発光素子 1 及び発光素子 2 と、発光素子 3 及び発光素子 4 とを比較した場合、発光素子 3 及び発光素子 4 の第 2 の発光層 5 1 4 の第 2 の有機化合物 (アシスト材料) である PCBBiF の濃度を増やしている。これにより、黄色のスペクトル強度が高くなっていることが分かる。したがって、高効率の素子特性を維持し、且つ黄色のスペクトル強度を容易に調整することが分かった。また、図 1 8 に示す結果より、発光素子 1 と発光素子 2 においては、分離層 5 2 0 の有無で青色と黄色の発光スペクトルの強度比を調整できることが確認できた。

【 0 2 0 5 】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び実施の形態と適宜組み合わせ用いる事ができる。

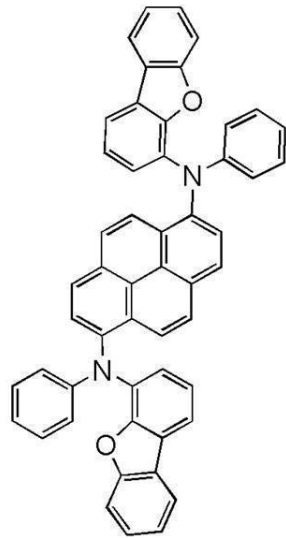
【実施例 2】

【0206】

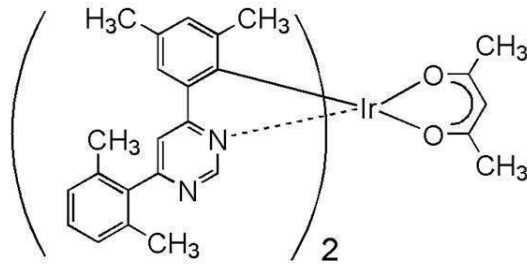
本実施例では、本発明の一態様である発光素子の作製例を示す。本実施例で作製する発光素子（発光素子 5）の断面模式図を図 15（B）に、素子構造の詳細を表 3 に、使用した化合物の構造と略称を以下に示す。なお、実施例 1 に記載の発光素子 1 乃至発光素子 4 で使用した化合物の構造と名称は省略する。

【0207】

【化 3】



1,6FrAPrn-II

Ir(dmppm-dmp)₂(acac)

【0208】

【表 3】

実施例2の発光素子の構造

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子5	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II:PCBBiF:Ir(dmppm-dmp) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
	分離層	520	2	2mDBTBPDq-II : PCBBiF	0.6:0.4
	第1の発光層	513	5	cgDBCzPA : 1,6FrAPrn-II	1:0.03
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	正孔注入層	511	20	DBT3P-II : MoO _x	2:1
第1の電極	501	110	ITSO	-	

【0209】

< 2 - 1 . 発光素子 5 の作製 >

発光素子 1 と同様に第 1 の電極 501 上に DBT3P - II と酸化モリブデンを重量比（DBT3P - II : MoO₃）が 2 : 1、膜厚が 20 nm になるように共蒸着して正孔注入層 511 を形成した。

【0210】

正孔注入層 511 上に PCPPn を膜厚が 20 nm になるように蒸着して正孔輸送層 5

10

20

30

40

50

12を形成した。

【0211】

正孔輸送層512上にcgDBCzPA、およびN,N'-ビス(ジベンゾフラン-4-イル)-N,N'-ジフェニル-ピレン-1,6-ジアミン(1,6FrAprn-II)を重量比(cgDBCzPA:1,6FrAprn-II)が1:0.03、膜厚が5nmになるように共蒸着して第1の発光層513を形成した。なお、第1の発光層513において、cgDBCzPAがホスト材料であり、1,6FrAprn-IIが蛍光材料(ゲスト材料)である。

【0212】

第1の発光層513上に2mDBTBPD Bq-II、およびPCBBiFを重量比(2mDBTBPD Bq-II:PCBBiF)が0.6:0.4、膜厚が2nmになるように共蒸着して分離層520を形成した。

10

【0213】

分離層520上に2mDBTBPD Bq-II、PCBBiF、およびビス{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}(2,4-ペンタンジオナト-²O,O')イリジウム(III)(Ir(dmp pm-dmp)₂(acac))を重量比(2mDBTBPD Bq-II:PCBBiF:Ir(dmp pm-dmp)₂(acac))が0.8:0.2:0.05、膜厚が20nmになるように共蒸着して第2の発光層514を形成した。なお、第2の発光層514において、2mDBTBPD Bq-IIが第1の有機化合物(ホスト材料)であり、PCBBiFが第2の有機化合物(アシスト材料)であり、Ir(dmp pm-dmp)₂(acac)が燐光材料(ゲスト材料)である。

20

【0214】

第2の発光層514上に2mDBTBPD Bq-IIを10nm、Bphenを15nmになるように順次蒸着し、電子輸送層(515(1)、515(2))を形成した。電子輸送層(515(1)、515(2))上にフッ化リチウムを1nmの膜厚になるように蒸着して電子注入層516を形成し、さらにアルミニウムを200nmの膜厚になるように蒸着して第2の電極502を形成した。

【0215】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

30

【0216】

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、シール材を用いて封止ガラス基板をガラス基板上に固定することで発光素子を封止し、発光素子5を得た。なお、封止方法としては、発光素子1と同様の方法とした。

【0217】

<2-2.発光素子5の特性>

発光素子5の電流密度-輝度特性を図19(A)に示す。なお、図19(A)において、横軸は電流密度(mA/cm²)を、縦軸は輝度(cd/m²)を、それぞれ示す。また、発光素子5の電圧-輝度特性を図19(B)に示す。なお、図19(B)において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度(cd/m²)を、それぞれ示す。また、発光素子5の輝度-パワー効率特性を図20(A)に示す。なお、図20(A)において、横軸は輝度(cd/m²)を、縦軸はパワー効率(lm/W)を、それぞれ示す。また、発光素子5の輝度-電流効率特性を図20(B)に示す。なお、図20(B)において、横軸は輝度(cd/m²)を、縦軸は電流効率(cd/A)を、それぞれ示す。なお、発光素子の測定は室温(25℃に保たれた雰囲気)で行った。

40

【0218】

また、1000cd/m²付近における発光素子5の素子特性を表4に示す。

【0219】

50

【表 4】

実施例2の発光素子の素子特性

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 5	2.9	0.062	1.5	(0.47,0.45)	870	56	61	18

【0220】

10

また、発光素子5に2.5 mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図21に示す。図21に示す通り、発光素子5は、青色及び黄色の波長領域にピークがそれぞれ観察されることから、これらの2つの発光材料から同時に発光が得られていることが分かる。

【0221】

本実施例の発光素子5は、実施例1に示す発光素子1乃至発光素子4と第1の発光層513の蛍光材料、及び第2の発光層514の燐光材料が異なる。図19及び図20に示す結果より、発光素子5は、実施例1に示す発光素子1乃至発光素子4と同様に、高効率な素子特性であることが分かる。また、発光素子5の1000 cd/m²付近における相関色温度を測定したところ、2850 Kであった。したがって、照明用途としても使用可能

20

【0222】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び実施の形態と適宜組み合わせて用いる事ができる。

【実施例3】

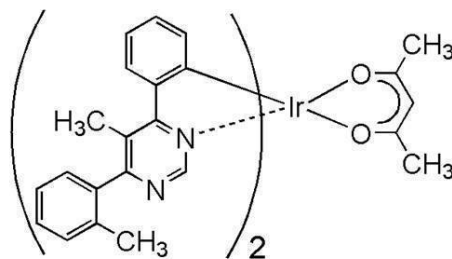
【0223】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子の作製例を示す。本実施例で作製する発光素子(発光素子6)の断面模式図を図15(B)に、素子構造の詳細を表5に、使用した化合物の構造と略称を以下に示す。なお、実施例1に記載の発光素子1乃至発光素子4で使用した化合物の構造と名称は省略する。

30

【0224】

【化4】

Ir(mpmpm)₂(acac)

40

【0225】

50

【表 5】

実施例3の発光素子の構造

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子6	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	2mDBTBPDq-II	-
	第2の発光層	514	20	2mDBTBPDq-II : PCBBiF : Ir(mpppm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.05
	分離層	520	2	2mDBTBPDq-II : PCBBiF	0.6:0.4
	第1の発光層	513	5	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.03
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	正孔注入層	511	20	DBT3P-II : MoO _x	2:1
	第1の電極	501	110	ITSO	-

10

【0226】

< 3 - 1 . 発光素子 6 の作製 >

発光素子 1 と同様に第 1 の電極 5 0 1 上に D B T 3 P - I I と酸化モリブデンを重量比 (D B T 3 P - I I : M o O ₃) が 2 : 1 、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して正孔注入層 5 1 1 を形成した。

20

【0227】

正孔注入層 5 1 1 上に P C P P n を膜厚が 2 0 n m になるように蒸着して正孔輸送層 5 1 2 を形成した。

【0228】

正孔輸送層 5 1 2 上に c g D B C z P A 、および 1 , 6 m M e m F L P A P r n を重量比 (c g D B C z P A : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) が 1 : 0 . 0 3 、膜厚が 5 n m になるように共蒸着して第 1 の発光層 5 1 3 を形成した。

【0229】

第 1 の発光層 5 1 3 上に 2 m D B T B P D B q - I I 、および P C B B i F を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F) が 0 . 6 : 0 . 4 、膜厚が 2 n m になるように共蒸着して分離層 5 2 0 を形成した。

30

【0230】

分離層 5 2 0 上に 2 m D B T B P D B q - I I 、 P C B B i F 、および (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 (I I I) (別名 : ビス { 2 - [5 - メチル - 6 - (2 - メチルフェニル) - 4 - ピリミジニル - N 3] 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)) (I r (m p m p p m) ₂ (a c a c)) を重量比 (2 m D B T B P D B q - I I : P C B B i F : I r (m p m p p m) ₂ (a c a c)) が 0 . 8 : 0 . 2 : 0 . 0 5 、膜厚が 2 0 n m になるように共蒸着して第 2 の発光層 5 1 4 を形成した。なお、第 2 の発光層 5 1 4 において、2 m D B T B P D B q - I I が第 1 の有機化合物 (ホスト材料) であり、P C B B i F が第 2 の有機化合物 (アシスト材料) であり、I r (m p m p p m) ₂ (a c a c) が燐光材料 (ゲスト材料) である。

40

【0231】

第 2 の発光層 5 1 4 上に 2 m D B T B P D B q - I I を 1 0 n m 、 B p h e n を 1 5 n m になるように順次蒸着し、電子輸送層 (5 1 5 (1) 、 5 1 5 (2)) を形成した。電子輸送層 (5 1 5 (1) 、 5 1 5 (2)) 上にフッ化リチウムを 1 n m の膜厚になるように蒸着して電子注入層 5 1 6 を形成し、さらにアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚になるように蒸着して第 2 の電極 5 0 2 を形成した。

【0232】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

50

【0233】

次に、窒素雰囲気グローブボックス内において、シール材を用いて封止ガラス基板をガラス基板上に固定することで発光素子を封止し、発光素子6を得た。なお、封止方法としては、発光素子1と同様の方法とした。

【0234】

<3-2. 発光素子6の特性>

発光素子6の電流密度-輝度特性を図22(A)に示す。なお、図22(A)において、横軸は電流密度(mA/cm²)を、縦軸は輝度(cd/m²)を、それぞれ示す。また、発光素子6の電圧-輝度特性を図22(B)に示す。なお、図22(B)において、横軸は電圧(V)を、縦軸は輝度(cd/m²)を、それぞれ示す。また、発光素子6の輝度-パワー効率特性を図23(A)に示す。なお、図23(A)において、横軸は輝度(cd/m²)を、縦軸はパワー効率(lm/W)を、それぞれ示す。また、発光素子6の輝度-電流効率を図23(B)に示す。なお、図23(B)において、横軸は輝度(cd/m²)を、縦軸は電流効率(cd/A)を、それぞれ示す。なお、発光素子の測定は室温(25に保たれた雰囲気)で行った。

10

【0235】

また、1000 cd/m²付近における発光素子6の素子特性を表6に示す。

【0236】

【表6】

実施例3の発光素子の素子特性

20

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)	パワー効率 (lm/W)	外部量子効率 (%)
発光素子 6	2.9	0.055	1.4	(0.46,0.47)	790	58	62	19

【0237】

また、発光素子6に2.5 mA/cm²の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図24に示す。図24に示す通り、発光素子6は、青色及び黄色の波長領域にピークがそれぞれ観察されることから、これらの2つの発光材料から同時に発光が得られていることが分かる。

30

【0238】

本実施例の発光素子6は、実施例1に示す発光素子1乃至発光素子4と第2の発光層514の燐光材料が異なる。図22及び図23に示す結果より、発光素子6は、実施例1に示す発光素子1乃至発光素子4と同様に、高効率な素子特性であることが分かる。また、発光素子6の1000 cd/m²付近における相関色温度を測定したところ、3090 Kであった。したがって、照明用途としても使用可能であることが分かる。

【0239】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び実施の形態と適宜組み合わせ用いる事ができる。

40

【実施例4】

【0240】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子の作製例を示す。本実施例で作製する発光素子(発光素子7乃至発光素子10)の断面模式図を図25に、素子構造の詳細を表7に、それぞれ示す。なお、発光素子7乃至発光素子10に使用した化合物の構造については、発光素子1乃至発光素子6で使用した化合物の構造と同様であるため、ここでの記載は省略する。

【0241】

50

【表 7】

実施例4の発光素子の構造

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子7	-	552	2360	CF(Red)	-
	第2の電極	502(2)	70	ITO	-
		502(1)	15	Ag : Mg	0.5:0.05 ^{*1)}
	電子注入層	516	1	LiF	-
		515(2)	20	Bphen	-
	電子輸送層	515(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		514	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.06
	第2の発光層分離層	520	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.2:0.3
		513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	第1の発光層	512	20	PCPPn	-
	正孔輸送層	511	87.5	DBT3P-II : MoOx	2:1
	正孔注入層	501(3)	75	ITSO	-
		501(2)	6	Ti	-
501(1)		200	Al-Ni-La	-	
発光素子8	-	552	1290	CF(Green)	-
	第2の電極	502(2)	70	ITO	-
		502(1)	15	Ag : Mg	0.5:0.05 ^{*1)}
	電子注入層	516	1	LiF	-
		515(2)	20	Bphen	-
	電子輸送層	515(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		514	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.06
	第2の発光層分離層	520	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.2:0.3
		513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	第1の発光層	512	20	PCPPn	-
	正孔輸送層	511	57.5	DBT3P-II : MoOx	2:1
	正孔注入層	501(3)	75	ITSO	-
		501(2)	6	Ti	-
501(1)		200	Al-Ni-La	-	
発光素子9	-	552	780	CF(Blue)	-
	第2の電極	502(2)	70	ITO	-
		502(1)	15	Ag : Mg	0.5:0.05 ^{*1)}
	電子注入層	516	1	LiF	-
		515(2)	20	Bphen	-
	電子輸送層	515(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		514	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.06
	第2の発光層分離層	520	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.2:0.3
		513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	第1の発光層	512	20	PCPPn	-
	正孔輸送層	511	50	DBT3P-II : MoOx	2:1
	正孔注入層	501(3)	40	ITSO	-
		501(2)	6	Ti	-
501(1)		200	Al-Ni-La	-	
発光素子10	-	552	800	CF(Yellow)	-
	第2の電極	502(2)	70	ITO	-
		502(1)	15	Ag : Mg	0.5:0.05 ^{*1)}
	電子注入層	516	1	LiF	-
		515(2)	20	Bphen	-
	電子輸送層	515(1)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		514	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.06
	第2の発光層分離層	520	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.2:0.3
		513	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	第1の発光層	512	20	PCPPn	-
	正孔輸送層	511	65	DBT3P-II : MoOx	2:1
	正孔注入層	501(3)	75	ITSO	-
		501(2)	6	Ti	-
501(1)		200	Al-Ni-La	-	

*1)Ag : Mgの比率のみ体積比で記載。

【 0 2 4 2 】

< 4 - 1 . 発光素子 7 乃至発光素子 1 0 の作製 >

ガラス基板 5 0 0 上に、第 1 の電極 5 0 1 (1) として、アルミニウム (A l) と、ニッケル (N i) と、ランタン (L a) の合金膜 (A l - N i - L a) をスパッタリング法により、2 0 0 n m の膜厚で成膜した。次に、第 1 の電極 5 0 1 (2) として、チタン (T i) をスパッタリング法により 6 n m の膜厚で成膜し、3 0 0 で 1 時間の熱処理を行うことで酸化チタンを有する膜を形成した。次に、第 1 の電極 5 0 1 (3) として、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (I T S O) をスパッタリング法により成膜した。なお、第 1 の電極 5 0 1 (1) 、第 1 の電極 5 0 1 (2) 、及び第 1 の電極 5 0 1 (3) により

10

20

30

40

50

、第1の電極501が構成され、第1の電極501の電極面積を2mm×2mmとした。

【0243】

また、発光素子7、発光素子8、及び発光素子10の第1の電極501(3)の膜厚は75nmとし、発光素子9の第1の電極501(3)の膜厚は40nmとした。

【0244】

次に、第1の電極501(3)上にDBTP-IIと酸化モリブデンを重量比(DBTP-II:MoO₃)が2:1になるように共蒸着して正孔注入層511を形成した。

【0245】

また、発光素子7の正孔注入層511の膜厚は87.5nmとし、発光素子8の正孔注入層511の膜厚は57.5nmとし、発光素子9の正孔注入層511の膜厚は50nmとし、発光素子10の正孔注入層511の膜厚は65nmとした

10

【0246】

次に、正孔注入層511上にPCPPnを膜厚が20nmになるように蒸着して正孔輸送層512を形成した。

【0247】

正孔輸送層512上にcgDBCzPA、及び1,6mMemFLPAPrnを重量比(cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)が1:0.02、膜厚が10nmになるように共蒸着して第1の発光層513を形成した。

【0248】

第1の発光層513上に2mDBTBPDq-II、およびPCBBiFを重量比(2mDBTBPDq-II:PCBBiF)が0.2:0.3、膜厚が2nmになるように共蒸着して分離層520を形成した。

20

【0249】

分離層520上に2mDBTBPDq-II、PCBBiF、及びIr(mppm)₂(acac)を重量比(2mDBTBPDq-II:PCBBiF:Ir(mppm)₂(acac))が0.8:0.2:0.06、膜厚が20nmになるように共蒸着して第2の発光層514を形成した。

【0250】

第2の発光層514上に2mDBTBPDq-II、及びBphenをそれぞれ膜厚が15nm、20nmになるように順次蒸着し、電子輸送層(515(1)、515(2))を形成した。電子輸送層(515(1)、515(2))上にフッ化リチウムを1nmの膜厚になるように蒸着して電子注入層516を形成した。

30

【0251】

電子注入層516上に銀(Ag)とマグネシウム(Mg)の合金を体積比(Ag:Mg)が0.5:0.05、膜厚が15nmになるように共蒸着して第2の電極502(1)を形成した。

【0252】

次に、第2の電極502(1)上にITO膜を、70nmの膜厚になるようにスパッタリング法により形成した。

40

【0253】

なお、表7に示すように、発光素子7の封止基板550には、着色層552として、膜厚2.36μmの赤色(R)のカラーフィルタを、発光素子8の封止基板550には、着色層552として、膜厚1.29μmの緑色(G)のカラーフィルタを、発光素子9の封止基板550には、着色層552として、膜厚0.78μmの青色(B)のカラーフィルタを、発光素子10の封止基板550には、着色層552として、膜厚0.80μmの黄色(Y)のカラーフィルタを、それぞれ形成した。

【0254】

上記により作製した発光素子7乃至発光素子10と、上記により作製した封止基板とを大気に曝されないように窒素雰囲気グローブボックス内において張り合わせることによ

50

り封止した（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に 365nm の紫外光を 6 J / cm² 照射し、80℃ にて 1 時間熱処理した）。

【0255】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0256】

< 4 - 2 . 発光素子 7 乃至発光素子 10 の特性 >

発光素子 7 乃至発光素子 10 の電流密度 - 輝度特性を図 26 (A) に示す。なお、図 26 (A) において、横軸は電流密度 (mA / cm²) を、縦軸は輝度 (cd / m²) を、それぞれ示す。また、発光素子 7 乃至発光素子 10 の電圧 - 輝度特性を図 26 (B) に示す。なお、図 26 (B) において、横軸は電圧 (V) を、縦軸は輝度 (cd / m²) を、それぞれ示す。なお、各発光素子の測定は室温 (25℃ に保たれた雰囲気) で行った。

10

【0257】

また、1000 cd / m² 付近における発光素子 7 乃至発光素子 10 の素子特性を表 8 に示す。

【0258】

【表 8】

実施例4の発光素子の素子特性

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m ²)	電流効率 (cd/A)
発光素子 7	3.7	0.64	16	(0.66,0.34)	930	5.8
発光素子 8	3.1	0.12	3.2	(0.33,0.64)	850	27
発光素子 9	4.8	2.4	61	(0.14,0.055)	1000	1.6
発光素子 10	3.0	0.078	2.0	(0.41,0.58)	810	41

20

30

【0259】

また、発光素子 7 乃至発光素子 10 に 2.5 mA / cm² の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 27 に示す。図 27 に示す通り、発光素子 7 は赤色の波長領域にピークが観察され、発光素子 8 は緑色の波長領域にピークが観察され、発光素子 9 は青色の波長領域にピークが観察され、発光素子 10 は黄色色の波長領域にピークが観察される。したがって、発光素子 7 乃至発光素子 10 を組み合わせることで、フルカラー化を実現できることが分かる。

【0260】

また、本実施例で作製した発光素子 7 乃至発光素子 10 は、表 7 に示す通り、同一の第 1 の発光層 513、及び第 2 の発光層 514 を用いている。また、図 26 及び図 27 に示す結果より、第 1 の発光層 513 及び第 2 の発光層 514 を同一の構造を用いても、それぞれ異なる発光スペクトルを有する発光素子において、電流効率が高く、優れた素子特性であることが確認できた。

40

【0261】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び実施の形態と適宜組み合わせる事ができる。

【0262】

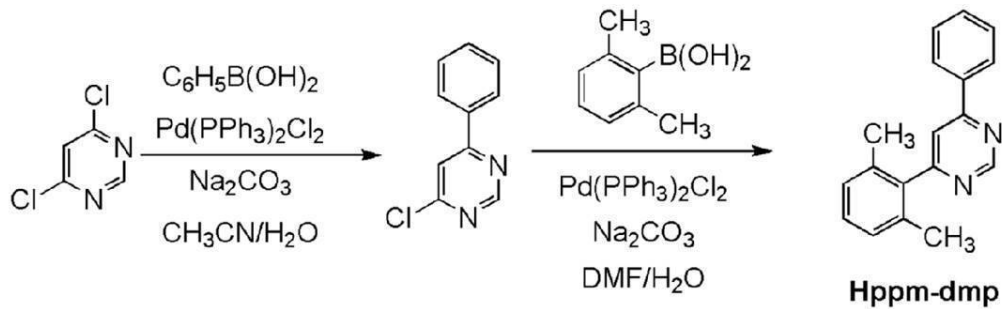
(参考例)

50

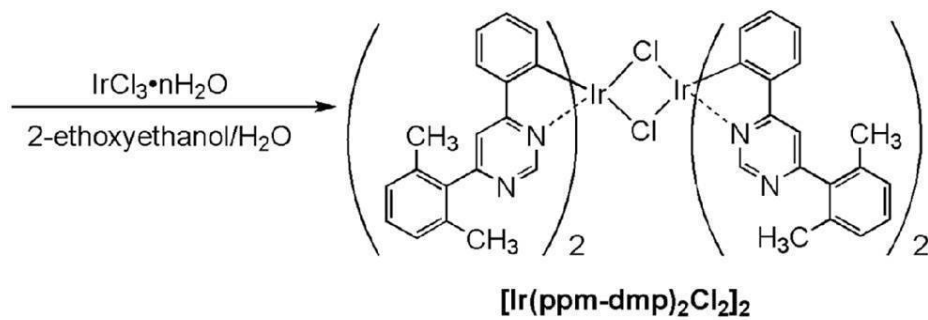
実施例 1 及び実施例 2 で用いた $\text{Ir}(\text{ppm-dmp})_2(\text{acac})$ の合成方法を記す。合成スキームは以下のとおりである。

【0263】

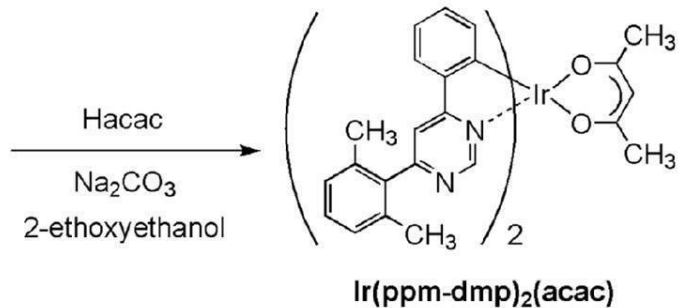
【化5】



10



20



30

【0264】

< 1. 4-クロロ-6-フェニルピリミジンの合成 >

4,6-ジクロロピリミジン 5.0 g、フェニルボロン酸 4.9 g、炭酸ナトリウム 7.1 g、ビス(トリフェニルホスフィン)パラジウム(II)ジクロリド ($\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$) 0.34 g、アセトニトリル 20 mL、水 20 mL の混合物に対し、アルゴン気流下、マイクロ波 (2.45 GHz 100 W) を 1 時間照射して加熱還流した。得られた混合物をジクロロメタンで抽出し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー (展開溶媒: ジクロロメタン) により精製することで、4-クロロ-6-フェニルピリミジンを 1.6 g (収率: 23%, 淡い黄色の固体) で得た。なお本参考例では、マイクロ波の照射はマイクロ波合成装置 (CEM社製 Discover) を用いた。

40

【0265】

< 2. 4-フェニル-6-(2,6-ジメチルフェニル)ピリミジン (Hppm-dmp) の合成 >

4-クロロ-6-フェニルピリミジン 1.6 g、2,6-ジメチルフェニルボロン酸 1.5 g、炭酸ナトリウム 1.8 g、 $\text{Pd}(\text{PPh}_3)_2\text{Cl}_2$ 59 mg、N,N-ジメチルホルムアミド 20 mL、水 20 mL の混合物に対し、アルゴン気流下、マイクロ波 (2.45 GHz 100 W) を 2 時間照射することで加熱還流した。得られた混合物をジク

50

ロロメタンで抽出し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：酢酸エチル：ヘキサン = 1 : 5）により精製し、Hppm-dmpを0.50g得た（収率：23%、淡い黄色の油状物）。

【0266】

< 3. ジ-μ-クロロ-テトラキス{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}ジイリジウム(III) ([Ir(ppm-dmp)₂Cl]₂)の合成>

Hppm-dmp 1.0g、塩化イリジウム(III)水和物0.57g、2-エトキシエタノール20mL、水20mLの混合物に対し、アルゴン気流下、マイクロ波(2.45GHz 100W)を3時間照射することで加熱還流した。得られた混合物をろ過し、固体をメタノールで洗浄することで、[Ir(ppm-dmp)₂Cl]₂を1.1g得た（収率：74%、橙色の固体）。

10

【0267】

< 4. Ir(ppm-dmp)₂(acac)の合成>

[Ir(ppm-dmp)₂Cl]₂ 1.1g、炭酸ナトリウム0.77g、アセチルアセトン(Hacac)0.23g、2-エトキシエタノール30mLの混合物に対し、アルゴン気流下、マイクロ波(2.45GHz 120W)を2時間照射することで加熱還流した。得られた混合物をろ過し、不溶部をメタノールで洗浄した。得られたろ液を濃縮し、残渣をシリカゲルカラムクロマトグラフィー（展開溶媒：酢酸エチル：ヘキサン = 1 : 5）で精製し、得られた固体をヘキサンで再結晶をすることにより、Ir(ppm-dmp)₂(acac)を得た（収率：59%、橙色粉末固体）。得られた橙色粉末固体0.21gを、トレインサブレーション法により昇華精製し、目的物の橙色固体を収率48%で回収した。昇華精製条件は、圧力2.7Pa、アルゴンガス流量5.0mL/min、240であった。得られたIr(ppm-dmp)₂(acac)の¹H-NMR（核磁気共鳴）スペクトルデータを以下に示す。

20

【0268】

¹H-NMR. (CDCl₃): 1.85 (s, 6H), 2.26 (s, 12H), 5.35 (s, 1H), 6.46 - 6.48 (dd, 2H), 6.83 - 6.90 (dm, 4H), 7.20 - 7.22 (d, 4H), 7.29 - 7.32 (t, 2H), 7.63 - 7.65 (dd, 2H), 7.72 (ds, 2H), 9.24 (ds, 2H)。

30

【実施例5】

【0269】

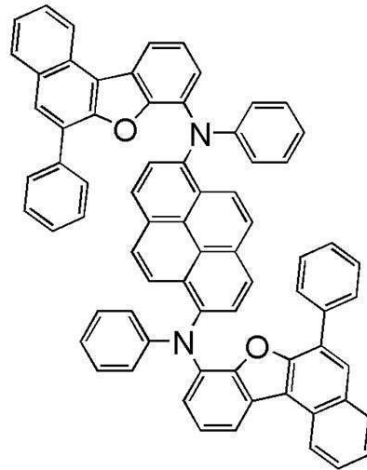
本実施例では、本発明の一態様である発光素子の構成における第1の発光層のみを有する発光素子11と、本発明の一態様である発光素子の構成における第2の発光層のみを有する発光素子12の作製例を示す。また、本実施例で使用した化合物(N, N'-(ピレン-1,6-ジイル)ビス[(6, N-ジフェニルベンゾ[b]ナフト[1,2-d]フラン)-8-アミン] (略称: 1,6BnfAprn-03))の構造を以下に示す。なお、上述した他の実施例に記載の発光素子で使用した化合物の構造と名称は省略する。

【0270】

40

50

【化6】



1,6BnfAPrn-03

10

【0271】

< 5 - 1 . 発光素子 1 1 および 1 2 の作製 >

発光素子 1 1 は、実施例 1 で説明した発光素子 1 と同様に第 1 の電極 5 0 1 上に正孔注入層 5 1 1、正孔輸送層 5 1 2、第 1 の発光層 5 1 3 が積層された構造を有するが、第 2 の発光層 5 1 4 を形成せずに第 1 の発光層 5 1 3 上に電子輸送層 5 1 5 (1)、5 1 5 (2)、電子注入層 5 1 6、第 2 の電極 5 0 2 が順次積層される構造である。また、発光素子 1 2 は、実施例 1 で説明した発光素子 1 と同様に第 1 の電極 5 0 1 上に正孔注入層 5 1 1、正孔輸送層 5 1 2 が積層された構造を有するが、第 1 の発光層 5 1 3 を形成せずに正孔輸送層 5 1 2 上に第 2 の発光層 5 1 4、電子輸送層 5 1 5 (1)、5 1 5 (2)、電子注入層 5 1 6、第 2 の電極 5 0 2 が順次積層される構造である。

20

【0272】

したがって、発光素子の具体的な作製方法については、実施例 1 を参照することとし、本実施例で作製する発光素子 (発光素子 1 1 および 1 2) の詳細な素子構造は表 9 に示す通りとする。

30

【表 9】

実施例5の発光素子の構造

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光素子11	第2の電極	502	200	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	15	Bphen	-
		515(1)	10	cgDBCzPA	-
	第1の発光層	513	25	cgDBCzPA : 1,6BnfAPrn-03	1:0.03
	正孔輸送層	512	30	PCPPn	-
	正孔注入層	511	10	PCPPn : MoOx	4:2
	第1の電極	501	110	ITSO	-
発光素子12	第2の電極	502	130	Al	-
	電子注入層	516	1	LiF	-
	電子輸送層	515(2)	20	Bphen	-
		515(1)	15	2mDBTBPDBqII	-
	第2の発光層	514	40	2mDBTBPDBqII:PCBBiF:Ir(mppmpm) ₂ (acac)	0.8:0.2:0.06
	正孔輸送層	512	20	BPAFLP	-
	正孔注入層	511	10	DBT3PII : MoOx	1:0.5
	第1の電極	501	110	ITSO	-

40

【0273】

< 5 - 2 . 発光素子 1 1 および 1 2 の特性 >

発光素子 1 1 の輝度 - 外部量子効率特性を図 2 8、発光素子 1 2 の輝度 - 外部量子効率

50

特性を図 3 1 にそれぞれ示す。なお、図 2 8 および図 3 1 において、横軸は輝度 (cd/m^2) を、縦軸は外部量子効率 (%) を示す。なお、発光素子の測定は室温 (25°C に保たれた雰囲気) で行った。

【0274】

また、 $1000\text{cd}/\text{m}^2$ 付近における発光素子 1 1 および発光素子 1 2 の素子特性を表 1 0 に示す。

【0275】

【表 1 0】

実施例 5 の発光素子の素子特性

	電圧 (V)	電流密度 (mA/cm^2)	色度 (x,y)	輝度 (cd/m^2)	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子 1 1	3.1	9.5	(0.14,0.13)	1000	11	11
発光素子 1 2	2.8	0.88	(0.49,0.50)	1000	120	32

10

【0276】

また、発光素子 1 1 に $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 2 9 に示す。同様に発光素子 1 2 に $2.5\text{mA}/\text{cm}^2$ の電流密度で電流を流した際の発光スペクトルを図 3 2 に示す。なお、図 2 9 および図 3 2 において、横軸は波長 (nm) を、縦軸は発光強度 (任意単位) を示す。図 2 9 に示す通り、発光素子 1 1 は、青色の波長領域にピークが観察されることから、第 1 の発光層 5 1 3 に含まれる発光材料からの発光が得られていることが分かる。また、図 3 2 に示す通り、発光素子 1 2 は、黄色の波長領域にピークが観察されることから、第 2 の発光層 5 1 4 に含まれる発光材料からの発光が得られていることが分かる。

20

【0277】

また、発光素子 1 1 および発光素子 1 2 について信頼性試験を行った。発光素子 1 1 について測定した結果を図 3 0、発光素子 1 2 について測定した結果を図 3 3 に示す。図 3 0 および図 3 3 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、横軸は素子の駆動時間 (h) を示す。なお、信頼性試験は、初期輝度を $5000\text{cd}/\text{m}^2$ に設定し、電流密度一定の条件で発光素子 1 1 および発光素子 1 2 をそれぞれ駆動させた。その結果、発光素子 1 1 では 130 時間まで、発光素子 1 2 では 1300 時間まで、それぞれの初期輝度のおよそ 90% を維持することができた。

30

【0278】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施例及び実施の形態と適宜組み合わせて用いる事ができる。

【0279】

(参考例)

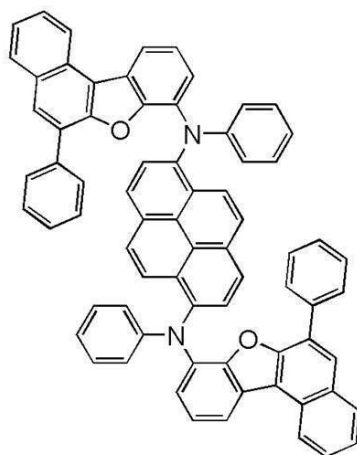
本参考例では、実施例で用いた有機化合物、N, N' - (ピレン - 1, 6 - ジイル) ビス [(6 , N - ジフェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フラン) - 8 - アミン] (略称 : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3) の合成方法について説明する。なお、1 , 6 B n f A P r n - 0 3 の構造を以下に示す。

40

【0280】

50

【化 7】



1,6BnfAPrn-03

10

【 0 2 8 1】

<ステップ 1：6 - ヨードベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フランの合成 >

500 mL三口フラスコに、8.5 g (39 mmol) のベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フランを加え、フラスコ内を窒素置換した後、195 mL のテトラヒドロフラン (THF) を加えた。この溶液を -75 に冷却してから、この溶液に25 mL (40 mmol) の n - ブチルリチウム (1.59 mol / L n - ヘキサン溶液) を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。

20

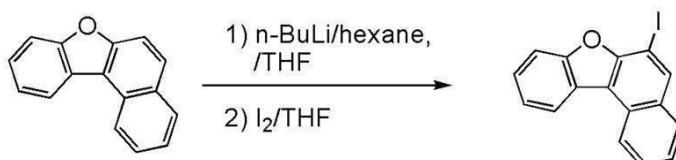
【 0 2 8 2】

所定時間経過後、この溶液を -75 に冷却してから、ヨウ素 10 g (40 mmol) を THF 40 mL に溶かした溶液を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。乾燥後、この混合物を自然濾過し、得られた溶液をセライト (和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531 - 16855)、フロリジル (和光純薬工業株式会社、カタログ番号：540 - 00135) を通して吸引濾過した。得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンにて再結晶を行ったところ、目的の白色粉末を収量 6.0 g (18 mmol)、収率 45% で得た。ステップ 1 の合成スキームを以下に示す。

30

【 0 2 8 3】

【化 8】



40

【 0 2 8 4】

<ステップ 2：. 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フランの合成 >

200 mL三口フラスコに、6.0 g (18 mmol) の6 - ヨードベンゾ [b] ナフト [1 , 2 - d] フランと、2.4 g (19 mmol) のフェニルボロン酸と、70 mL のトルエンと、20 mL のエタノールと、22 mL の炭酸カリウム水溶液 (2.0 mol / L) を入れた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後フラスコ内を窒素下としてから、480 mg (0.42 mmol) のテトラキス (トリフェニルホスフィン) パラジウム (0) を加えた。この混合物を窒素気流下、90 で12時間攪拌した。

50

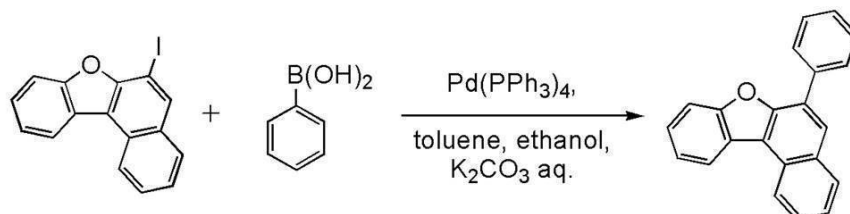
【0285】

所定時間経過後、この混合物に水を加え、有機層と水層に分離した。該水層からトルエンにより抽出した抽出液と有機層を合わせて、水で洗浄後、硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然濾過し、得られた濾液を濃縮して得た固体を、トルエンに溶かした。得られた溶液をセライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531-16855）、フロリジル（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：540-00135）、アルミナを通して吸引濾過した。得られたる液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶を行ったところ、目的の白色固体を収量4.9g（17mmol）、収率93%で得た。ステップ2の合成スキームを以下に示す。

【0286】

10

【化9】



【0287】

<ステップ3：8-ヨード-6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランの合成>

20

300mL三口フラスコに、4.9g（17mmol）の6-フェニルベンゾ[*b*]ナフト[1,2-*d*]フランを加え、フラスコ内を窒素置換した後、87mLのテトラヒドロフラン（THF）を加えた。この溶液を-75℃に冷却してから、この溶液に11mL（18mmol）の*n*-ブチルリチウム（1.59mol/L *n*-ヘキサン溶液）を滴下して加えた。滴下後、得られた溶液を室温で1時間攪拌した。所定時間経過後、この溶液を-75℃に冷却してから、ヨウ素4.6g（18mmol）をTHF18mLに溶かした溶液を滴下して加えた。

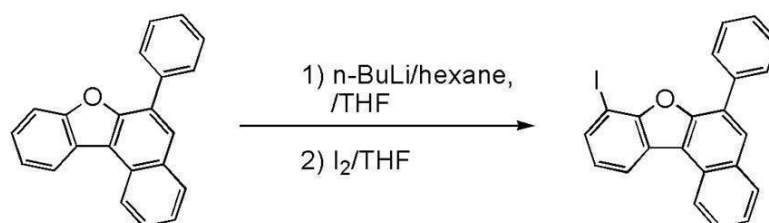
【0288】

得られた溶液を室温に戻しながら17時間攪拌した。所定時間経過後、この混合物にチオ硫酸ナトリウム水溶液を加え、1時間攪拌した後、この混合物の有機層を水で洗浄し、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然濾過して得られたる液をセライト（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：531-16855）、フロリジル（和光純薬工業株式会社、カタログ番号：540-00135）、アルミナを通して吸引濾過した。得られたる液を濃縮して得た固体を、トルエンにより再結晶を行ったところ、目的の白色固体を収量3.7g（8.8mmol）、収率53%で得た。ステップ3の合成スキームを以下に示す。

30

【0289】

【化10】



40

【0290】

<ステップ4：1,6-BnfAprn-03の合成>

100mL三口フラスコに、0.71g（2.0mmol）の1,6-ジプロモピレンと、1.0g（10.4mmol）のナトリウム*tert*-ブトキシドと、トルエン10

50

mLと、0.36 mL (4.0 mmol) のアニリンと、0.3 mL のトリ (tert - プチル) ホスフィン の 10 wt % ヘキサン 溶液 を加え、フラスコ内を窒素置換した。この混合物に 50 mg (85 μmol) のビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) を加え、80 で 2 時間 攪拌 した。

【0291】

所定時間経過後、得られた混合物に、1.7 g (4.0 mmol) の 8 - ヨード - 6 - フェニルベンゾ [b] ナフト [1, 2 - d] フラン と、180 mg (0.44 mmol) の 2 - ジシクロヘキシルホスフィノ - 2', 6' - ジメトキシビフェニル (略称: S - P h o s) と、50 mg (85 μmol) のビス (ジベンジリデンアセトン) パラジウム (0) を加え、この混合物を 100 で 15 時間 攪拌 した。所定時間経過後、得られた混合物をセライト (和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 531 - 16855) を通してろ過した。得られたろ液を濃縮して得た固体を、エタノールで洗浄し、トルエンにて再結晶を行ったところ、目的の黄色固体を 1.38 g (1.4 mmol)、収率 71% で得た。

10

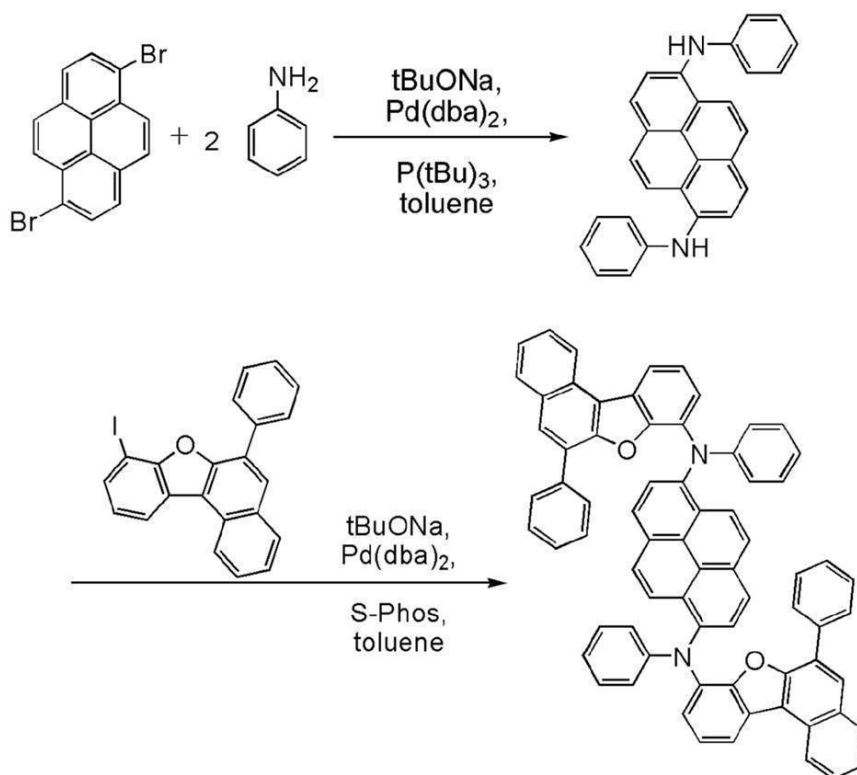
【0292】

得られた黄色固体 1.37 mg (1.4 mmol) をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製は、アルゴン流量 10 mL / min、圧力 2.3 Pa の条件で黄色固体を 370 で加熱して行った。昇華精製後、黄色固体を 0.68 g (0.70 mmol)、50% の回収率で得た。ステップ 4 の合成スキームを以下に示す。

【0293】

【化 1 1】

20



30

40

【0294】

なお、上記ステップ 4 で得られた黄色固体の核磁気共鳴分光法 (¹H NMR) による分析結果を以下に示す。この結果から、1, 6 B n f A P r n - 0 3 が得られたことがわかった。

【0295】

¹H NMR (ジクロロメタン - d₂, 500 MHz) : δ = 6.88 (t, J = 7.7 Hz, 4H), 7.03 - 7.06 (m, 6H), 7.11 (t, J = 7.5 Hz, 2H), 7.13 (d, J = 8.0 Hz, 2H), 7.28 - 7.32 (m, 8H), 7.

50

3 7 (t、J = 8 . 0 H z、2 H)、7 . 5 9 (t、J = 7 . 2 H z、2 H)、7 . 7 5 (t、J = 7 . 7 H z、2 H)、7 . 8 4 (d、J = 9 . 0 H z、2 H)、7 . 8 8 (d、J = 8 . 0 H z、2 H)、8 . 0 1 (s、2 H)、8 . 0 7 (d、J = 8 . 0 H z、4 H)、8 . 1 4 (d、J = 9 . 0 H z、2 H)、8 . 2 1 (d、J = 8 . 0 H z、2 H)、8 . 6 9 (d、J = 8 . 5 H z、2 H) .

【符号の説明】

【0296】

1 0 0	発光素子	
1 0 1	電極	
1 0 2	電極	10
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	発光層	
1 1 5	電子輸送層	
1 1 6	電子注入層	
1 2 0	分離層	
1 3 0	E L 層	
1 3 1	発光ユニット	
1 3 2	発光ユニット	20
1 3 3	電荷発生層	
1 4 0	発光素子	
1 5 0	発光素子	
1 6 0	発光素子	
1 7 0	発光素子	
5 0 0	ガラス基板	
5 0 1	電極	
5 0 2	電極	
5 1 1	正孔注入層	
5 1 2	正孔輸送層	30
5 1 3	発光層	
5 1 4	発光層	
5 1 5 (1)	電子輸送層	
5 1 5 (2)	電子輸送層	
5 1 6	電子注入層	
5 2 0	分離層	
5 5 0	封止基板	
5 5 2	着色層	
6 0 0	発光装置	
6 0 1	ソース線駆動回路部	40
6 0 2	画素部	
6 0 3	ゲート線駆動回路部	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	領域	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	F E T	
6 1 2	F E T	50

6 1 3	電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	F E T	
6 2 4	F E T	
8 0 1	画素回路	
8 0 2	画素部	
8 0 4	駆動回路部	10
8 0 4 a	ゲートドライバ	
8 0 4 b	ソースドライバ	
8 0 6	保護回路	
8 0 7	端子部	
8 5 2	トランジスタ	
8 5 4	トランジスタ	
8 6 2	容量素子	
8 7 2	発光素子	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	20
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	層間絶縁膜	
1 0 2 1	層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 B	電極	
1 0 2 4 G	電極	
1 0 2 4 R	電極	30
1 0 2 4 Y	電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 6	電極	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	基材	
1 0 3 4 B	着色層	
1 0 3 4 G	着色層	
1 0 3 4 R	着色層	40
1 0 3 4 Y	着色層	
1 0 3 5	黒色層	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
8 0 0 0	表示モジュール	
8 0 0 1	上部カバー	
8 0 0 2	下部カバー	50

8 0 0 3	F P C	
8 0 0 4	タッチパネル	
8 0 0 5	F P C	
8 0 0 6	表示パネル	
8 0 0 9	フレーム	
8 0 1 0	プリント基板	
8 0 1 1	バッテリー	
8 5 0 1	照明装置	
8 5 0 2	照明装置	
8 5 0 3	照明装置	10
8 5 0 4	照明装置	
9 0 0 0	筐体	
9 0 0 1	表示部	
9 0 0 3	スピーカ	
9 0 0 5	操作キー	
9 0 0 6	接続端子	
9 0 0 7	センサ	
9 0 0 8	マイクロフォン	
9 0 5 0	操作ボタン	
9 0 5 1	情報	20
9 0 5 2	情報	
9 0 5 3	情報	
9 0 5 4	情報	
9 0 5 5	ヒンジ	
9 1 0 0	携帯情報端末	
9 1 0 1	携帯情報端末	
9 1 0 2	携帯情報端末	
9 2 0 0	携帯情報端末	
9 2 0 1	携帯情報端末	

30

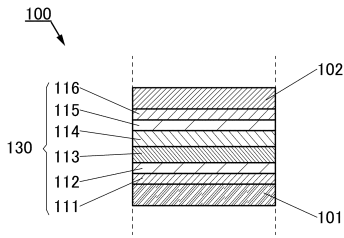
40

50

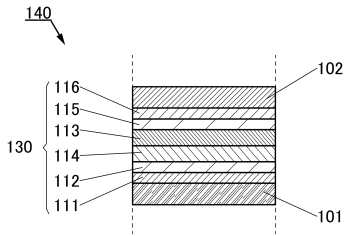
【 図面 】

【 図 1 】

(A)

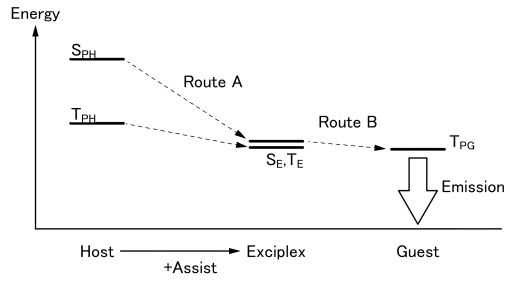


(B)



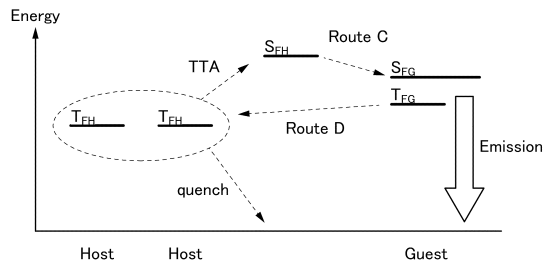
【 図 2 】

(A)



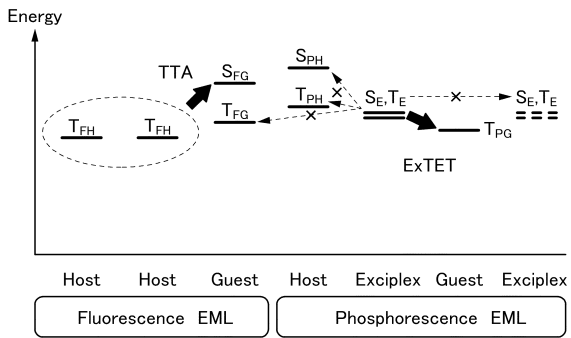
10

(B)



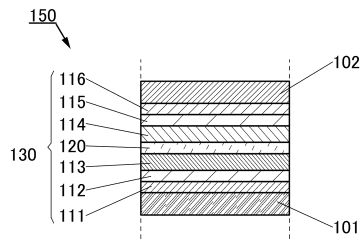
20

【 図 3 】



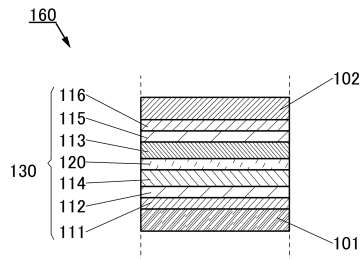
【 図 4 】

(A)



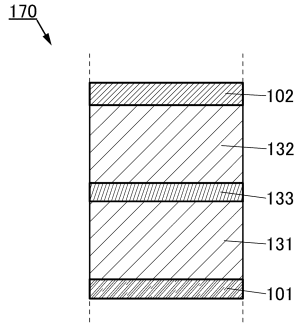
30

(B)



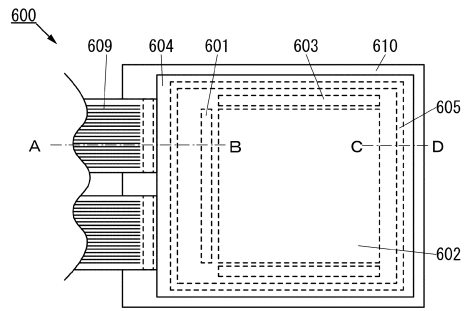
40

【 5 】

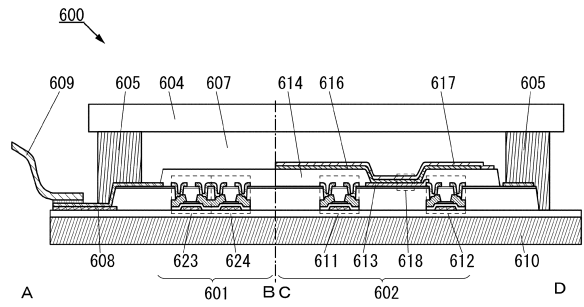


【 6 】

(A)



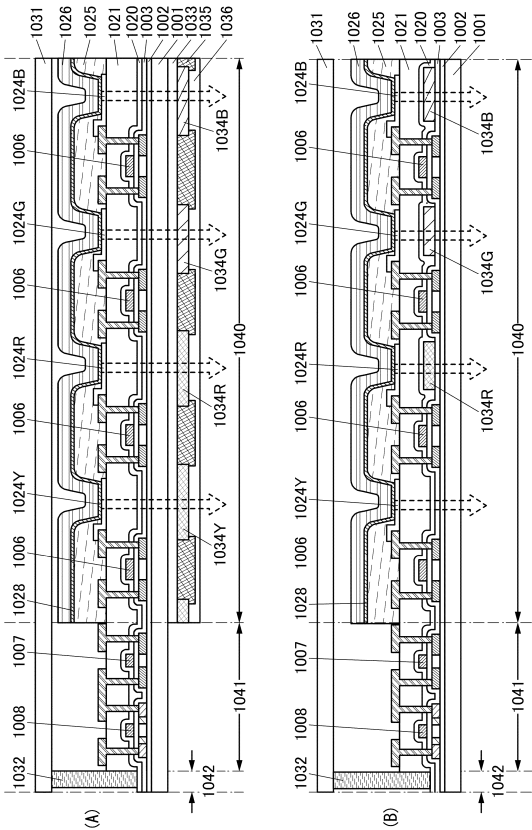
(B)



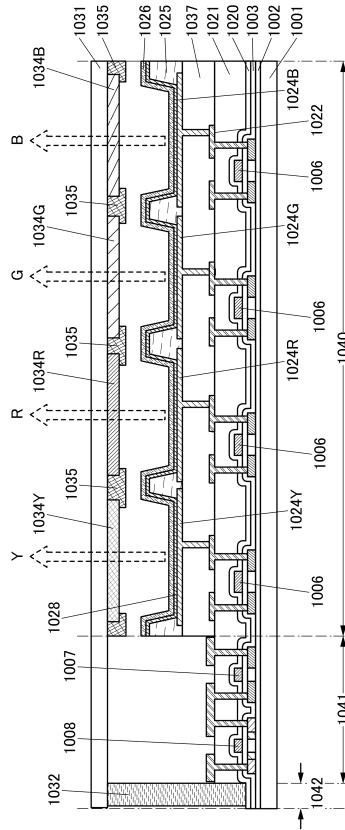
10

20

【 7 】



【 8 】

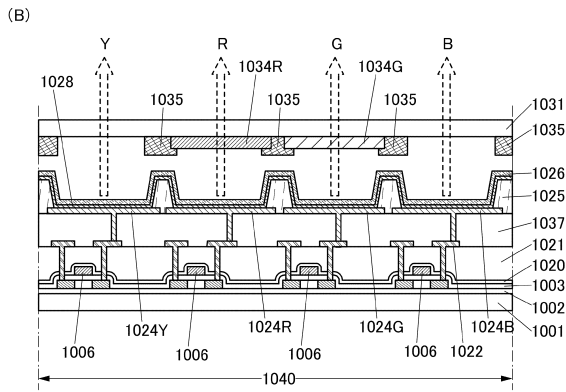
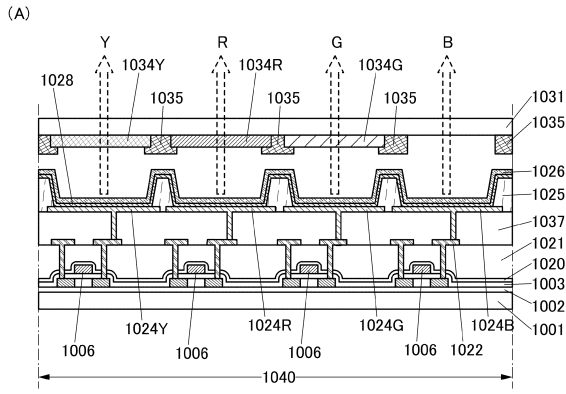


30

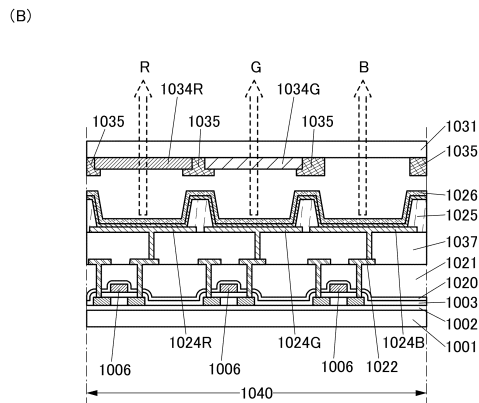
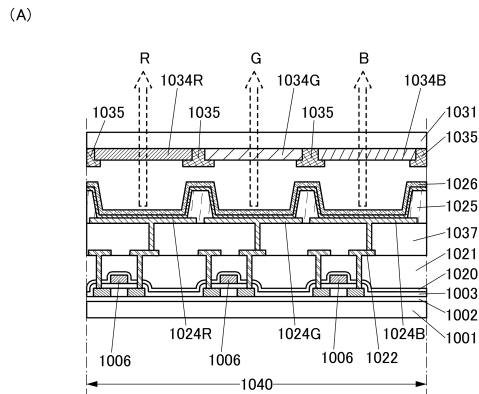
40

50

【図 9】



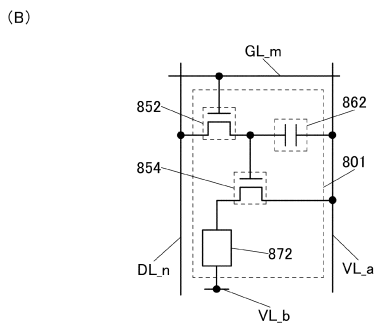
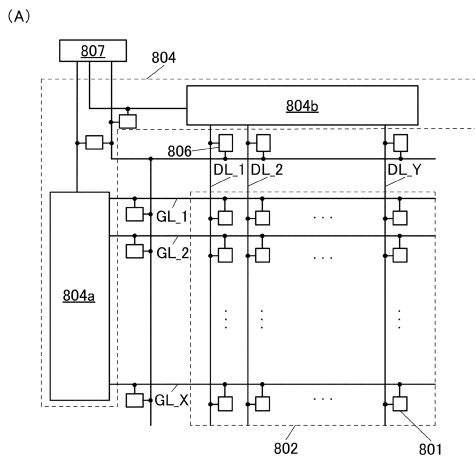
【図 10】



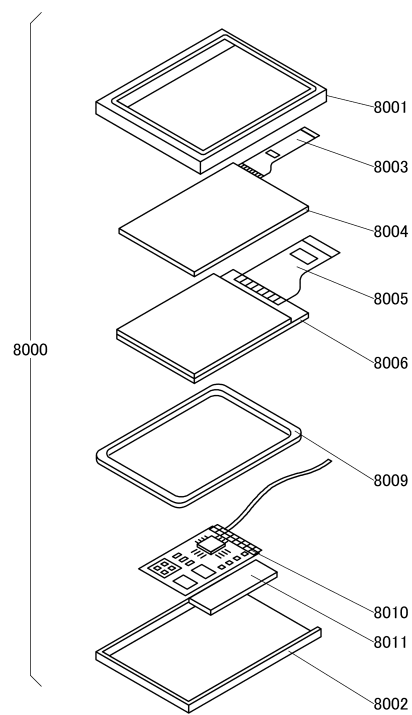
10

20

【図 11】



【図 12】

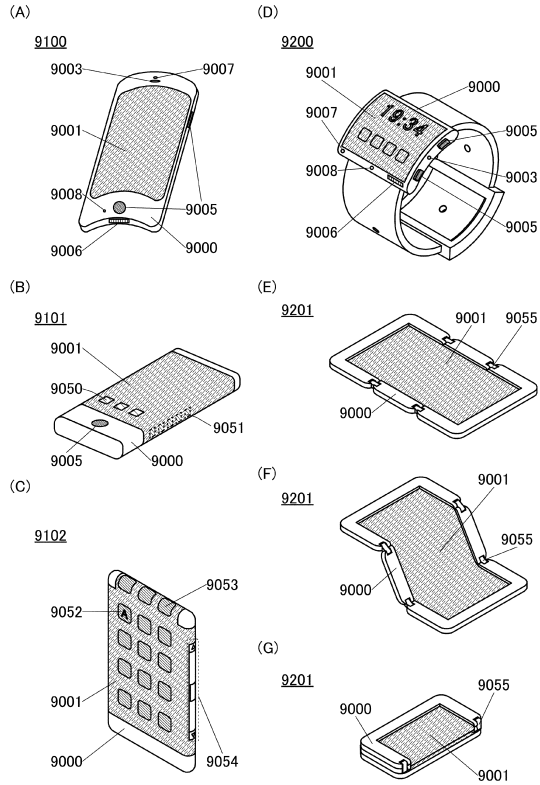


30

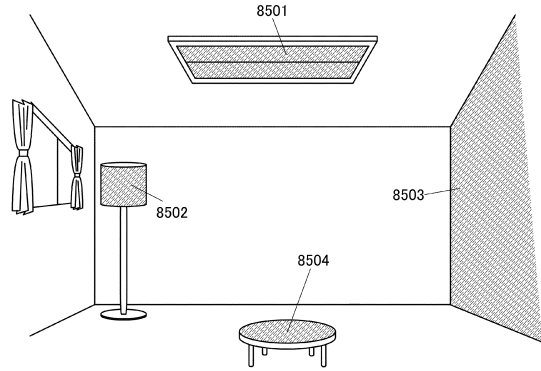
40

50

【図13】

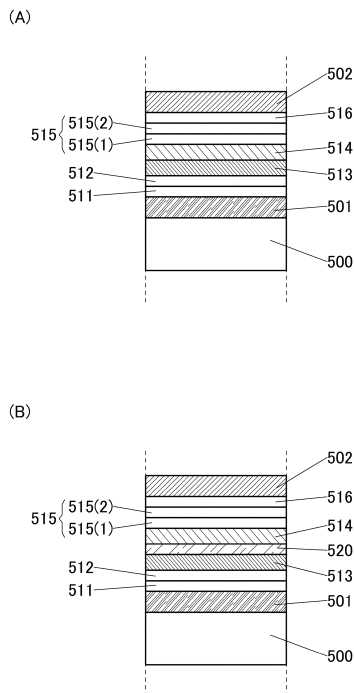


【図14】

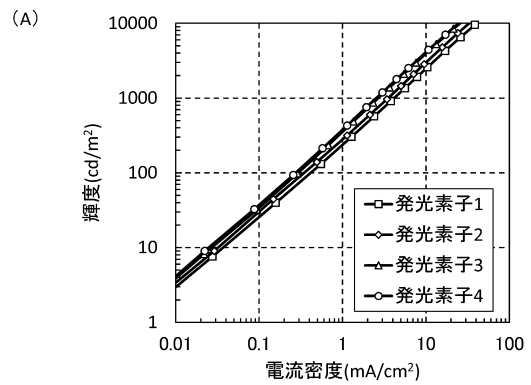


10

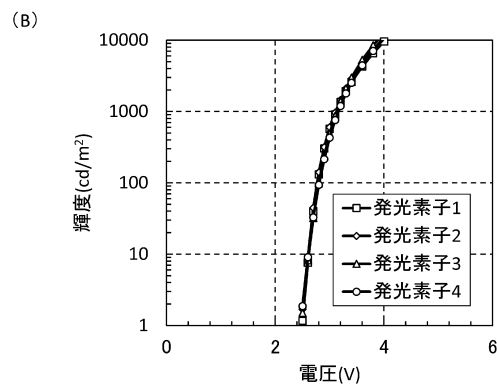
【図15】



【図16】



30

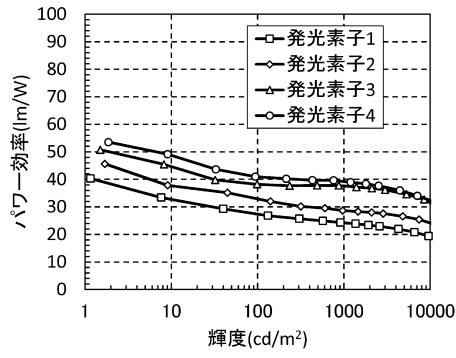


40

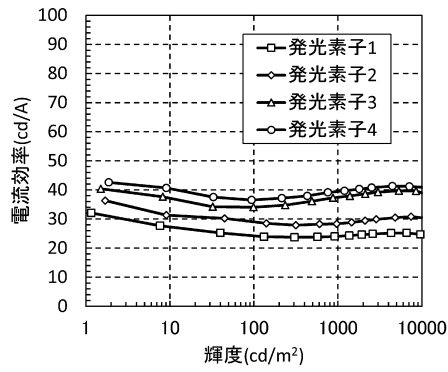
50

【図 17】

(A)

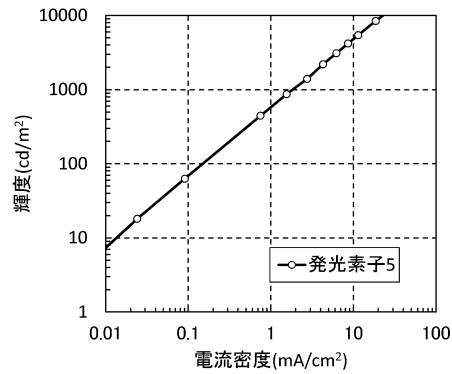


(B)

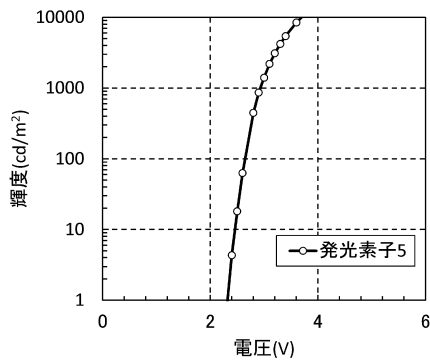


【図 19】

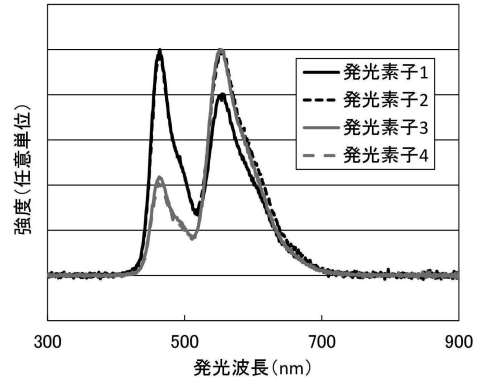
(A)



(B)



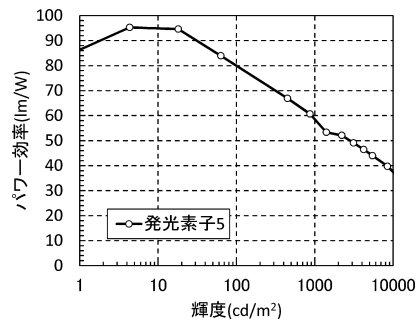
【図 18】



10

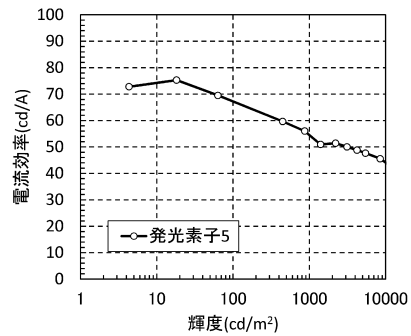
【図 20】

(A)



30

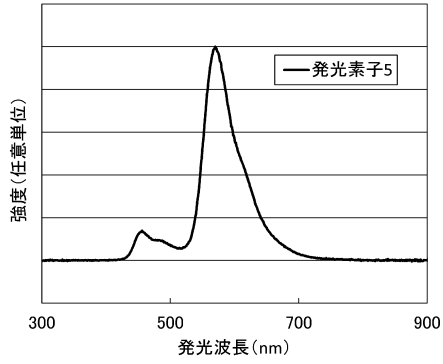
(B)



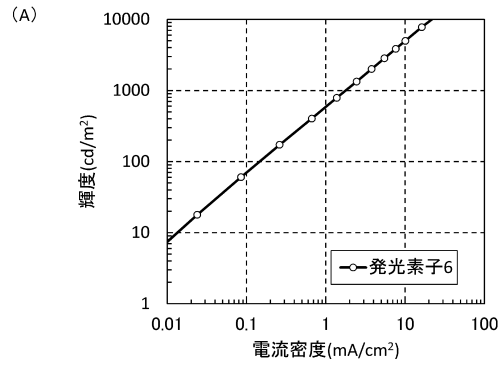
40

50

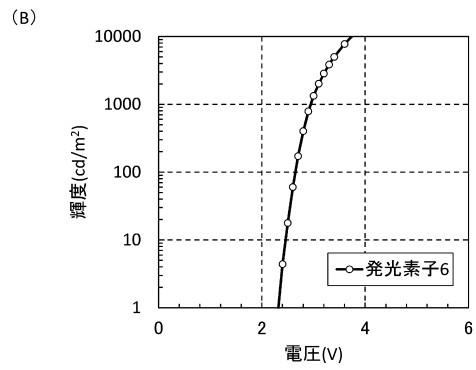
【図 2 1】



【図 2 2】

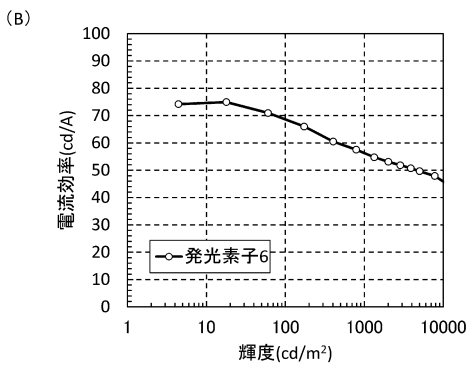
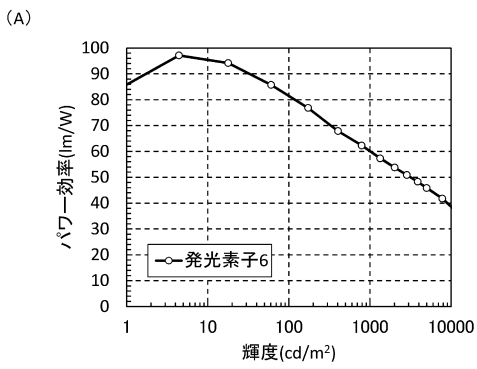


10

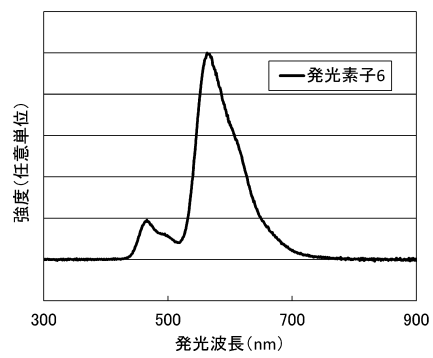


20

【図 2 3】



【図 2 4】

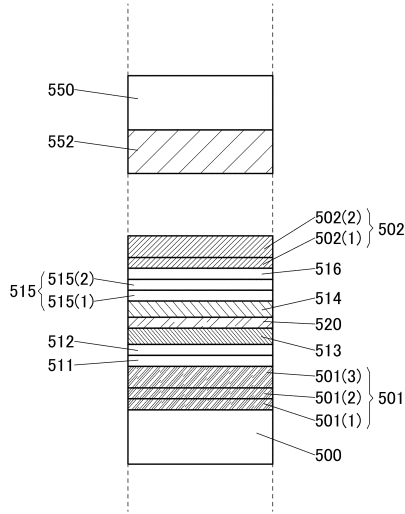


30

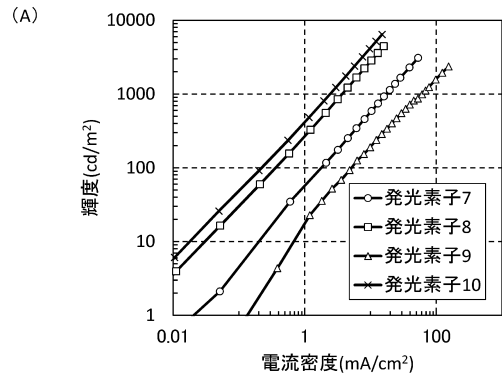
40

50

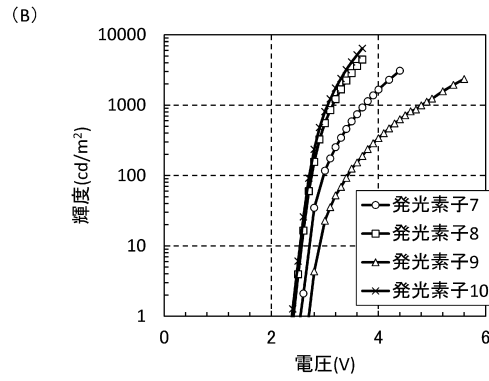
【 図 2 5 】



【 図 2 6 】

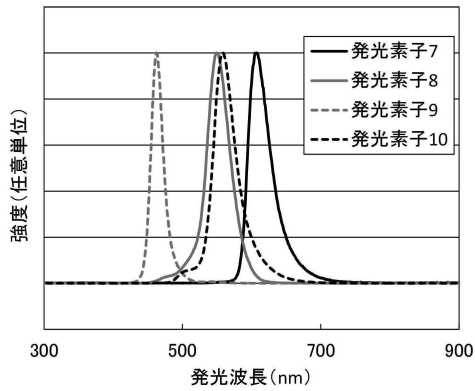


10

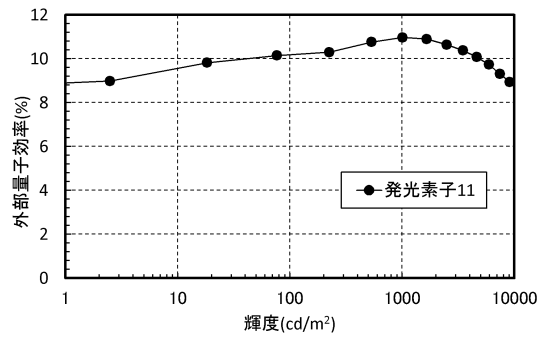


20

【 図 2 7 】



【 図 2 8 】

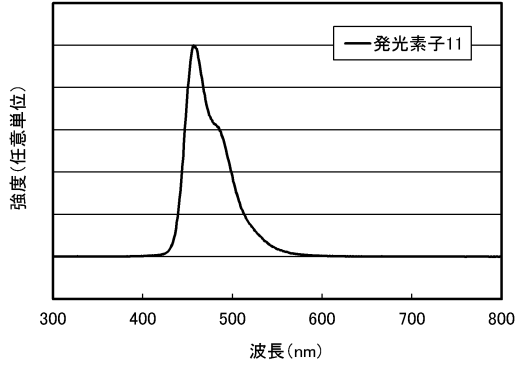


30

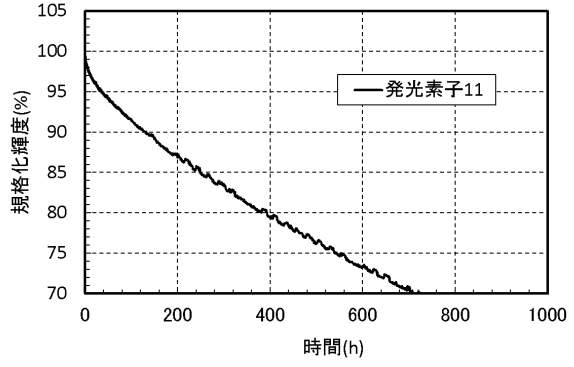
40

50

【 図 2 9 】

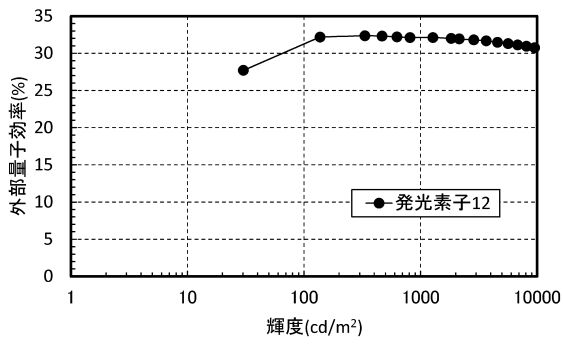


【 図 3 0 】

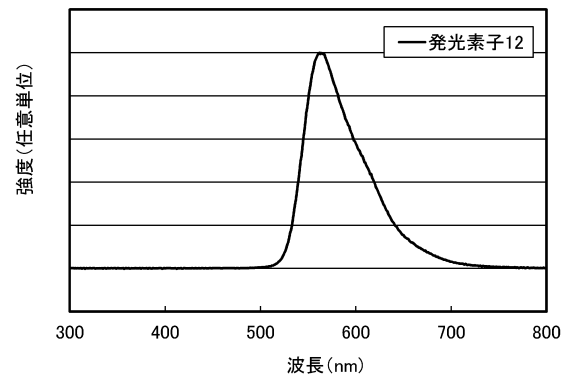


10

【 図 3 1 】

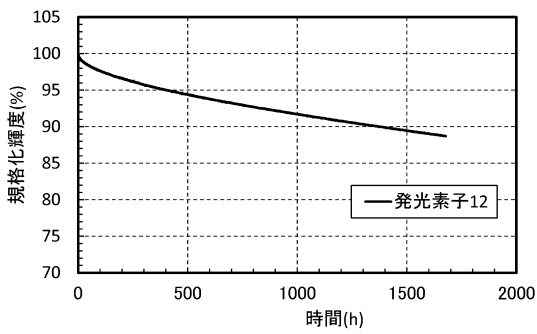


【 図 3 2 】



20

【 図 3 3 】



30

40

50

フロントページの続き

(51)国際特許分類	F I		
<i>F 2 1 V</i> 23/06 (2006.01)	<i>F 2 1 S</i>	8/00	1 0 0
<i>F 2 1 V</i> 33/00 (2006.01)	<i>F 2 1 V</i>	23/06	
<i>H 1 0 K</i> 59/10 (2023.01)	<i>F 2 1 V</i>	33/00	4 3 0
<i>H 1 0 K</i> 85/60 (2023.01)	<i>F 2 1 V</i>	33/00	2 0 0
<i>F 2 1 Y</i> 115/15 (2016.01)	<i>H 1 0 K</i>	59/10	
<i>H 1 0 K</i> 101/10 (2023.01)	<i>H 1 0 K</i>	85/60	
<i>H 1 0 K</i> 101/25 (2023.01)	<i>F 2 1 Y</i>	115:15	
<i>H 1 0 K</i> 101/30 (2023.01)	<i>H 1 0 K</i>	101:10	
<i>H 1 0 K</i> 101/40 (2023.01)	<i>H 1 0 K</i>	101:25	
	<i>H 1 0 K</i>	101:30	
	<i>H 1 0 K</i>	101:40	

(33)優先権主張国・地域又は機関

日本国(JP)

(72)発明者 佐々木 俊毅

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

審査官 小久保 州洋

- (56)参考文献
- 特開 2 0 1 2 - 2 3 8 8 5 4 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 4 - 0 4 4 9 4 2 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 4 - 0 4 4 9 4 1 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 7 - 1 2 0 8 6 7 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 7 - 0 2 8 2 8 3 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 2 - 1 9 5 5 7 3 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 3 - 2 1 9 0 2 4 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 4 - 0 7 5 2 4 9 (J P , A)
 - 米国特許出願公開第 2 0 1 2 / 0 0 9 7 9 9 8 (U S , A 1)
 - 特開 2 0 1 2 - 1 4 9 0 3 0 (J P , A)
 - 特開 2 0 1 3 - 2 3 9 7 0 4 (J P , A)

(58)調査した分野 (Int.Cl., D B名)

H 1 0 K 5 0 / 1 0
H 1 0 K 5 9 / 1 0
H 1 0 K 8 5 / 6 0
H 0 1 L 5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6
H 0 5 B 3 3 / 1 2
G 0 9 F 9 / 3 0
F 2 1 S 8 / 0 4
F 2 1 S 6 / 0 0
F 2 1 S 8 / 0 0
F 2 1 V 2 3 / 0 6
F 2 1 V 3 3 / 0 0
F 2 1 Y 1 1 5 / 1 5