

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2017-168420

(P2017-168420A)

(43) 公開日 平成29年9月21日(2017.9.21)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO5B 33/14 (2006.01)	HO5B 33/14	Z 3K107
HO1L 51/50 (2006.01)	HO5B 33/14	A
	HO5B 33/22	D
	HO5B 33/22	C

審査請求 未請求 請求項の数 16 O L (全 52 頁)

(21) 出願番号	特願2016-169904 (P2016-169904)	(71) 出願人	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	平成28年8月31日 (2016. 8. 31)	(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
(31) 優先権主張番号	特願2015-172107 (P2015-172107)	(72) 発明者	筒井 哲夫 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
(32) 優先日	平成27年9月1日 (2015. 9. 1)	(72) 発明者	濱田 孝夫 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
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者	廣瀬 智哉 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
(31) 優先権主張番号	特願2015-233260 (P2015-233260)		
(32) 優先日	平成27年11月30日 (2015. 11. 30)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		
(31) 優先権主張番号	特願2016-50742 (P2016-50742)		
(32) 優先日	平成28年3月15日 (2016. 3. 15)		
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)		

最終頁に続く

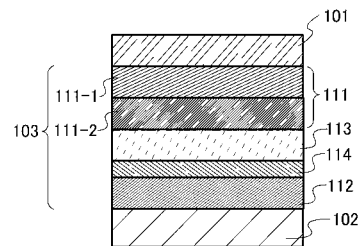
(54) 【発明の名称】 発光素子、発光装置、電子機器及び照明装置

(57) 【要約】

【課題】新規発光素子を提供する。または、寿命の良好な発光素子を提供する。または、発光効率の良好な発光素子を提供する。

【解決手段】陽極と、陰極と、発光層と、正孔注入層とを有し、前記発光層及び前記正孔注入層は、前記陽極と前記陰極との間に位置し、前記正孔注入層は前記発光層よりも前記陽極側に位置し、前記発光層は発光物質を含み、前記正孔注入層は、正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、前記第1の物質に対してアクセプタ性を示す物質である第2の物質とを含み、前記発光物質が量子ドットである発光素子を提供する。

【選択図】 図1



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と、陰極と、E L層とを有し、
前記E L層は、前記陽極と前記陰極との間に位置し、
前記E L層は、発光層と正孔注入層を有し、
前記正孔注入層は、前記発光層と前記陽極の間に位置し、
前記発光層は、発光物質を含み、
前記正孔注入層は、正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、前記第1の物質
に対してアクセプタ性を示す物質である第2の物質とを含み、
前記発光物質が量子ドットである発光素子。

10

【請求項 2】

請求項1において、
前記第1の物質のHOMO準位が -7.0 eV 以上 -5.7 eV 以下である発光素子。

【請求項 3】

請求項1又は請求項2において、
前記第1の物質が $10^{-6}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である発光素子。

【請求項 4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、
前記第1の物質が、
ジベンゾチオフエン骨格あるいはジベンゾフラン骨格を有する複素環化合物、
カルバゾール骨格、フルオレン骨格、ナフタレン骨格、フェナントレン骨格、トリフェニ
レン骨格のいずれか一あるいは複数の骨格を有する芳香族炭化水素、
又は、
4以上25以下のベンゼン環を有する有機化合物であって当該有機化合物が有する環がベ
ンゼン環のみである有機化合物、
のいずれか一である発光素子。

20

【請求項 5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一項において、
前記第1の物質がアリアルアミン骨格を有さない発光素子。

【請求項 6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一項において、
前記第2の物質が、遷移金属酸化物又は元素周期表における第4族乃至第8族に属する金
属の酸化物である発光素子。

30

【請求項 7】

請求項1乃至請求項6のいずれか一項において、
前記第2の物質が、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、
モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化
物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物及び銀酸化物から選ばれ
るいずれか一又は複数である発光素子。

【請求項 8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、
前記第2の物質が、モリブデン酸化物である発光素子。

40

【請求項 9】

請求項1乃至請求項8のいずれか一項において、
前記量子ドットがコア-シェル型の構造を有する発光素子。

【請求項 10】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項において、
前記発光層と前記正孔注入層が接している発光素子。

【請求項 11】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項において、

50

前記発光層と前記正孔注入層との間に、正孔輸送性を有する有機化合物である第3の物質を含む正孔輸送層を有する発光素子。

【請求項12】

請求項11において、前記第3の物質が前記第1の物質と同じ物質である発光素子。

【請求項13】

請求項1乃至請求項12のいずれか一項において、

前記第1の物質のHOMO準位が

前記量子ドットの価電子帯上端のエネルギー準位と同じまたはより深い発光素子。

【請求項14】

請求項1乃至請求項13のいずれか一項に記載の発光素子と、

トランジスタ、または、基板と、

を有する発光装置。

【請求項15】

請求項14に記載の発光装置と、

センサ、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16】

請求項14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、発光素子、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。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、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】

量子ドットは、数nmサイズの半導体ナノ結晶であり、 1×10^3 個から 1×10^6 個程度の原子から構成されている。量子ドットは、電子や正孔、励起子はその内部に閉じ込められた結果、それらのエネルギー状態が離散的となり、また、サイズに依存してエネルギーシフトする。すなわち、同じ物質から構成される量子ドットであっても、サイズによって発光波長が異なるため、用いる量子ドットのサイズを変更することによって容易に発光波長を調整することができる。

【0003】

また、量子ドットは、その離散性が位相緩和を制限するため発光スペクトルのピーク幅が狭く、色純度のよい発光を得ることができる。

【0004】

さらに、量子ドットの理論的な内部量子効率ほぼ100%であると言われており、蛍光発光を呈する有機化合物の25%を大きく上回り、りん光発光を呈する有機化合物と同等となっている。

【0005】

その上、無機化合物である量子ドットはその本質的な安定性にも優れている。そのため、量子ドットを発光物質として用いた発光素子は、有機化合物、特に励起エネルギーの大きい短波長の光を呈するりん光発光物質の安定性が低く、それを用いた発光素子の寿命が得

10

20

30

40

50

にくい現状もあり、有機EL素子に代わる発光素子として有望視されている。

【0006】

特許文献1では、タングステン酸化物を正孔注入層として用い、発光物質として量子ドットを用いた発光素子について開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】国際公開第2012/013272号パンフレット

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

ここで、量子ドットはHOMO準位、LUMO準位が共に有機化合物の発光材料と比較して非常に深い位置に存在していることから、陰極から電子を注入することは比較的容易である一方で、陽極から正孔を注入することが困難であり、キャリアバランスの調整が難しく発光効率が低下する、駆動電圧が上昇する、キャリアバランスの変化により寿命が低下しやすい等、不都合な点が多かった。

【0009】

そこで、本発明の一態様では、新規発光素子を提供することを課題とする。または、寿命の良好な発光素子を提供することを課題とする。または、発光効率の良好な発光素子を提供することを課題とする。

【0010】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することを目的とする。

【0011】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明の一態様は、陽極と、陰極と、発光層と、正孔注入層とを有し、前記発光層及び前記正孔注入層は、前記陽極と前記陰極との間に位置し、前記正孔注入層は前記発光層よりも前記陽極側に位置し、前記発光層は発光物質を含み、前記正孔注入層は、正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、前記第1の物質に対してアクセプタ性を示す物質である第2の物質とを含み、前記発光物質が量子ドットである発光素子である。

【0013】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の物質のHOMO準位が -7.0 eV 以上 -5.7 eV 以下、より好ましくは、 -7.0 eV 以上 -6.0 eV 以下である発光素子である。

【0014】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の物質が $10^{-6}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である発光素子である。

【0015】

本発明の他の一態様は、上記構成において、上記第1の物質が、ジベンゾチオフェン骨格あるいはジベンゾフラン骨格を有する複素環化合物、カルバゾール骨格、フルオレン骨格、ナフタレン骨格、フェナントレン骨格、トリフェニレン骨格のいずれか一あるいは複数の骨格を有する芳香族炭化水素、又は、4以上25以下のベンゼン環を有する有機化合物であって当該有機化合物が有する環がベンゼン環のみである有機化合物、のいずれか一である発光素子である。

【0016】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の物質がアリアルアミン骨格を有さない発光素子である。

10

20

30

40

50

【 0 0 1 7 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 2 の物質が、遷移金属酸化物又は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である発光素子である。

【 0 0 1 8 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 2 の物質が、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物及び銀酸化物のいずれか一又は複数である発光素子である。

【 0 0 1 9 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 2 の物質が、モリブデン酸化物である発光素子である。

10

【 0 0 2 0 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記量子ドットがコア - シェル型の構造を有する発光素子である。

【 0 0 2 1 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記発光層と前記正孔注入層が接している発光素子である。

【 0 0 2 2 】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記発光層と前記正孔注入層との間に、正孔輸送性を有する有機化合物である第 3 の物質を含む正孔輸送層を有する発光素子である。

20

【 0 0 2 3 】

または、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子と、基板と、トランジスタとを有する発光装置である。

【 0 0 2 4 】

または、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光装置と、センサ、操作ボタン、スピーカまたはマイクとを有する電子機器である。

【 0 0 2 5 】

または、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光装置と、筐体と、を有する照明装置である。

【 0 0 2 6 】

なお、本明細書中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、例えば異方導電性フィルム又は TCP (Tape Carrier Package) が取り付けられたモジュール、発光素子に取り付けられた TCP の先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光素子に 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、発光装置を有する場合がある。さらに、照明器具等は、発光装置を有する場合がある。

30

【 発明の効果 】

【 0 0 2 7 】

本発明の一態様では、新規発光素子を提供することができる。または、寿命の良好な発光素子を提供することができる。または、発光効率の良好な発光素子を提供することができる。

40

【 0 0 2 8 】

または、本発明の他の一態様では、信頼性の高い発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。または、本発明の他の一態様では、消費電力の小さい発光装置、電子機器及び表示装置を各々提供することができる。

【 0 0 2 9 】

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。

50

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】発光素子の概略図。

【図2】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】照明装置を表す図。

【図7】電子機器を表す図。

【図8】光源装置を表す図。

【図9】照明装置を表す図。

【図10】照明装置を表す図。

【図11】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図12】電子機器を表す図。

【図13】電子機器を表す図。

【図14】発光素子1乃至発光素子5の発光スペクトル。

【図15】比較発光素子1乃至比較発光素子4の発光スペクトル。

【図16】発光素子1乃至発光素子5の輝度-規格化電流効率特性。

【図17】比較発光素子1乃至比較発光素子4の輝度-規格化電流効率特性。

【図18】発光素子1乃至発光素子4及び比較発光素子1乃至比較発光素子4のHOMO準位-規格化電流効率特性。

【図19】本発明の一態様の発光素子のエネルギーバンド図の一例。

【発明を実施するための形態】

【0031】

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。

【0032】

(実施の形態1)

量子ドットを発光物質として用いた電流励起型の発光素子(以下QLED素子とも言う)は、有機化合物を発光物質として用いた有機EL素子(以下OLED素子とも言う)と同様に、薄型軽量に作製可能である、面光源の作製が容易である、微細な画素の形成が可能である、曲げることが可能であるといった特徴を備えている。その上で、QLED素子は、OLED素子と比較して、色純度、寿命、効率及び発光波長の選択容易性といった点で同等、又は有利となる可能性を有することから盛んに研究がなされている。

【0033】

QLED素子は、OLED素子と同様に陽極と陰極の間に発光物質である量子ドットを含む発光層を有するEL層を挟み、当該EL層に電流を流すことによって発光を得ることができる。EL層は発光層の他に、正孔注入輸送層、電子注入輸送層、バッファ層等その他の層を有していても良い。正孔注入輸送層及び電子注入輸送層は、電極から注入されたキャリアを輸送し、発光層に注入する機能を有する。

【0034】

QLED素子における発光物質である量子ドットのHOMO準位及びLUMO準位は、OLED素子における発光物質である有機化合物よりも深い位置に形成されていることが知られている。そのため、陰極から電子を注入することは比較的容易である一方で、ホールの注入が困難であり、駆動電圧の上昇や、キャリアバランスのくずれなど多くの問題がある。

【0035】

そこで本発明の一態様では、上記QLED素子において、EL層が正孔注入輸送層、発光

10

20

30

40

50

層を有し、当該正孔注入輸送層が、正孔注入層を有し、正孔注入層が正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、第1の物質に電子アクセプタ性を示す第2の物質とを含む構成とする。正孔注入層には第1の物質と第2の物質とが混合された複合材料の層が形成されていることが好ましい。

【0036】

本発明の一態様の発光素子では、隣接する第1の物質から第2の物質が電子を引き抜くことで第2の物質に電子が発生し、電子を引き抜かれた第1の物質には正孔が発生する。引き抜かれた電子と発生した正孔は、電界により電子が陽極へ流れ、正孔が発光層へ注入されることにより電流が流れる。このような機構で電流が流れることによって、HOMO準位の深い量子ドットを発光物質とする発光層に、容易に正孔を注入できるようになり、駆動電圧の低減及び/又はキャリアバランスの改善（すなわち発光効率および寿命の改善）を図ることができるようになる。

10

【0037】

なお、第1の物質は、発光層への正孔の注入をより容易にするために、HOMO準位の深い材料を用いることが好ましい。具体的にはHOMO準位が -7.0 eV 乃至 -5.7 eV 、より好ましくは -7.0 eV 乃至 -6.0 eV である正孔輸送性を有する材料を用いると良い。なお、当該材料の正孔輸送性は、 $10^{-6}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有することが好ましい。

【0038】

第2の物質は、第1の物質に対してアクセプタ性を示す物質であればよいが、遷移金属酸化物又は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、電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する有機化合物等が好ましい。特に、遷移金属酸化物又は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、より具体的には、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物及び銀酸化物は、アクセプタ性が高く、HOMO準位が -7.0 eV 以上 -5.7 eV 以下の有機化合物、特にHOMO準位が -6.0 eV 以下の有機化合物に対してもアクセプタ性を示す特徴があるため好ましい。特にモリブデン酸化物は吸湿性も少なく化学的に安定で毒性も少ないため、好適である。

20

【0039】

続いて、本発明の一態様の発光素子について、図面を参照しながら詳細に説明を行う。図1は本発明の一態様の発光素子を表す図である。本発明の一態様の発光素子は、陽極101と、陰極102、EL層103を有し、EL層103は正孔注入輸送層111、発光層113を有する。なお、EL層103は正孔注入輸送層111、発光層113以外に、電子注入輸送層112や、バッファ層114など他の機能を有する層を備えていても良い。

30

【0040】

陽極101は、仕事関数の大きい（具体的には 4.0 eV 以上）金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム - 酸化スズ（ITO: Indium Tin Oxide）、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル - ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム - 酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1wt%以上20wt%以下の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム（IWZO）は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5wt%以上5wt%以下、酸化亜鉛を0.1wt%以上1wt%以下含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。この他、金（Au）、白金（Pt）、ニッケル（Ni）、タングステン（W）、クロム（Cr）、モリブデン

40

50

(M o)、鉄(F e)、コバルト(C o)、銅(C u)、パラジウム(P d)、アルミニウム(A l)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。また、グラフェンも用いることができる。なお、本発明の一態様では、正孔注入輸送層111に第1の物質と第2の物質とを含むため、仕事関数に関わらず、上述以外の電極材料も選択することもできる。

【0041】

正孔注入輸送層111は発光層113よりも陽極101側に位置し、陽極101に接して形成される。正孔注入輸送層111は正孔注入層111-1を有し、また、正孔輸送層111-2を有していても良い。正孔注入層111-1は陽極101に接して設けられており、正孔輸送層111-2が設けられる場合は、正孔輸送層111-2は正孔注入層111-1と発光層113との間に設けられる。

10

【0042】

正孔注入層111-1は正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、第1の物質にアクセプタ性を示す第2の物質を含んでいる。第1の物質と第2の物質は、混合され複合材料となっていることが好ましく、当該複合材料は、第1の物質と第2の物質とを共蒸着することによって形成することができる。

【0043】

正孔注入層111-1では、少なくとも電界を印加することによって(第1の物質と第2の物質の組み合わせによっては電界を印加しなくとも)、第2の物質が第1の物質から電子を引き抜き、その結果、第1の物質に正孔が発生する。このようにして発生した電子と正孔は電界によって、電子は陽極101へ流れ、正孔は発光層113に注入される。陽極101から有機化合物であるEL層103に正孔を注入する場合、陽極101の仕事関数と陽極101に接する有機化合物のHOMO準位が離れているとその障壁により駆動電圧が上昇してしまうが、本実施の形態のように正孔注入層111-1で発生した電子を陽極101へ流す場合は、駆動電圧の上昇が抑制されるため、容易にEL層、ひいては発光層に正孔を注入することができるようになる。

20

【0044】

なお、第1の物質と第2の物質を積層することによっても、その界面において、第2の物質が第1の物質から電子を引き抜くことができるが、その場合、第1の物質からなる層のホール移動度が低いと結局電子過多のデバイスとなってしまう、好ましくない。第1の物質からなる層を流れる電流は、空間電荷制限電流によって支配されているため、特に層を厚くする場合にはこの問題が顕著となる。一方、上述した通り、第1の物質と第2の物質が混合されて複合材料となっていれば、正孔注入層111-1の層内において、いたるところで正孔が発生するため、バルク(層)の正孔密度を高くすることができ、正孔導電性を高くすることができる。したがって、第1の物質と第2の物質は、混合され複合材料となっていることが好ましい。

30

【0045】

さらに、第1の物質を、HOMO準位の深い材料とすることによって、さらに発光層113への正孔の注入を容易とすることができる。具体的には、第1の物質のHOMO準位は、 -7.0 eV 乃至 -5.7 eV 、より好ましくは -7.0 eV 乃至 -6.0 eV であると良い。なお、第1の物質は、正孔輸送性を有する物質を用い、 $10^{-6}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有することが好ましい。

40

【0046】

第1の物質として用いることのできる材料としては、N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェレンジアミン(略称: DTDPPA)、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: DPAB)、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'-ピフェニル)-4, 4'-ジアミン(略称: DNTPD)、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: DPA3B)等の芳香族アミン、3-[N-(9-フェニルカルバゾ

50

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)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: CBP)、1, 3, 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称: TCPB)、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: CzPA)、1, 4 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等のカルバゾール誘導体、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: t - BuDNA)、2 - tert - 10

ブチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、9, 10 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称: DPPA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス (4 - フェニルフェニル) アントラセン (略称: t - BuDBA)、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: DNA)、9, 10 - ジフェニルアントラセン (略称: DPAnth)、2 - tert - ブチルアントラセン (略称: t - BuAnth)、9, 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称: DMNA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [(2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、コロネン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン等の芳香族炭化水素が挙げられる。芳香族炭化水素はビニル基を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス (2, 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称: DPVBi)、9, 10 - ビス [4 - (2, 2 - ジフェニルビニル) フェニル] アントラセン (略称: DPVPA) 等が挙げられる。

【0047】

また、ポリ (N - ビニルカルバゾール) (略称: PVK) やポリ (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] 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: PTPDMA)、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: Poly - TPD) 等の高分子化合物を用いることもできる。

【0048】

特に、量子ドットはHOMO準位が深いために、第1の物質としては、上述のようにHOMO準位の深い正孔輸送性を有する材料を選択することがより好ましい。このような物質としては、ジベンゾチオフェン骨格あるいはジベンゾフラン骨格を有する複素環化合物、カルバゾール骨格、フルオレン骨格、ナフタレン骨格、フェナントレン骨格、トリフェニレン骨格のいずれか一あるいは複数の骨格を有する芳香族炭化水素又は、4以上25以下のベンゼン環を有する有機化合物であって当該有機化合物が有する環がベンゼン環のみである有機化合物が好ましい。なお、分子構造中にアリールアミン骨格が存在するとHOMO準位が浅くなる場合があるため、上述した有機化合物はその骨格中にアリールアミン骨格を含まない構造であることがより好ましい。また、カルバゾール骨格を有する化合物は、-5.7 eV以下のHOMO準位に設計することは容易であるが、-6.0 eV以下のHOMO準位とすることは容易ではない。なぜなら、最も単純なカルバゾール化合物の一つである9 - フェニル - 9H - カルバゾールのHOMO準位が、サイクリックボルタンメトリ測定によれば-5.88 eVであるためである。一方、ジベンゾチオフェン骨格あるいはジベンゾフラン骨格を有する複素環化合物、フルオレン骨格、ナフタレン骨格、フェ

10

20

30

40

50

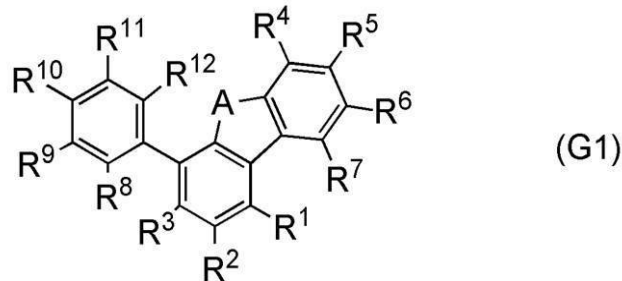
ナントレン骨格、トリフェニレン骨格のいずれか一あるいは複数の骨格を有する芳香族炭化水素又は、4以上25以下のベンゼン環を有する有機化合物であって当該有機化合物が有する環がベンゼン環のみである有機化合物は、そのHOMO準位を容易に -6.0 eV 以下にできるため、より好適である。むろん、これらの化合物は、分子構造中にアリアルアミン骨格を含まないことが好ましい。

【0049】

ジベンゾチオフェン骨格又はジベンゾフラン骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式(G1)で表される有機化合物が好適である。

【0050】

【化1】



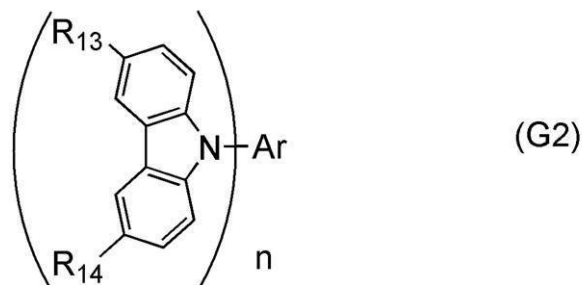
式中、Aは酸素又は硫黄を表し、 R^1 乃至 R^7 は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、又は環を構成する炭素数が6乃至25のアリアル基を表し、 R^8 乃至 R^{12} は、それぞれ独立に、水素、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、置換もしくは無置換のトリフェニレニル基、置換もしくは無置換のフルオレニル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、又は置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基を表す。ただし、 R^8 乃至 R^{12} のうち、少なくとも1つは、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、置換もしくは無置換のトリフェニレニル基、置換もしくは無置換のフルオレニル基、置換もしくは無置換のジベンゾチオフェニル基、又は置換もしくは無置換のジベンゾフラニル基を表す。

【0051】

また、カルバゾール骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式(G2)で表される有機化合物が好適である。

【0052】

【化2】



式中Arは炭素数6乃至42の芳香族炭化水素基を表し、nは1乃至3の自然数を表し、 R^{14} 、 R^{15} は水素、または炭素数1乃至4のアルキル基、または炭素数6乃至12のアリアル基を表す。

【0053】

フルオレン骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式(G3)で表され分子量が400以上2000以下である炭化水素化合物が好適である。

10

20

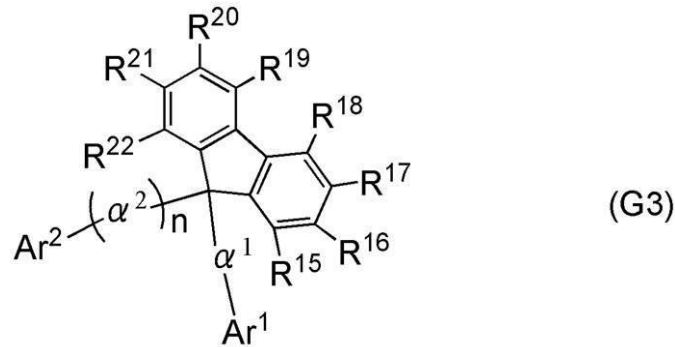
30

40

50

【 0 0 5 4 】

【 化 3 】



10

【 0 0 5 5 】

但し、式中 α^1 及び α^2 はそれぞれ独立に置換又は無置換のフェニレン基又は置換又は無置換のビフェニルジイル基を表し、 n は 0 又は 1 の値をとる。また、 Ar^1 及び Ar^2 は置換又は無置換のアリール基を表す。また、 R^{15} 乃至 R^{22} はそれぞれ独立に水素、炭素数 1 乃至 6 のアルキル基、置換または無置換のフェニル基、置換または無置換のビフェニル基、置換または無置換のナフチル基及び置換または無置換のフェナントリル基のいずれかを表す。

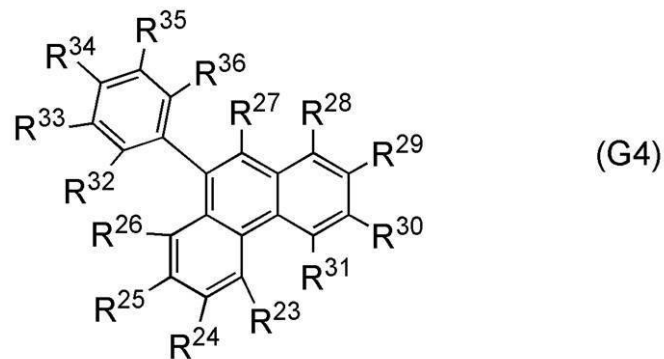
20

【 0 0 5 6 】

フェナントレン骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式 (G4) で表される有機化合物が好適である。

【 0 0 5 7 】

【 化 4 】



30

【 0 0 5 8 】

式中、 R^{23} 乃至 R^{31} は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 4 のアルキル基、又は環を構成する炭素数が 6 乃至 25 のアリール基を表し、 R^{32} 乃至 R^{36} は、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フェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。ただし、 R^{32} 乃至 R^{36} のうち、少なくとも 1 つは、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。

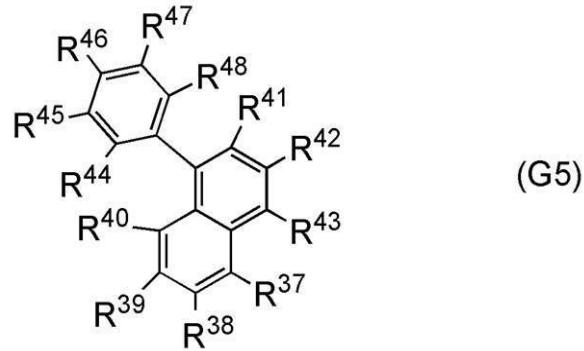
40

【 0 0 5 9 】

ナフタレン骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式 (G5)、(G6) で表される有機化合物が好適である。

【 0 0 6 0 】

【化5】



10

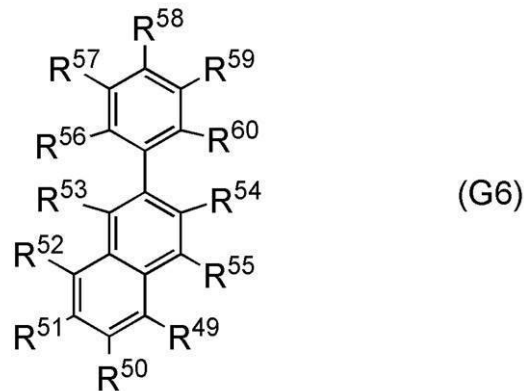
【0061】

式中、 R^{37} 乃至 R^{43} は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 4 のアルキル基、又は環を構成する炭素数が 6 乃至 25 のアリール基を表し、 R^{44} 乃至 R^{48} は、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フェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。ただし、 R^{44} 乃至 R^{48} のうち、少なくとも 1 つは、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。

【0062】

20

【化6】



30

【0063】

式中、 R^{49} 乃至 R^{55} は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至 4 のアルキル基、又は環を構成する炭素数が 6 乃至 25 のアリール基を表し、 R^{56} 乃至 R^{60} は、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フェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。ただし、 R^{56} 乃至 R^{60} のうち、少なくとも 1 つは、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。

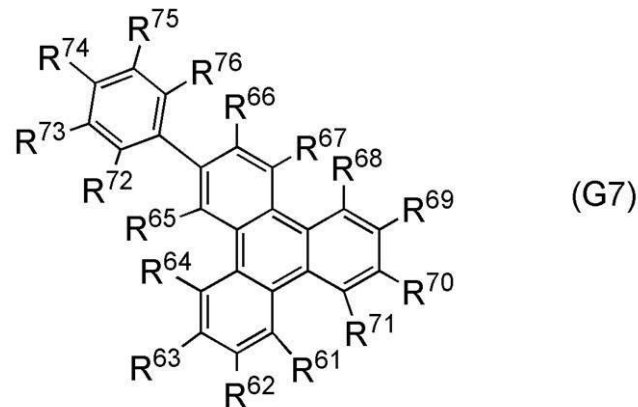
40

【0064】

トリフェニレン骨格を有する複素環化合物としては、下記一般式 (G7) で表される有機化合物が好適である。

【0065】

【化7】



10

【0066】

式中、 R^{61} 乃至 R^{71} は、それぞれ独立に、水素、炭素数1乃至4のアルキル基、又は環を構成する炭素数が6乃至25のアリール基を表し、 R^{72} 乃至 R^{76} は、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フェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。ただし、 R^{72} 乃至 R^{76} のうち、少なくとも1つは、置換もしくは無置換のフェニル基、置換もしくは無置換のナフチル基、置換もしくは無置換のフェナントリル基、又は置換もしくは無置換のトリフェニレニル基を表す。

20

【0067】

第2の物質は、正孔輸送性を有する第1の物質に対してアクセプタ性を示す材料を用いる。代表的には、遷移金属酸化物や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、電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する有機化合物などを挙げることができる。第2の物質として遷移金属酸化物、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用いると、HOMO準位が -5.4 eV より低い（深い）正孔輸送性の物質に対してもアクセプタ性を示す（少なくとも電界の印加により電子を引き抜くことができる）ため、好適である。実際には、HOMO準位が -5.7 eV 以下、特に -6.0 eV 以下の正孔輸送性の物質に対してですら、アクセプタ性を示すため、QLEDにおいて非常に有用な性質であると言える。

30

【0068】

上記電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する化合物としては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： $F_4\text{-TCNQ}$ ）、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： $HAT-CN$ ）等を挙げることができる。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が、熱的に安定であり好ましい。

【0069】

遷移金属酸化物、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としては、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物及び銀酸化物がアクセプタ性が高いため好ましい。中でも特に、モリブデン酸化物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。

40

【0070】

正孔輸送層111-2を形成する場合、正孔輸送性を有する有機化合物で形成すればよい。正孔輸送性を有する有機化合物としては正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましく、 $10^{-6}\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。具体的には、上記正孔注入層111-1における第1の物質に用いることが可能な有機化合物

50

として挙げた正孔輸送性を有する物質、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:NPB)、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'-ジアミン(略称:TPD)、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:BSPB)、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:BPALP)、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:mBPALP)、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)、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)、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'-ピフルオレン-2-アミン(略称:PCBA SF)などの芳香族アミン骨格を有する化合物、1, 3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル(略称:CBP)、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:CzTP)、3, 3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)などのカルバゾール骨格を有する化合物、1, 3, 5-トリ-(4-ジベンゾチオフェニル)-ベンゼン(略称: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:DBTF LP-III)、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:DBTF LP-IV)などのチオフェン骨格を有する化合物、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:DBF3P-II)、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:mmDBFFLBi-II)などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0071】

なお、正孔輸送層111-2を構成する物質のHOMO準位は第1の物質のHOMO準位以下量子ドットのHOMO準位以上であることが好ましく、正孔輸送層111-2を構成する物質は第1の物質と同じ物質であることがさらに好ましい。

【0072】

発光層113の発光物質として用いられる量子ドットを構成する材料としては、周期表第14族元素、周期表第15族元素、周期表第16族元素、複数の周期表第14族元素からなる化合物、周期表第4族から周期表第14族に属する元素と周期表第16族元素との化合物、周期表第2族元素と周期表第16族元素との化合物、周期表第13族元素と周期表第15族元素との化合物、周期表第13族元素と周期表第17族元素との化合物、周期表第14族元素と周期表第15族元素との化合物、周期表第11族元素と周期表第17族元素との化合物、酸化鉄類、酸化チタン類、カルコゲナイドスピネル類、各種半導体クラスターなどを挙げることができる。

【0073】

具体的には、セレン化カドミウム(CdSe)、硫化カドミウム(CdS)、テルル化カドミウム(CdTe)、セレン化亜鉛(ZnSe)、酸化亜鉛(ZnO)、硫化亜鉛(ZnS)、テルル化亜鉛(ZnTe)、硫化水銀(HgS)、セレン化水銀(HgSe)、テルル化水銀(HgTe)、砒化インジウム(InAs)、リン化インジウム(InP)

)、砒化ガリウム (GaAs)、リン化ガリウム (GaP)、窒化インジウム (InN)、窒化ガリウム (GaN)、アンチモン化インジウム (InSb)、アンチモン化ガリウム (GaSb)、リン化アルミニウム (AlP)、砒化アルミニウム (AlAs)、アンチモン化アルミニウム (AlSb)、セレン化鉛 (II) (PbSe)、テルル化鉛 (II) (PbTe)、硫化鉛 (II) (PbS)、セレン化インジウム (In_2Se_3)、テルル化インジウム (In_2Te_3)、硫化インジウム (In_2S_3)、セレン化ガリウム (Ga_2Se_3)、硫化砒素 (III) (As_2S_3)、セレン化砒素 (III) (As_2Se_3)、テルル化砒素 (III) (As_2Te_3)、硫化アンチモン (III) (Sb_2S_3)、セレン化アンチモン (III) (Sb_2Se_3)、テルル化アンチモン (III) (Sb_2Te_3)、硫化ビスマス (III) (Bi_2S_3)、セレン化ビスマス (III) (Bi_2Se_3)、テルル化ビスマス (III) (Bi_2Te_3)、ケイ素 (Si)、炭化ケイ素 (SiC)、ゲルマニウム (Ge)、錫 (Sn)、セレン (Se)、テルル (Te)、ホウ素 (B)、炭素 (C)、リン (P)、窒化ホウ素 (BN)、リン化ホウ素 (BP)、砒化ホウ素 (BAS)、窒化アルミニウム (AlN)、硫化アルミニウム (Al_2S_3)、硫化バリウム (BaS)、セレン化バリウム (BaSe)、テルル化バリウム (BaTe)、硫化カルシウム (CaS)、セレン化カルシウム (CaSe)、テルル化カルシウム (CaTe)、硫化ベリリウム (BeS)、セレン化ベリリウム (BeSe)、テルル化ベリリウム (BeTe)、硫化マグネシウム (MgS)、セレン化マグネシウム (MgSe)、硫化ゲルマニウム (GeS)、セレン化ゲルマニウム (GeSe)、テルル化ゲルマニウム (GeTe)、硫化錫 (IV) (SnS_2)、硫化錫 (II) (SnS)、セレン化錫 (II) (SnSe)、テルル化錫 (II) (SnTe)、酸化鉛 (II) (PbO)、フッ化銅 (I) (CuF)、塩化銅 (I) (CuCl)、臭化銅 (I) (CuBr)、ヨウ化銅 (I) (CuI)、酸化銅 (I) (Cu_2O)、セレン化銅 (I) (Cu_2Se)、酸化ニッケル (II) (NiO)、酸化コバルト (II) (CoO)、硫化コバルト (II) (CoS)、四酸化三鉄 (Fe_3O_4)、硫化鉄 (II) (FeS)、酸化マンガン (II) (MnO)、硫化モリブデン (IV) (MoS_2)、酸化バナジウム (II) (VO)、酸化バナジウム (IV) (VO_2)、酸化タングステン (IV) (WO_2)、酸化 tantalum (V) (Ta_2O_5)、酸化チタン (TiO_2 、 Ti_2O_5 、 Ti_2O_3 、 Ti_5O_9 など)、酸化ジルコニウム (ZrO_2)、窒化ケイ素 (Si_3N_4)、窒化ゲルマニウム (Ge_3N_4)、酸化アルミニウム (Al_2O_3)、チタン酸バリウム (BaTiO_3)、セレンと亜鉛とカドミウムの化合物 (CdZnSe)、インジウムと砒素とリンの化合物 (InAsP)、カドミウムとセレンと硫黄の化合物 (CdSeS)、カドミウムとセレンとテルルの化合物 (CdSeTe)、インジウムとガリウムと砒素の化合物 (InGaAs)、インジウムとガリウムとセレンの化合物 (InGaSe)、インジウムとセレンと硫黄の化合物 (InSeS)、銅とインジウムと硫黄の化合物 (例えば CuInS_2) およびこれらの組合せなどを挙げることができるが、これらに限定されるものではない。また、組成が任意の比率で表される、いわゆる合金型量子ドットを用いても良い。例えば、 $\text{CdS}_x\text{Se}_{1-x}$ (x は 0 乃至 1 の任意の数) で表される合金型量子ドットは、 x の比率を変化させることで発光波長を変えることができるため、青色発光を得るには有効な手段の一つである。

【0074】

量子ドットの構造としては、コア型、コア-シェル型、コア-マルチシェル型などがあり、そのいずれを用いても良いが、コアを覆ってより広いバンドギャップを持つ別の無機材料でシェルを形成することによって、ナノ結晶表面に存在する欠陥やダングリングボンドの影響を低減することができる。これにより、発光の量子効率が大きく改善するためコア-シェル型やコア-マルチシェル型の量子ドットを用いることが好ましい。シェルの材料の例としては、硫化亜鉛 (ZnS) や酸化亜鉛 (ZnO) が挙げられる。

【0075】

また、量子ドットは、表面原子の割合が高いことから、反応性が高く、凝集が起こりやすい。そのため、量子ドットの表面には保護剤が付着している又は保護基が設けられてい

10

20

30

40

50

ることが好ましい。当該保護剤が付着している又は保護基が設けられていることによって、凝集を防ぎ、溶媒への溶解性を高めることができる。また、反応性を低減させ、電気的安定性を向上させることも可能である。保護剤（又は保護基）としては、例えば、ポリオキシエチレンラウリルエーテル、ポリオキシエチレンステアリルエーテル、ポリオキシエチレンオレイルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルエーテル類、トリプロピルホスフィン、トリブチルホスフィン、トリヘキシルホスフィン、トリオクチルホスフィン等のトリアルキルホスフィン類、ポリオキシエチレン *n*-オクチルフェニルエーテル、ポリオキシエチレン *n*-ノニルフェニルエーテル等のポリオキシエチレンアルキルフェニルエーテル類、トリ(*n*-ヘキシル)アミン、トリ(*n*-オクチル)アミン、トリ(*n*-デシル)アミン等の第3級アミン類、トリプロピルホスフィンオキシド、トリブチルホスフィンオキシド、トリヘキシルホスフィンオキシド、トリオクチルホスフィンオキシド、トリデシルホスフィンオキシド等の有機リン化合物、ポリエチレングリコールジラウレート、ポリエチレングリコールジステアレート等のポリエチレングリコールジエステル類、また、ピリジン、ルチジン、コリジン、キノリン類等の含窒素芳香族化合物等の有機窒素化合物、ヘキシルアミン、オクチルアミン、デシルアミン、ドデシルアミン、テトラデシルアミン、ヘキサデシルアミン、オクタデシルアミン等のアミノアルカン類、ジブチルスルフィド等のジアルキルスルフィド類、ジメチルスルホキシドやジブチルスルホキシド等のジアルキルスルホキシド類、チオフェン等の含硫黄芳香族化合物等の有機硫黄化合物、パルミチン酸、ステアリン酸、オレイン酸等の高級脂肪酸、アルコール類、ソルビタン脂肪酸エステル類、脂肪酸変性ポリエステル類、3級アミン変性ポリウレタン類、ポリエチレンイミン類等が挙げられる。

10

20

【0076】

なお、量子ドットは棒状の量子ドットである量子ロッドであっても良い。量子ロッドは *c* 軸方向に偏光した指向性を有する光を呈するため、量子ロッドを発光材料として用いることにより、より外部量子効率が良い発光素子を得ることができる。

【0077】

ところで、OLED素子では多くの場合、発光材料を宿主材料に分散することによって発光効率を高めるが、宿主材料は発光材料以上の一重項励起エネルギー又は三重項励起エネルギーを有する物質であることが必要である。特に青色りん光材料を用いる場合においては、それ以上の三重項励起エネルギーを有する材料であり、且つ、寿命の観点で優れた宿主材料の開発は困難を極めている。ここで、量子ドットは宿主材料を用いずに量子ドットのみで発光層113を構成しても発光効率を保つことができるため、この点でも寿命という観点から好ましい発光素子を得ることができる。量子ドットのみで発光層を形成する場合には、量子ドットはコア-シェル構造(コア-マルチシェル構造を含む)であることが好ましい。

30

【0078】

発光層113は量子ドットの他に、他の発光材料や宿主材料が含まれていても良い。他の発光材料としては、代表的にはりん光発光物質や蛍光発光物質、熱活性化遅延蛍光を発する物質等が挙げられる。

【0079】

りん光発光物質として用いることが可能な材料としては、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(mppztz-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-ピフェニル)-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])のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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

40

50

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 (Prptz1 - Me)₃]) のような 1H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、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イリジウム錯体や、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) ポラート (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: FIracc) のような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イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nm から 520 nm に発光のピークを有する化合物である。

【0080】

また、トリス (4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト) イリジウム (III) (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 (III) (略称: [Ir (tBuppm)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 (III) (略称: [Ir (mppm)₂ (acc)])、(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 (III) (略称: [Ir (tBuppm)₂ (acc)])、(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 (III) (略称: [Ir (nbppm)₂ (acc)])、(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 (III) (略称: [Ir (mpmppm)₂ (acc)])、(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 (III) (略称: [Ir (dppm)₂ (acc)]) 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や、(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 (III) (略称: [Ir (mppr - Me)₂ (acc)])、(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 (III) (略称: [Ir (mppr - iPr)₂ (acc)]) 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や、トリス (2 - フェニルピリジナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) (略称: [Ir (ppy)₃])、ビス (2 - 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: [Ir (ppy)₂ (acc)])、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: [Ir (bzq)₂ (acc)])、トリス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (III) (略称: [Ir (bzq)₃])、トリス (2 - フェニルキノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) (略称: [Ir (pq)₃])、ビス (2 - フェニルキノリナト - N, C^{2'}) イリジウム (III) アセチルアセトナート (略称: [Ir (pq)₂ (acc)]) 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 (III) (略称: [Tb (acc)₃ (Phen)]) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nm 乃至 600 nm に発光のピークを有する。なお、ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性や発光効率にも際だって優れるため、特に好ましい。

【0081】

また、(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

10

20

30

40

50

ジナト]イリジウム(III)(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(III)(略称:[Ir(5mdppm)₂(dpm)])、ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト](ジピバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称:[Ir(d1nppm)₂(dpm)])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や、(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(III)(略称:[Ir(tppr)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(III)(略称:[Ir(tppr)₂(dpm)])、(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(III)(略称:[Ir(Fdpq)₂(acac)])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や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)(略称:[Ir(pi q)₃])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C^{2'})イリジウム(III)アセチルアセトナト(略称:[Ir(pi q)₂(acac)])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の他、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称:PtOEP)のような白金錯体や、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(III)(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(III)(略称:[Eu(TTA)₃(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、600nmから700nmに発光のピークを有する。また、ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、色度の良い赤色発光が得られる。

10

20

【0082】

また、以上で述べたりん光性化合物の他、様々なりん光性発光材料を選択し、用いてもよい。

【0083】

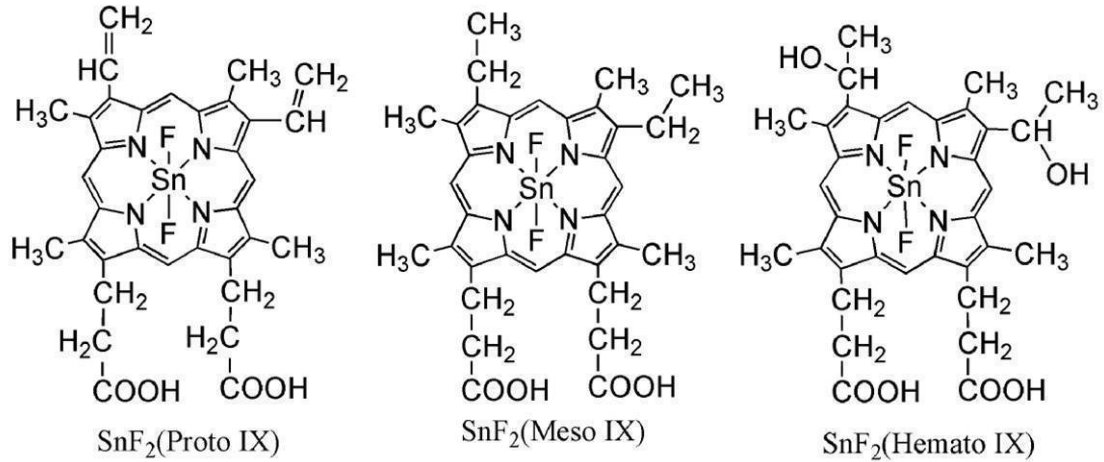
上記りん光発光材料に代えて熱活性化遅延蛍光を発する物質(TADF材料)を用いても良い。TADF材料としてはフラレン及びその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等を用いることができる。またマグネシウム(Mg)、亜鉛(Zn)、カドミウム(Cd)、スズ(Sn)、白金(Pt)、インジウム(In)、もしくはパラジウム(Pd)等を含む金属含有ポルフィリンを用いることができる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Proto IX))、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Mesox IX))、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体(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(SnF₂(Copro III-4Me))、オクタエチルポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(OEP))、エチオポルフィリン-フッ化スズ錯体(SnF₂(Etio I))、オクタエチルポルフィリン-塩化白金錯体(PtCl₂OEP)等が挙げられる。

30

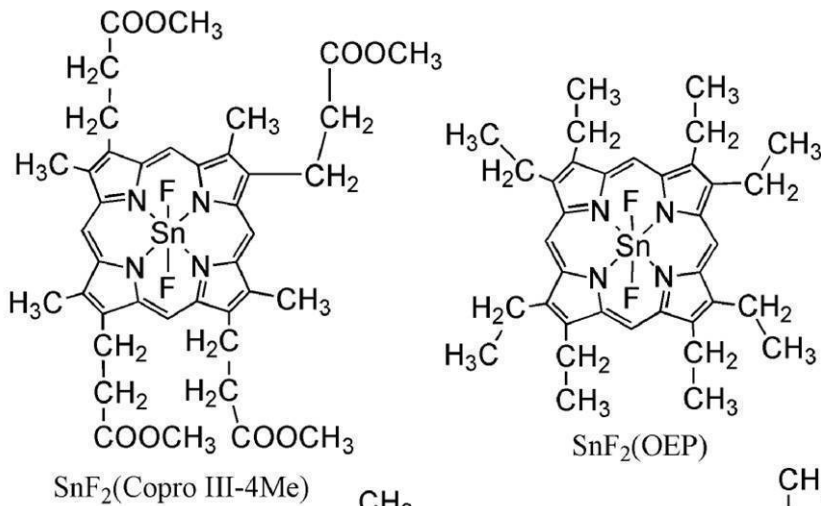
【0084】

40

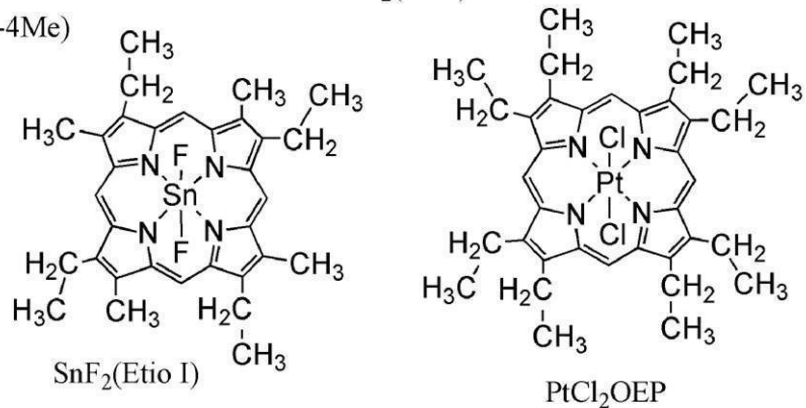
【化 8】



10



20



30

【 0 0 8 5 】

また、以下の構造式に示される 2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4 , 6 - ビス (1 2 - フェニルインドロ [2 , 3 - a] カルバゾール - 1 1 - イル) - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : P I C - T R Z) や、 9 - (4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン - 2 - イル) - 9 ' - フェニル - 9 H , 9 ' H - 3 , 3 ' - ビカルバゾール (略称 : P C C z T z n) 、 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 : P C C z P T z n) 、 2 - [4 - (1 0 H - フェノキサジン - 1 0 - イル) フェニル] - 4 , 6 - ジフェニル - 1 , 3 , 5 - トリアジン (略称 : P X Z - T R Z) 、 3 - [4 - (5 - フェニル - 5 , 1 0 - ジヒドロフェナジン - 1 0 - イル) フェニル] - 4 , 5 - ジフェニル - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : P P Z - 3 T P T) 、 3 - (9 , 9 - ジメチル - 9 H - アクリジン - 1 0 - イル) - 9 H - キサンテン - 9 - オン (略称 : A C R X T N) 、 ビス [4 - (9 , 9 - ジメチル - 9 , 1 0 - ジヒドロアクリジン) フェニル]

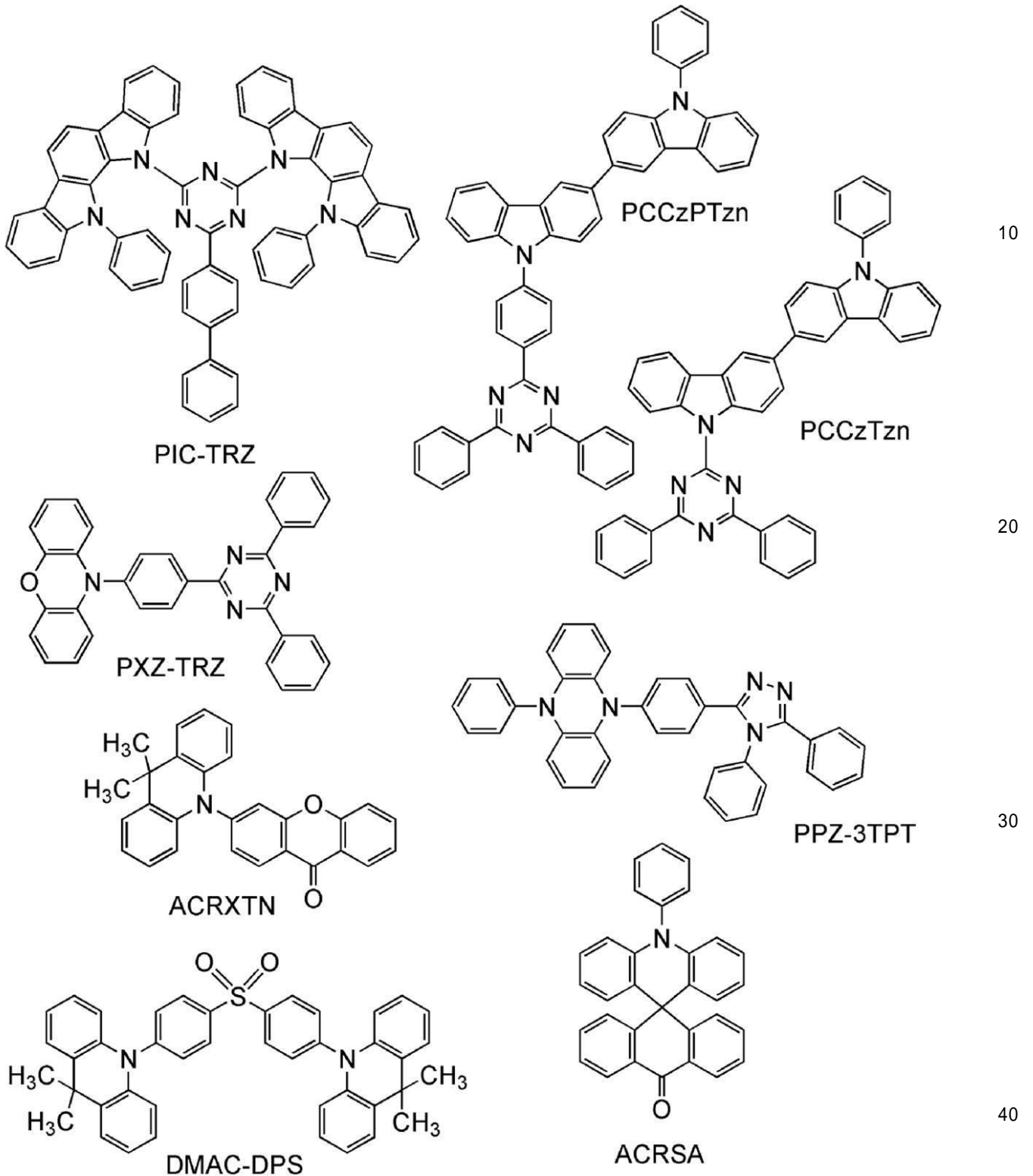
40

50

スルホン（略称：DMAC-DPS）、10-フェニル-10H, 10'H-スピロ[アクリジン-9, 9'-アントラセン]-10'-オン（略称：ACRSA）、等の電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環の両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素環化合物は、電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプタ性が共に強くなり、 S_1 準位と T_1 準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。

【0086】

【化 9】



【0087】

蛍光発光物質としては、例えば以下のような物質を用いることができる。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。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)ピフェニル - 4 - イル] - 2, 2' - ビピリジン (略称: PAPP2BPY)、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(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 (略称 : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) 、 N , N ' - ビス [4 - (9 H - 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 : Y G A 2 S) 、 4 - (9 H - 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 : Y G A P A) 、 4 - (9 H - 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 : 2 Y G A P P A) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (10 - 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) 、 ペリレ
 ン、 2 , 5 , 8 , 11 - テトラ (t e r t - ブチル) ペリレン (略称 : T B P) 、 4 - (10 - 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 - 10
 イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A) 、 N , N ' ' - (2 - t e r t - ブチ
 ルアントラセン - 9 , 10 - 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 , 10 - 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 , 10 - 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) 、 N , 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 , 15 - テトラアミン (略
 称 : D B C 1) 、 クマリン 30 、 N - (9 , 10 - ジフェニル - 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 P A) 、 N - [9 , 20
 10 - 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 , 10 - 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 , 10 - 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 , 10 - 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 545 T 、 N , N ' - ジフェニルキナクリドン (略
 称 : D P Q d) 、 ルブレン、 2 , 8 - ジ - t e r t - ブチル - 5 , 11 - ビス (4 - t 30
 e r t - ブチルフェニル) - 6 , 12 - ジフェニルテトラセン (略称 : T B R b) 、 5 ,
 12 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 , 11 - ジフェニルテトラセン (略
 称 : B P T) 、 2 - (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 , 11 - ジアミン (略称 : p - m P h T D) 、 7 , 14 - 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 , 10 - ジアミン (略称 : p - m P h A F D) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [2 40
 - (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
 ゴ [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) などが挙 50

げられる。特に、1,6FLPAPrnや1,6mMemFLPAPrnのようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れているため好ましい。

【0088】

ホスト材料としては様々なキャリア輸送材料を用いることができる。当該キャリア輸送材料としては、例えば以下に示すような正孔輸送性を有する物質や、電子輸送性を有する物質などを用いることができる。もちろん、以下に挙げる物質以外の正孔輸送性を有する材料や電子輸送性を有する材料、バイポーラ性を有する材料も用いることができる。

【0089】

正孔輸送性を有する材料としては、上記正孔輸送層111-2を構成する材料として列挙した物質と同じ物質を用いることができる。

10

【0090】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: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(III)(略称:BAIq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称:Znq)、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)などの金属錯体や、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称:PBDB)、3-(4-ピフェニル)-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)、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)、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-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]-1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール(略称:mDBTBI-III)などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2-[3-(ジベンゾチオフエン-4-イル)フェニル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-III)、2-[3'-(ジベンゾチオフエン-4-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTPDBq-III)、2-[3'-(9H-カルバゾール-9-イル)ピフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mCzBPDBq)、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-III)などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、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)などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン(ピリミジンやピラジン)骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

20

30

40

【0091】

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の比は、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とすればよい。

【0092】

また、これら混合された材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は発光材料

50

の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるため好ましい。また、駆動電圧も低下するため好ましい。

【0093】

発光層113の発光材料を量子ドットとする場合、当該発光層の膜厚は3nm乃至100nm、好ましくは10乃至100nmとし、発光層中の量子ドットの含有率は1乃至100体積%とする。ただし、量子ドットのみで発光層を形成することが好ましい。なお、当該量子ドットを発光材料としてホストに分散した発光層を形成する場合は、ホスト材料に量子ドットを分散させる、又はホスト材料と量子ドットとを適当な液媒体に溶解又は分散させてウェットプロセス（スピンコート法、キャスト法、ダイコート法、ブレードコート法、ロールコート法、インクジェット法、印刷法、スプレーコート法、カーテンコート法、ラングミュア・プロジェクト法など）により形成すればよい。りん光発光材料を用いた発光層については、上記ウェットプロセスの他、真空蒸着法も好適に利用することができる。

10

【0094】

ウェットプロセスに用いる液媒体としては、たとえば、メチルエチルケトン、シクロヘキサノン等のケトン類、酢酸エチル等の脂肪酸エステル類、ジクロロベンゼン等のハロゲン化炭化水素類、トルエン、キシレン、メシチレン、シクロヘキシルベンゼン等の芳香族炭化水素類、シクロヘキサン、デカリン、ドデカン等の脂肪族炭化水素類、ジメチルホルムアミド（DMF）、ジメチルスルホキシド（DMSO）等の有機溶媒を用いることができる。

20

【0095】

電子注入輸送層112は、電子のEL層への注入及び電子の輸送を担う層である。電子注入輸送層112は、電子輸送層を有し、電子注入層を有していても良い。電子注入輸送層は、電子輸送性を有する物質を含む。電子輸送性を有する物質としては、上記ホスト材料に用いることが可能な電子輸送性を有する物質として挙げたものを用いることができる。また、n型の化合物半導体を用いても良く、例えば、酸化チタン（ TiO_2 ）、酸化亜鉛（ ZnO ）、酸化ケイ素（ SiO_2 ）、酸化錫（ SnO_2 ）、酸化タングステン（ WO_3 ）、酸化 tantalum（ Ta_2O_3 ）、チタン酸バリウム（ $BaTiO_3$ ）、ジルコニウム酸バリウム（ $BaZrO_3$ ）、酸化ジルコニウム（ ZrO_2 ）、酸化ハフニウム（ HfO_2 ）、酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）、酸化イットリウム（ Y_2O_3 ）、ケイ酸ジルコニウム（ $ZrSiO_4$ ）のような酸化物、窒化ケイ素（ Si_3N_4 ）のような窒化物、硫化カドミウム（ CdS ）、セレン化亜鉛（ $ZnSe$ ）及び硫化亜鉛（ ZnS ）等も用いることができる。中でも、n型半導体は、量子ドットと価電子帯上端のエネルギー準位が近い為、駆動電圧の低減効果があり好ましい。

30

【0096】

電子注入層を設ける場合は、フッ化リチウム（ LiF ）、フッ化セシウム（ CsF ）、フッ化カルシウム（ CaF_2 ）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を陰極102と接して設ける。または、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものや、エレクトライドを用いてもよい。該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、QLED素子の場合、電子の注入が比較的容易であるため、電子注入層は形成しなくとも良い。当該構成の場合、大気成分に敏感なアルカリ金属又はアルカリ土類金属を用いないため、信頼性の良好な発光素子とすることが可能となる。

40

【0097】

また、電子注入輸送層112と発光層113との間にバッファ層114を設けても良い。バッファ層114を設けることによって、電子注入輸送層112と発光層113との相互作用を防ぎ、発光効率の良好な発光素子を得ることができる。

【0098】

50

陰極 102 を形成する物質としては、リチウム (Li) やセシウム (Cs) 等のアルカリ金属、およびマグネシウム (Mg)、カルシウム (Ca)、ストロンチウム (Sr) 等の元素周期表の第 1 族または第 2 族に属する元素、およびこれらを含む合金 (MgAg、AlLi)、ユウロピウム (Eu)、イッテルビウム (Yb) 等の希土類金属およびこれらを含む合金、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (IWZO) 等が挙げられる。また、アルミニウム (Al)、銀 (Ag)、インジウム錫酸化物 (ITO)、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ等、様々な導電性材料を陰極 102 として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾル - ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

10

【0099】

また、EL 層 103 の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法やウェットプロセス法 (スピンコート法、キャスト法、ダイコート法、ブレードコート法、ロールコート法、インクジェット法、印刷法 (グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法等)、スプレーコート法、カーテンコート法、ラングミュア・プロジェクト法など) など用いても構わない。特に、量子ドットを用いた発光層 113、n 型半導体を用いた電子注入輸送層 112 は湿式法で形成することが好ましい。

20

【0100】

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0101】

当該構成を有する本発明の一態様の発光素子のエネルギーバンド図の一例を図 19 に示す。本発光素子は陽極 101、陰極 102、正孔注入輸送層 111、電子注入輸送層 112、発光層 113 を含む発光素子である。また、当該発光素子は陽極 101 としてアルミニウム、陰極 102 として ITO、電子注入輸送層 112 として ZnO、正孔注入輸送層 111 として、DBT3P - II とモリブデン酸化物の複合材料を用い、陰極 102 側から素子を作製するいわゆる逆積み型の素子を想定した。

30

【0102】

図 19 のように、本発明の一態様の発光素子では、陰極 102 から注入された電子は、電子注入輸送層 112 である ZnO の価電子帯上端のエネルギー準位と量子ドットの発光層 113 と LUMO 準位との差が小さい為にスムーズに発光層 113 まで運ばれる。また、正孔注入輸送層 111 では、電圧が印加されることによってモリブデン酸化物が DBT3P - II から電子を引き抜くことで電子が発生し、DBT3P - II には正孔が発生する。発生した電子は陽極 101 に流れ、正孔は DBT3P - II の HOMO 準位が深く、量子ドットの発光層 113 の HOMO 準位と近接しているためスムーズに発光層 113 に注入される。発光層 113 に正孔と電子がスムーズに注入されることから、本発明の一態様の発光素子は、駆動電圧が小さく、また、キャリアバランスが良好な発光素子とすることができる。

40

【0103】

なお、陽極 101 と陰極 102 との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、陽極 101 および陰極 102 から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

【0104】

また、発光層 113 に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層 113 における再結合領域に近いキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光物質もしくは、発光層に含まれる発光中心物質が有するバンドギャップより大きいバンドギャップを有する物質で構成するこ

50

とが好ましい。

【0105】

(実施の形態2)

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

【0106】

本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図2を用いて説明する。なお、図2(A)は、発光装置を示す上面図、図2(B)は図2(A)をA-BおよびC-Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース線駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート線駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

10

【0107】

なお、引き回し配線608はソース線駆動回路601及びゲート線駆動回路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FPC(フレキシブルプリントサーキット)609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FPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

20

【0108】

次に、断面構造について図2(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0109】

素子基板610はガラス、石英、有機樹脂、金属、合金、半導体などからなる基板の他、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て作製すればよい。

30

【0110】

画素や駆動回路に用いられるトランジスタの構造は特に限定されない。例えば、逆スタガ型のトランジスタとしてもよいし、スタガ型のトランジスタとしてもよい。また、トップゲート型のトランジスタでもボトムゲート型トランジスタでもよい。トランジスタに用いる半導体材料は特に限定されず、例えば、シリコン、ゲルマニウム、炭化シリコン、窒化ガリウム等を用いることができる。または、In-Ga-Zn系金属酸化物などの、インジウム、ガリウム、亜鉛のうち少なくとも一つを含む酸化物半導体を用いてもよい。

【0111】

トランジスタに用いる半導体材料の結晶性についても特に限定されず、非晶質半導体、結晶性を有する半導体(微結晶半導体、多結晶半導体、単結晶半導体、又は一部に結晶領域を有する半導体)のいずれを用いてもよい。結晶性を有する半導体を用いると、トランジスタ特性の劣化を抑制できるため好ましい。

40

【0112】

ここで、上記画素や駆動回路に設けられるトランジスタの他、後述するタッチセンサ等に用いられるトランジスタなどの半導体装置には、酸化物半導体を適用することが好ましい。特にシリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を適用することが好ましい。シリコンよりもバンドギャップの広い酸化物半導体を用いることで、トランジスタのオフ状態における電流を低減できる。

【0113】

上記酸化物半導体は、少なくともインジウム(In)又は亜鉛(Zn)を含むことが好

50

ましい。また、In-M-Zn系酸化物（MはAl、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、CeまたはHf等の金属）で表記される酸化物を含む酸化物半導体であることがより好ましい。

【0114】

特に、半導体層として、複数の結晶部を有し、当該結晶部はc軸が半導体層の被形成面、または半導体層の上面に対し垂直に配向し、且つ隣接する結晶部間には粒界を有さない酸化物半導体膜を用いることが好ましい。

【0115】

半導体層としてこのような材料を用いることで、電気特性の変動が抑制され、信頼性の高いトランジスタを実現できる。

【0116】

また、上述の半導体層を有するトランジスタはその低いオフ電流により、トランジスタを介して容量に蓄積した電荷を長期間に亘って保持することが可能である。このようなトランジスタを画素に適用することで、各表示領域に表示した画像の階調を維持しつつ、駆動回路を停止することも可能となる。その結果、極めて消費電力の低減された電子機器を実現できる。

【0117】

トランジスタの特性安定化等のため、下地膜を設けることが好ましい。下地膜としては、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜、酸化窒化シリコン膜、窒化酸化シリコン膜などの無機絶縁膜を用い、単層で又は積層して作製することができる。下地膜はスパッタリング法、CVD（Chemical Vapor Deposition）法（プラズマCVD法、熱CVD法、MOCVD（Metal Organic CVD）法など）、ALD（Atomic Layer Deposition）法、塗布法、印刷法等を用いて形成できる。なお、下地膜は、必要で無ければ設けなくてもよい。

【0118】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0119】

また、画素部602はスイッチング用FET611と、電流制御用FET612とそのドレインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成されているが、これに限定されず、3つ以上のFETと、容量素子とを組み合わせた画素部としてもよい。

【0120】

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。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成することができる。

【0121】

また、後に形成するEL層等の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（0.2μm乃至3μm）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、或い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。

【0122】

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。ここで、陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、またはケイ素を含有したインジウム錫酸化物膜、2wt%以上20wt%以下の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタン

10

20

30

40

50

膜とアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

【0123】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の湿式法等、種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1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。

【0124】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料（Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物（MgAg、MgIn、AlLi等）等）を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ITO、2wt%以上20wt%以下の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【0125】

なお、第1の電極613、EL層616、第2の電極617で、発光素子が形成されている。当該発光素子は実施の形態1に記載の発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、当該画素部に実施の形態1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。

【0126】

さらにシール材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で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、空間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、そこに乾燥材を設けることで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。

【0127】

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。

【0128】

図2には示されていないが、第2の電極上に保護膜を設けても良い。保護膜は有機樹脂膜や無機絶縁膜で形成すればよい。また、シール材605の露出した部分を覆うように、保護膜が形成されていても良い。また、保護膜は、一对の基板の表面及び側面、封止層、絶縁層、等の露出した側面を覆って設けることができる。

【0129】

保護膜には、水などの不純物を透過しにくい材料を用いることができる。したがって、水などの不純物が外部から内部に拡散することを効果的に抑制することができる。

【0130】

保護膜を構成する材料としては、酸化物、窒化物、フッ化物、硫化物、三元化合物、金属またはポリマー等を用いることができ、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、ハフニウムシリケート、酸化ランタン、酸化珪素、チタン酸ストロンチウム、酸化タンタル、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化イットリウム、酸化セリウム、酸化スカンジウム、酸化エルビウム、酸化バナジウムまたは酸化イン

10

20

30

40

50

ジウム等を含む材料や、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化珪素、窒化タンタル、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化モリブデン、窒化ジルコニウムまたは窒化ガリウム等を含む材料、チタンおよびアルミニウムを含む窒化物、チタンおよびアルミニウムを含む酸化物、アルミニウムおよび亜鉛を含む酸化物、マンガンおよび亜鉛を含む硫化物、セリウムおよびストロンチウムを含む硫化物、エルビウムおよびアルミニウムを含む酸化物、イットリウムおよびジルコニウムを含む酸化物等を含む材料を用いることができる。

【0131】

保護膜は、段差被覆性（ステップカバレッジ）の良好な成膜方法を用いて形成することが好ましい。このような手法の一つに、原子層堆積（ALD：Atomic Layer Deposition）法がある。ALD法を用いて形成することができる材料を、保護膜に用いることが好ましい。ALD法を用いることで緻密な、クラックやピンホールなどの欠陥が低減された、または均一な厚さを備える保護膜を形成することができる。また、保護膜を形成する際に加工部材に与える損傷を、低減することができる。

10

【0132】

例えばALD法を用いて保護膜を形成することで、複雑な凹凸形状を有する表面や、発光装置の上面、側面及び裏面にまで均一で欠陥の少ない保護膜を形成することができる。

【0133】

以上のようにして、実施の形態1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。

【0134】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態1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に記載の発光素子は寿命の長い発光素子であるため、信頼性の良好な発光装置とすることができる。また、実施の形態1に記載の発光素子を用いた発光装置は発光効率が良いため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

20

【0135】

図3には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）等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図3（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1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

30

【0136】

また、図3（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）は透明な基材1033に設けている。また、ブラックマトリクス1035をさらに設けても良い。着色層及びブラックマトリクス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、及びブラックマトリクス1035は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図3（A）においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、緑、青となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

40

【0137】

図3（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。

【0138】

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側に発光を

50

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。トップエミッション型の発光装置の断面図を図4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、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。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、他の公知の材料を用いて形成することができる。

【0139】

発光素子の第1の電極1024W、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4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においてEL層103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。

10

【0140】

図4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）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ブラックマトリクス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）やブラックマトリクスはオーバーコート層1036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。

20

【0141】

トップエミッション型の発光装置では、マイクロキャビティ構造の適用が好適に行える。マイクロキャビティ構造を有する発光素子は、第1の電極を反射電極、第2の電極を半透過・半反射電極とすることにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極との間には少なくともEL層を有し、少なくとも発光領域となる発光層を有している。

【0142】

なお、反射電極は可視光の反射率が40%乃至100%、好ましくは70%乃至100%であり、かつその抵抗率が 1×10^{-2} cm以下の膜であるとする。また、半透過・半反射電極は可視光の反射率が20%乃至80%、好ましくは40%乃至70%であり、かつその抵抗率が 1×10^{-2} cm以下の膜であるとする。

30

【0143】

EL層に含まれる発光層から射出される発光は、反射電極と半透過・半反射電極とによって反射され、共振する。

【0144】

当該発光素子は、透明導電膜や上述の複合材料、キャリア輸送材料などの厚みを変えることで反射電極と半透過・半反射電極の間の光学的距離を変えることができる。これにより、反射電極と半透過・半反射電極との間において、共振する波長の光を強め、共振しない波長の光を減衰させることができる。

40

【0145】

なお、反射電極によって反射されて戻ってきた光（第1の反射光）は、発光層から半透過・半反射電極に直接入射する光（第1の入射光）と大きな干渉を起こすため、反射電極と発光層の光学的距離を $(2n - 1) / 4$ （ただし、 n は1以上の自然数、 λ は増幅したい発光の波長）に調節することが好ましい。当該光学的距離を調節することにより、第1の反射光と第1の入射光との位相を合わせ発光層からの発光をより増幅させることができる。

【0146】

なお、上記構成においては、EL層に複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、タンデム型発光素子の構成と組み合わせ、

50

一つの発光素子に電荷発生層を挟んで複数のEL層を設け、それぞれのEL層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

【0147】

マイクロキャビティ構造を有することで、特定波長の正面方向の発光強度を強めることが可能となるため、低消費電力化を図ることができる。なお、赤、黄、緑、青の4色の副画素で映像を表示する発光装置の場合、黄色発光による輝度向上効果のうえ、全副画素において各色の波長に合わせたマイクロキャビティ構造を適用できるため良好な特性の発光装置とすることができる。

【0148】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態1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に記載の発光素子は寿命の長い発光素子であるため、信頼性の良好な発光装置とすることができる。また、実施の形態1に記載の発光素子を用いた発光装置は発光効率が良好なため、消費電力の小さい発光装置とすることが可能である。

10

【0149】

ここまでは、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、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図5には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図5(A)は、発光装置を示す斜視図、図5(B)は図5(A)をX-Yで切断した断面図である。図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL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素子の不良を防ぐことが出来る。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態1に記載の発光素子を用いており、信頼性の良好な発光装置、又は消費電力の小さい発光装置とすることができる。

20

【0150】

以上、説明した発光装置は、マトリクス状に配置された多数の微小な発光素子をそれぞれ制御することが可能であるため、画像の表現を行う表示装置として好適に利用できる発光装置である。

30

【0151】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0152】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光素子を照明装置として用いる例を図6を参照しながら説明する。図6(B)は照明装置の上面図、図6(A)は図6(B)におけるe-f断面図である。

40

【0153】

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1における陽極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。

【0154】

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。

【0155】

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1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

50

されたい。

【0156】

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1における陰極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。

【0157】

以上、第1の電極401、EL層403、及び第2の電極404を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は発光効率の高い発光素子であるため、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る。

10

【0158】

以上の構成を有する発光素子が形成された基板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6(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。

【0159】

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る。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。

20

【0160】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL素子に実施の形態1に記載の発光素子を用いており、信頼性の良好な発光装置とすることができる。また、耐熱性の良好な発光装置とすることができる。

【0161】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光素子とその一部を含む電子機器の例について説明する。実施の形態1に記載の発光素子は寿命が良好であり、信頼性の良好な発光素子である。その結果、本実施の形態に記載の電子機器は、信頼性の良好な発光部を有する電子機器とすることが可能である。

30

【0162】

上記発光素子を適用した電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を以下に示す。

【0163】

図7(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。

40

【0164】

テレビジョン装置の操作は、筐体7101が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機7110により行うことができる。リモコン操作機7110が備える操作キー7109により、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部7103に表示される映像を操作することができる。また、リモコン操作機7110に、当該リモコン操作機7110から出力する情報を表示する表示部7107を設ける構成としてもよい。

【0165】

なお、テレビジョン装置は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般

50

のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向（送信者から受信者）または双方向（送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など）の情報通信を行うことも可能である。

【0166】

図7（B1）はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図7（B1）のコンピュータは、図7（B2）のような形態であっても良い。図7（B2）のコンピュータは、キーボード7204、ポインティングデバイス7206の代わりに第2の表示部7210が設けられている。第2の表示部7210はタッチパネル式となっており、第2の表示部7210に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第2の表示部7210は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部7203もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

10

【0167】

図7（C）は携帯型遊技機であり、筐体7301と筐体7302の2つの筐体で構成されており、連結部7303により、開閉可能に連結されている。筐体7301には、実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7304が組み込まれ、筐体7302には表示部7305が組み込まれている。また、図7（C）に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部7306、記録媒体挿入部7307、LEDランプ7308、入力手段（操作キー7309、接続端子7310、センサ7311（力、変位、位置、速度、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、に問い又は赤外線測定する機能を含むもの）、マイクロフォン7312）等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部7304および表示部7305の両方、または一方に実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部を用いていけばよく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができる。図7（C）に示す携帯型遊技機は、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図7（C）に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。

20

30

【0168】

図7（D）は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体7401に組み込まれた表示部7402の他、操作ボタン7403、外部接続ポート7404、スピーカ7405、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。

【0169】

図7（D）に示す携帯端末は、表示部7402を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部7402を指などで触れることにより行うことができる。

40

【0170】

表示部7402の画面は主として3つのモードがある。第1は、画像の表示を主とする表示モードであり、第2は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第3は表示モードと入力モードの2つのモードが混合した表示+入力モードである。

【0171】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部7402を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部7402の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好

50

ましい。

【0172】

また、携帯端末内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯端末の向き（縦か横か）を判断して、表示部7402の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

【0173】

また、画面モードの切り替えは、表示部7402を触れること、又は筐体7401の操作ボタン7403の操作により行われる。また、表示部7402に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

10

【0174】

また、入力モードにおいて、表示部7402の光センサで検出される信号を検知し、表示部7402のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

【0175】

表示部7402は、イメージセンサとして機能させることもできる。例えば、表示部7402に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【0176】

なお、本実施の形態に示す構成は、実施の形態1乃至実施の形態4に示した構成を適宜組み合わせて用いることができる。

20

【0177】

以上の様に実施の形態1に記載の発光素子を備えた発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。実施の形態1に記載の発光素子を用いることにより信頼性の高い電子機器を得ることができる。

【0178】

図8は、実施の形態1に記載の発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図8に示した液晶表示装置は、筐体901、液晶層902、バックライトユニット903、筐体904を有し、液晶層902は、ドライバIC905と接続されている。また、バックライトユニット903には、実施の形態1に記載の発光素子が用いられおり、端子906により、電流が供給されている。

30

【0179】

実施の形態1に記載の発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用したことにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。また、実施の形態1に記載の発光素子を用いることで、面発光の照明装置が作製でき、また大面積化も可能である。これにより、バックライトの大面積化が可能であり、液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、実施の形態1に記載の発光素子を適用した発光装置は従来と比較し厚みを小さくできるため、表示装置の薄型化も可能となる。

【0180】

図9は、実施の形態1に記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図9に示す電気スタンドは、筐体2001と、光源2002を有し、光源2002としては、実施の形態3に記載の照明装置を用いても良い。

40

【0181】

図10は、実施の形態1に記載の発光素子を、室内の照明装置3001として用いた例である。実施の形態1に記載の発光素子は信頼性の高い発光素子であるため、信頼性の高い照明装置とすることができる。また、実施の形態1に記載の発光素子は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態1に記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

【0182】

50

実施の形態 1 に記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 1 1 に実施の形態 1 に記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は実施の形態 1 に記載の発光素子を用いて設けられた表示である。

【 0 1 8 3 】

表示領域 5 0 0 0 と表示領域 5 0 0 1 は自動車のフロントガラスに設けられた実施の形態 1 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。実施の形態 1 に記載の発光素子は、第 1 の電極と第 2 の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化物半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

10

【 0 1 8 4 】

表示領域 5 0 0 2 はピラー部分に設けられた実施の形態 1 に記載の発光素子を搭載した表示装置である。表示領域 5 0 0 2 には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域 5 0 0 3 は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

20

【 0 1 8 5 】

表示領域 5 0 0 4 や表示領域 5 0 0 5 はナビゲーション情報、速度計や回転計、走行距離、燃料、ギア状態、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 3 にも設けることができる。また、表示領域 5 0 0 0 乃至表示領域 5 0 0 5 は照明装置として用いることも可能である。

【 0 1 8 6 】

図 1 2 (A) 及び図 1 2 (B) は 2 つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図 1 2 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9 6 3 0、表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b、表示モード切り替えスイッチ 9 0 3 4、電源スイッチ 9 0 3 5、省電力モード切り替えスイッチ 9 0 3 6、留め具 9 0 3 3、操作スイッチ 9 0 3 8、を有する。なお、当該タブレット端末は、実施の形態 1 に記載の発光素子を備えた発光装置を表示部 9 6 3 1 a、表示部 9 6 3 1 b の一方又は両方に用いることにより作製される。

30

【 0 1 8 7 】

表示部 9 6 3 1 a は、一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 a とすることができ、表示された操作キー 9 6 3 7 にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9 6 3 1 a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9 6 3 1 a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9 6 3 1 a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9 6 3 1 b を表示画面として用いることができる。

40

【 0 1 8 8 】

また、表示部 9 6 3 1 b においても表示部 9 6 3 1 a と同様に、表示部 9 6 3 1 b の一部をタッチパネル領域 9 6 3 2 b とすることができる。また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9 6 3 9 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9 6 3 1 b にキーボードボタンを表示することができる。

【 0 1 8 9 】

また、タッチパネル領域 9 6 3 2 a とタッチパネル領域 9 6 3 2 b に対して同時にタッチ入力することもできる。

50

【0190】

また、表示モード切り替えスイッチ9034は、縦表示または横表示などの表示の向きを切り替え、白黒表示やカラー表示の切り替えなどを選択できる。省電力モード切り替えスイッチ9036は、タブレット型端末に内蔵している光センサで検出される使用時の外光の光量に応じて表示の輝度を最適なものとして行うことができる。タブレット型端末は光センサだけでなく、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサなどの他の検出装置を内蔵させてもよい。

【0191】

また、図12(A)では表示部9631bと表示部9631aの表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

10

【0192】

図12(B)は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体9630、太陽電池9633、充放電制御回路9634、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636を備える例を示す。なお、図12(B)では充放電制御回路9634の一例としてバッテリー9635、DCDCコンバータ9636を有する構成について示している。

【0193】

なお、タブレット型端末は2つ折り可能なため、未使用時に筐体9630を閉じた状態にすることができる。従って、表示部9631a、表示部9631bを保護できるため、耐久性に優れ、長期使用の観点からも信頼性の優れたタブレット型端末を提供できる。

20

【0194】

また、この他にも図12(A)及び図12(B)に示したタブレット型端末は、様々な情報(静止画、動画、テキスト画像など)を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、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、等を有することができる。

【0195】

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池9633によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池9633は、筐体9630の一面または二面に設けられていると効率的なバッテリー9635の充電を行う構成とすることができるため好適である。

30

【0196】

また、図12(B)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図12(C)にブロック図を示し説明する。図12(C)には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3が、図12(B)に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

40

【0197】

まず外光により太陽電池9633により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー9635を充電するための電圧となるようDCDCコンバータ9636で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部9631の動作に太陽電池9633で充電された電力が用いられる際にはスイッチSW1をオンにし、コンバータ9638で表示部9631に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部9631での表示を行わない際には、SW1をオフにし、SW2をオンにしてバッテリー9635の充電を行う構成とすればよい。

【0198】

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に

50

限定されず、圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によってバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成であってもよい。無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせる構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

【 0 1 9 9 】

また、上記表示部 9 6 3 1 を具備していれば、図 1 2 に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

【 0 2 0 0 】

また、図 1 3 (A) 乃至 (C) に、折りたたみ可能な携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 3 (A) に展開した状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 3 (B) に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 3 (C) に折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。携帯情報端末 9 3 1 0 は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、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。

10

【 0 2 0 1 】

表示パネル 9 3 1 1 はヒンジ 9 3 1 3 によって連結された 3 つの筐体 9 3 1 5 に支持されている。なお、表示パネル 9 3 1 1 は、タッチセンサ（入力装置）を搭載したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。また、表示パネル 9 3 1 1 は、ヒンジ 9 3 1 3 を介して 2 つの筐体 9 3 1 5 間を屈曲させることにより、携帯情報端末 9 3 1 0 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。本発明の一態様の発光装置を表示パネル 9 3 1 1 に用いることができる。表示パネル 9 3 1 1 における表示領域 9 3 1 2 は折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 の側面に位置する表示領域である。表示領域 9 3 1 2 には、情報アイコンや使用頻度の高いアプリやプログラムのショートカットなどを表示させることができ、情報の確認やアプリなどの起動をスムーズに行うことができる。

20

【 実施例 1 】

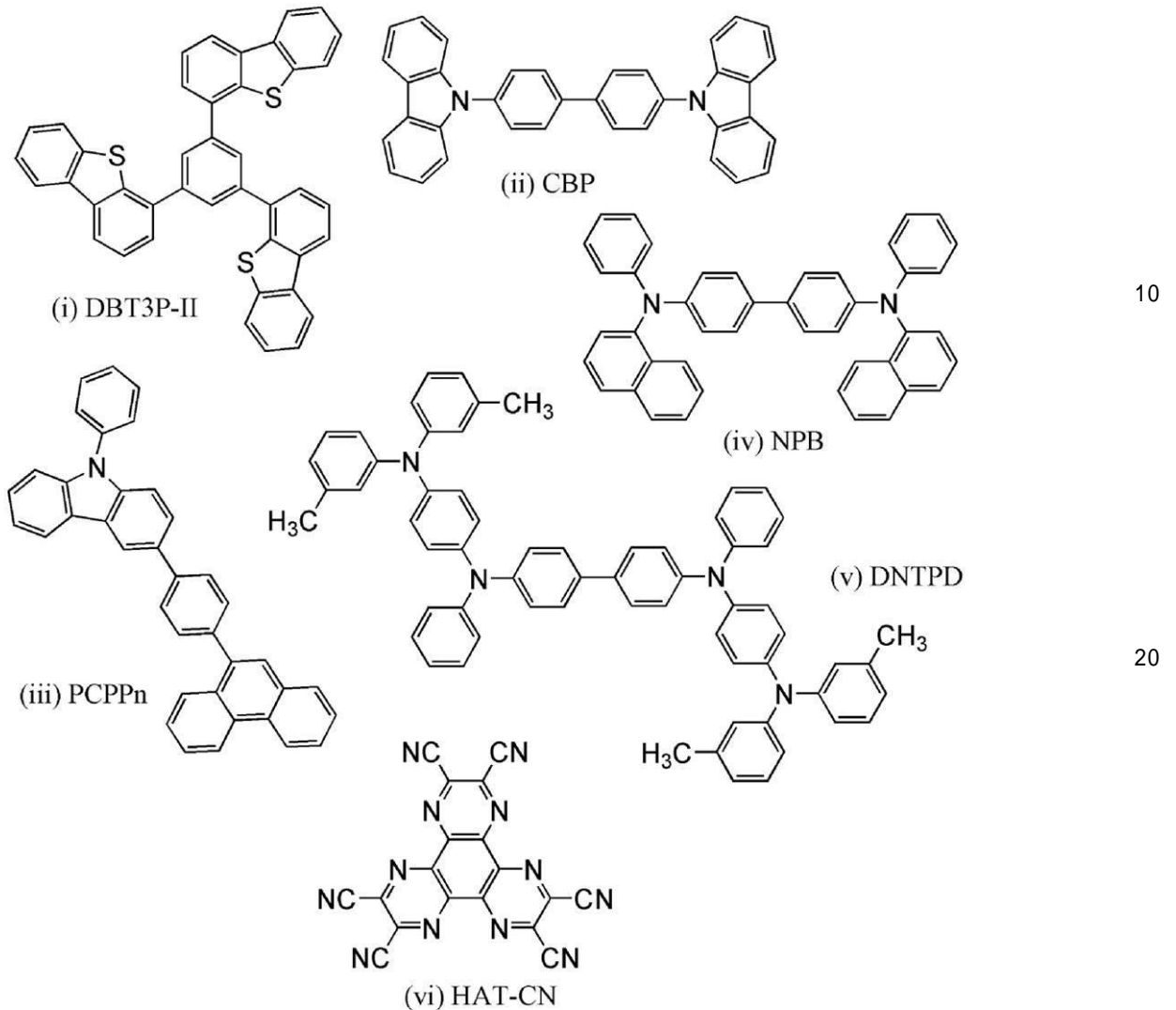
【 0 2 0 2 】

本実施例では、本発明の発光素子である発光素子 1 乃至発光素子 5 及び比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 について、その作製方法と特性について詳しく説明する。本実施例で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

30

【 0 2 0 3 】

【化 1 0】



10

20

30

40

50

【 0 2 0 4】

(発光素子 1 の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、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て成膜し、陰極 102 を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【 0 2 0 5】

次に、基板の上に発光素子を形成するための前処理として、基板表面を水で洗浄し、200 で 1 時間焼成した後、UV オゾン処理を 370 秒行った。

【 0 2 0 6】

その後、陰極 102 が形成された面が上方となるように、陰極 102 が形成された基板をスピコーターの基板ホルダーに固定し、陰極 102 上に、重量比 2.5% ナノ粒子 2-プロパノール分散液 (購入先: Aldrich、製品番号: 793361) を希釈して調製した重量比 0.6% の酸化亜鉛 2-プロパノール分散液を塗布し、500 rpm で 60 秒間回転させた。この基板をチャンバ圧力 1 Pa から 10 Pa のチャンバにおいて、100 で 60 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷し、電子注入輸送層 112 を形成した。電子注入輸送層 112 の膜厚は 30 nm となるようにした。

【 0 2 0 7】

次に、電子注入輸送層 112 が形成された基板を窒素雰囲気グローブボックス内に導入し、電子注入輸送層 112 上に、5 mg/mL のリン化インジウム/硫化亜鉛 (配位子: オレイルアミン) トルエン溶液 (発光波長: 530 nm、購入先: Aldrich、製品

番号：776750)を塗布し、500rpmで60秒間回転させた。この基板をチャンパー圧力1Paから10Paのチャンパーにおいて、130で30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷し、発光層113を形成した。発光層113の膜厚は10nmとなるようにした。

【0208】

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、発光層113が形成された面が下方となるように、発光層113が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、発光層113上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式(i)で表される1,3,5-トリ-(4-ジベンゾチオフェニル)-ベンゼン(略称:DBT3P-II)を20nmとなるように蒸着して正孔輸送層111-2を形成した。

10

【0209】

続いて、正孔輸送層111-2上に上記構造式DBT3P-IIと酸化モリブデン(VI)とを共蒸着して正孔注入層111-1を形成した。正孔注入層111-1は、膜厚が30nm、DBT3P-IIとモリブデン酸化物の割合が重量比でDBT3P-II:モリブデン酸化物=4:2となるように形成した。

【0210】

正孔注入層111-1を形成した後、陽極101としてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで本実施例の発光素子1を作製した。

【0211】

(発光素子2の作製方法)

発光素子2は発光素子1の正孔注入層111-1、及び正孔輸送層111-2におけるDBT3P-IIを上記構造式(ii)で表される4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ピフェニル(略称:CBP)に変えた他は、発光素子1と同様に形成した。

20

【0212】

(発光素子3の作製方法)

発光素子3は発光素子1の正孔注入層111-1、及び正孔輸送層111-2におけるDBT3P-IIを上記構造式(iii)で表される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)に変えた他は、発光素子1と同様に形成した。

30

【0213】

(発光素子4の作製方法)

発光素子4は発光素子1の正孔注入層111-1、及び正孔輸送層111-2におけるDBT3P-IIを上記構造式(iv)で表される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:NPB)に変えた他は、発光素子1と同様に形成した。

【0214】

(発光素子5の作製方法)

発光素子5は発光素子1の正孔注入層111-1、及び正孔輸送層111-2におけるDBT3P-IIを上記構造式(v)で表される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'-ピフェニル)-4,4'-ジアミン(略称:DNTPD)に変えた他は、発光素子1と同様に形成した。

40

【0215】

(比較発光素子1の作製方法)

比較発光素子1は発光素子1の電子注入輸送層112を重量比2.5%ナノ粒子2-プロパノール分散液(購入先:Alldrich、製品番号:793361)を希釈して調製した重量比2.0%の酸化亜鉛2-プロパノール分散液を塗布し、3000rpmで30秒間回転させ、この基板をチャンパー圧力1Paから10Paのチャンパーにおいて、120で10分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷して形成し、正孔注入層111-1を上記構造式(vi)で表される2,3,6,7,10,11-ヘキサシアノ-

50

1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサザトリフェニレン (略称: HAT-CN) で形成した他は、発光素子 1 と同様に形成した。

【0216】

(比較発光素子 2 の作製方法)

比較発光素子 2 は発光素子 2 の電子注入輸送層 112 を重量比 2.5% ナノ粒子 2 - プロパノール分散液 (購入先: Aldrich、製品番号: 793361) を希釈して調製した重量比 2.0% の酸化亜鉛 2 - プロパノール分散液を塗布し、3000 rpm で 30 秒間回転させ、この基板をチャンバー圧力 1 Pa から 10 Pa のチャンバーにおいて、120 で 10 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷して形成し、正孔注入層 111 - 1 を上記構造式 (vi) で表される HAT-CN で形成した他は、発光素子 2 と同様に形成した。

10

【0217】

(比較発光素子 3 の作製方法)

比較発光素子 3 は発光素子 3 の電子注入輸送層 112 を重量比 2.5% ナノ粒子 2 - プロパノール分散液 (購入先: Aldrich、製品番号: 793361) を希釈して調製した重量比 2.0% の酸化亜鉛 2 - プロパノール分散液を塗布し、3000 rpm で 30 秒間回転させ、この基板をチャンバー圧力 1 Pa から 10 Pa のチャンバーにおいて、120 で 10 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷して形成し、正孔注入層 111 - 1 を上記構造式 (vi) で表される HAT-CN で形成した他は、発光素子 3 と同様に形成した。

20

【0218】

(比較発光素子 4 の作製方法)

比較発光素子 4 は発光素子 4 の電子注入輸送層 112 を重量比 2.5% ナノ粒子 2 - プロパノール分散液 (購入先: Aldrich、製品番号: 793361) を希釈して調製した重量比 2.0% の酸化亜鉛 2 - プロパノール分散液を塗布し、3000 rpm で 30 秒間回転させ、この基板をチャンバー圧力 1 Pa から 10 Pa のチャンバーにおいて、120 で 10 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷して形成し、正孔注入層 111 - 1 を上記構造式 (vi) で表される HAT-CN で形成した他は、発光素子 4 と同様に形成した。

30

【0219】

発光素子 1 乃至発光素子 5 及び比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 の素子構造を以下の表にまとめる。

【0220】

【表 1】

	電子注入 輸送層	発光層	正孔 輸送層	正孔 注入層
膜厚	30nm	10nm	20nm	30nm
発光素子1	ZnO	InP/ZnS	DBT3P-II	DBT3P-II:MoOx (4:2)
発光素子2			CBP	CBP:MoOx (4:2)
発光素子3			PCPPn	PCPPn:MoOx (4:2)
発光素子4			NPB	NPB:MoOx (4:2)
発光素子5			DNTPD	DNTPD:MoOx (4:2)
比較発光素子1			DBT3P-II	HAT-CN
比較発光素子2			CBP	
比較発光素子3			PCPPn	
比較発光素子4			NPB	

10

20

【0221】

以上に示したように、発光素子1乃至発光素子5は、正孔注入層に正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、第1の物質にアクセプタ性を示す第2の物質とを含む構成を有している。

【0222】

また、発光素子1乃至発光素子5及び比較発光素子1乃至比較発光素子4における正孔注入層111-1に用いた有機化合物のHOMO準位、LUMO準位と、発光層に用いた量子ドットの価電子帯上端のエネルギー準位(VB)及び伝導帯下端のエネルギー準位(CB)を、サイクリックボルタンメトリ(CV)から見積もった。また、これらについて、大気中光電子分光法(PESA)と光学バンドギャップからも算出した。結果を以下の表にまとめた。

30

【0223】

なお、CV測定は測定装置として、電気化学アナライザー(ビー・イー・エス(株)製、型番:ALSモデル600Aまたは600C)を用いた。また、溶媒として脱水ジメチルホルムアミド(DMF)((株)アルドリッチ製、99.8%、カタログ番号;22705-6)を用い、支持電解質である過塩素酸テトラ-n-ブチルアンモニウム($n\text{-Bu}_4\text{NClO}_4$)(株)東京化成製、カタログ番号;T0836)を100mmol/Lの濃度となるように溶解させ、さらに測定対象を2mmol/Lの濃度となるように溶解させて調製した。作用電極としては白金電極(ビー・イー・エス(株)製、PTE白金電極)を、補助電極としては白金電極(ビー・イー・エス(株)製、VC-3用Ptカウンター電極(5cm))を、参照電極としてはAg/Ag⁺電極(ビー・イー・エス(株)製、RE7非水溶媒系参照電極)をそれぞれ用いた。なお、測定は室温(20~25)で行った。また、CV測定時のスキャン速度は、0.1V/secに統一し、参照電極に対する酸化電位E_a[V]および還元電位E_c[V]を測定した。E_aは酸化-還元波の中間電位とし、E_cは還元-酸化波の中間電位とした。ここで、本実施例で用いる参照電極の真空準位に対するポテンシャルエネルギーは、-4.94[eV]であることが分かっているため、HOMO準位[eV]=-4.94-E_a、LUMO準位[eV]=-4.94-E_cという式から、HOMO準位およびLUMO準位をそれぞれ求めることができる。

40

50

【 0 2 2 4 】

また、大気中光電子分光法（PESA）による測定は、光電子分光装置（AC-3）（理研計器社製）を用いて行った。

【 0 2 2 5 】

【表 2】

	CV		PESA	
	HOMO,VB(eV)	LUMO,CB(eV)	HOMO,VB(eV)	LUMO,CB(eV)
量子ドット	-5.79	-3.51	-5.83	-3.51
DBT3P-II	-6.22	-2.35	-6.20	-2.70
CBP	-5.87	-2.19	-6.15	-2.68
PCPPn	-5.80	-2.24	-5.91	-2.38
NPB	-5.38	-2.18	-5.54	-2.48
DNTPD	-5.16	-	-5.36	-2.24
HAT-CN	(-7.77) ^{※1}	-4.41	-	-

※1 LUMO準位とバンドギャップにより算出

【 0 2 2 6 】

発光素子 1 乃至発光素子 5 及び比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 を、窒素雰囲気中のグローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

【 0 2 2 7 】

図 1 4 に、発光素子 1 乃至発光素子 5 の、図 1 5 に比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 の電流密度 25 mA/cm² における発光スペクトルを示した。また、図 1 6 に発光素子 1 乃至発光素子 5 の、図 1 7 に比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 の輝度に対する発光素子 1 の最大電流効率で規格化された各素子の電流効率を表すグラフを示した。

【 0 2 2 8 】

図 1 4 乃至図 1 7 より、本実施例に用いた量子ドットにおいては、発光素子 1 乃至発光素子 4 及び比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 から量子ドット由来の発光が見られた。なお、発光素子 3 では、正孔輸送層の材料由来の青色発光が混ざっている。

【 0 2 2 9 】

このように、今回の素子では、正孔注入層として HAT-CN を用いた発光素子である比較発光素子 1 乃至比較発光素子 4 では、効率的な量子ドット由来の発光を得ることができなかった。これは、正孔輸送層として HAT-CN を用いた場合は、HOMO 準位の深い正孔輸送材料を正孔輸送層に用いたとしても、発光層へ正孔を効率的に注入できていないことを示している。量子ドットの VB に対して、正孔注入を行うのに好適な HOMO 準位を有している DBT3P-II、CBP および PCPPn を使用した比較発光素子 1 乃至比較発光素子 3 でも発光層へ効率的に正孔注入できなかったのは、これら正孔輸送材料の HOMO 準位が深い場合（具体的には -5.4 eV よりも深い場合）は HAT-CN が電子を引き抜けず、電荷発生が効果的に生じなかったためである。

【 0 2 3 0 】

一方、図 1 4 及び図 1 6 に示した発光素子 1 乃至発光素子 5 の結果は正孔輸送材料の HOMO 準位と相関があると考えられる。すなわち、今回用いた量子ドットにおいては、PCPPn よりも深い HOMO 準位を持つ材料であれば発光層に非常に好適にホール注入を行うことができている。すなわち、量子ドットの VB と同等か、より深い HOMO 準位を持つ材料を正孔輸送材料として用いることが好ましい。

【 0 2 3 1 】

次に電流効率と HOMO 準位の相関を調べるため、正孔注入層に HAT-CN または正孔輸送性を有する有機化合物である第 1 の物質と、第 1 の物質にアクセプタ性を示す第 2 の物質とを含む構成（以下 OMOx と称する場合がある）を使用した際の、ホール輸送材

10

20

30

40

50

料のHOMO準位と発光素子1の最大電流効率で規格化された各素子の最大電流効率との関係を表3に示す。また、そのプロットを図18に示す。

【0232】

【表3】

	HOMO(eV)	規格化電流効率	
		OMO _x	HAT-CN
DBT3P-II	-6.22	1 (発光素子1)	0.00040 (比較発光素子1)
CBP	-5.87	0.53 (発光素子2)	0.00031 (比較発光素子2)
PCPPn	-5.8	0.16 (発光素子3)	0.00020 (比較発光素子3)
NPB	-5.38	0.019 (発光素子4)	0.00013 (比較発光素子4)

10

【0233】

これらの結果から、OMO_xを用いた素子の場合、電流効率とHOMO準位には相関が見られ、正孔輸送層のHOMO準位が深くなるにつれて電流効率が劇的に改善することが分かった。一方でHAT-CNを使用した素子では量子ドットの発光はほとんど見られていない。

【0234】

以上の事から、量子ドットを用いた発光層に効率的に正孔注入を行い発光させるには、正孔注入層に正孔輸送性を有する有機化合物である第1の物質と、第1の物質にアクセプタ性を示す第2の物質とを含む複合材料を用いる構成が有用であることがわかった。また、HOMO準位の深いホール輸送材料を有するOMO_xを正孔注入層に使用することでより好ましい結果が得られ、さらには同様に深いHOMO準位を有するホール輸送材料を正孔輸送層として使用することがさらに好適であることが分かった。今回使用した量子ドットであれば、HOMO準位がPCPPnよりも深い第1の物質を用いた時に量子ドットの発光が顕著に見られ、当該HOMO準位が深くなるにつれて電流効率が向上していくことが分かった。すなわち、量子ドットの価電子帯上端のエネルギー準位と同等又は深いHOMO準位を有する第1の物質を用いることが好ましいことがわかる。

20

30

【0235】

このようにQLED素子において、OMO_xを用いることにより容易に深いVB、CBを有する量子ドットを有する発光層に直接キャリアを注入して発光させることに成功した。特に量子ドットのVBへ正孔を注入するためにはOMO_xを利用することが有効であり、また-5.7eVよりも深いHOMO準位を有する正孔輸送材料を使用することが効果的であると分かった。効率に関しても正孔輸送材料のHOMO準位と相関が見られ、HOMO準位が深くなるにつれて効率が上昇していった。

【符号の説明】

【0236】

- 101 陽極
- 102 陰極
- 103 EL層
- 111 正孔注入輸送層
- 111-1 正孔注入層
- 111-2 正孔輸送層
- 112 電子注入輸送層
- 113 発光層
- 114 バッファ層
- 400 基板
- 401 第1の電極

40

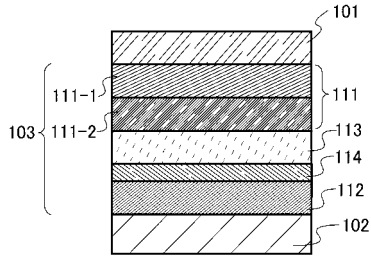
50

4 0 3	E L 層	
4 0 4	第 2 の電極	
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	
6 0 1	駆動回路部 (ソース線駆動回路)	
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (ゲート線駆動回路)	10
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	20
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	30
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	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	
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	40
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第 2 の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	第 1 の電極	
1 0 2 4 R	第 1 の電極	
1 0 2 4 G	第 1 の電極	
1 0 2 4 B	第 1 の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L 層	50

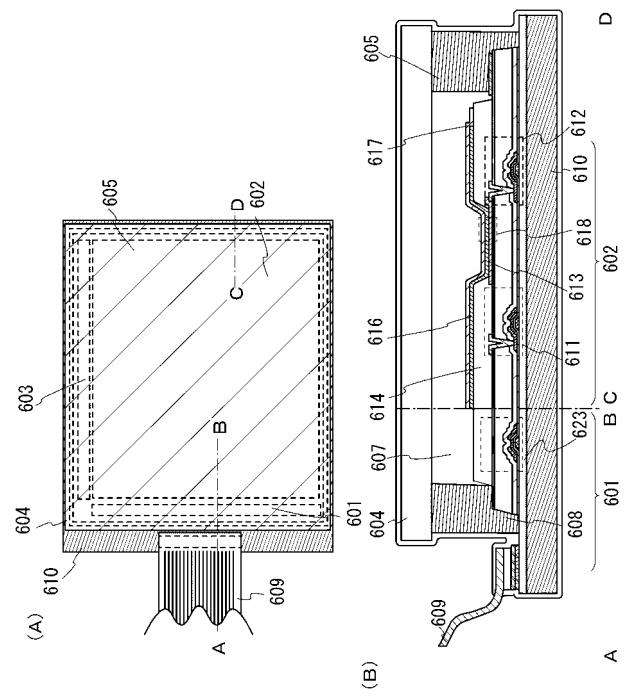
1 0 2 9	第 2 の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	ブラックマトリクス	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	10
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	表示領域	
5 0 0 1	表示領域	
5 0 0 2	表示領域	
5 0 0 3	表示領域	20
5 0 0 4	表示領域	
5 0 0 5	表示領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	30
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	第 2 の表示部	
7 3 0 1	筐体	
7 3 0 2	筐体	
7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	40
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E D ランプ	
7 3 0 9	操作キー	
7 3 1 0	接続端子	
7 3 1 1	センサ	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	50

7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
7 4 0 0	携帯電話機	
9 0 3 3	留め具	
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 0 3 8	操作スイッチ	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示パネル	10
9 3 1 2	表示領域	
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	タッチパネル領域	
9 6 3 2 b	タッチパネル領域	
9 6 3 3	太陽電池	20
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	D C D Cコンバータ	
9 6 3 7	操作キー	
9 6 3 8	コンバータ	
9 6 3 9	ボタン	

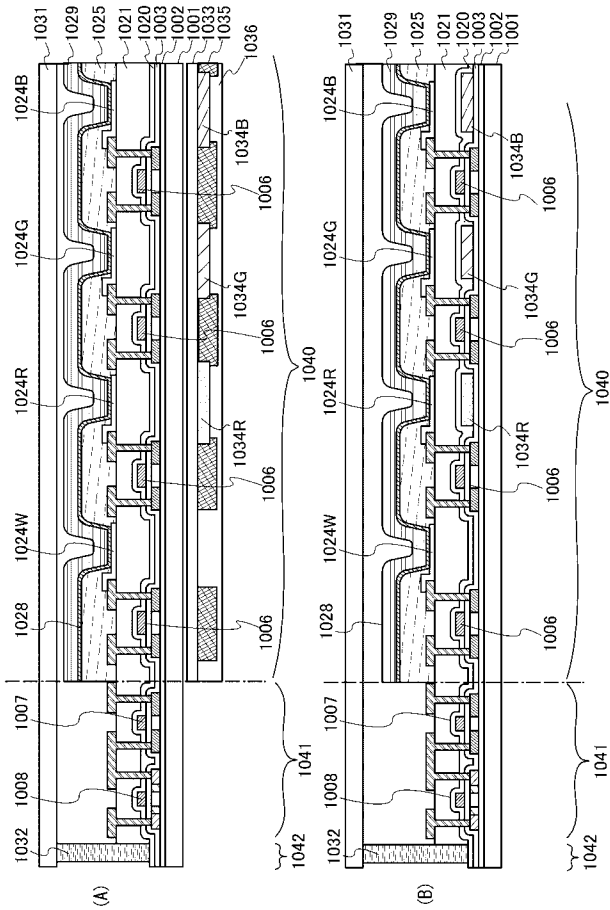
【 図 1 】



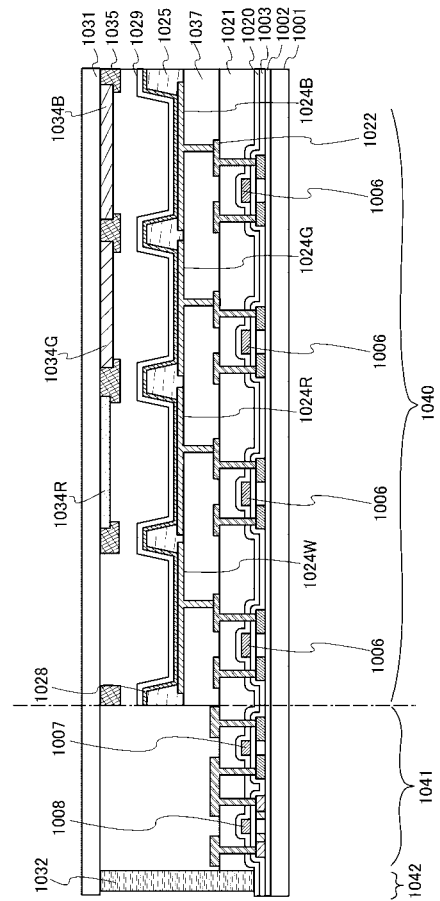
【 図 2 】



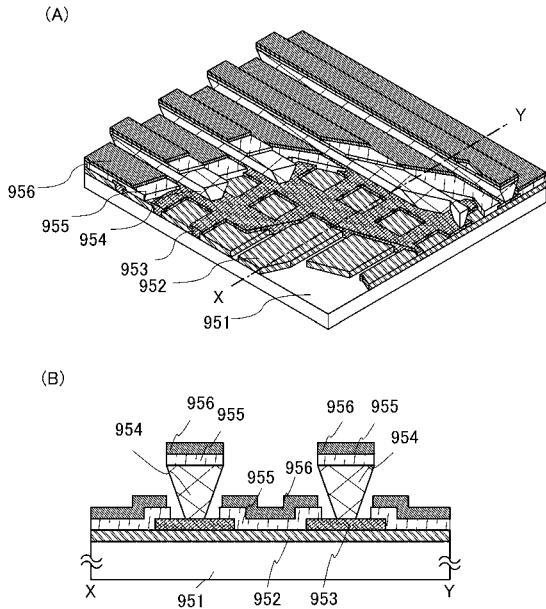
【 図 3 】



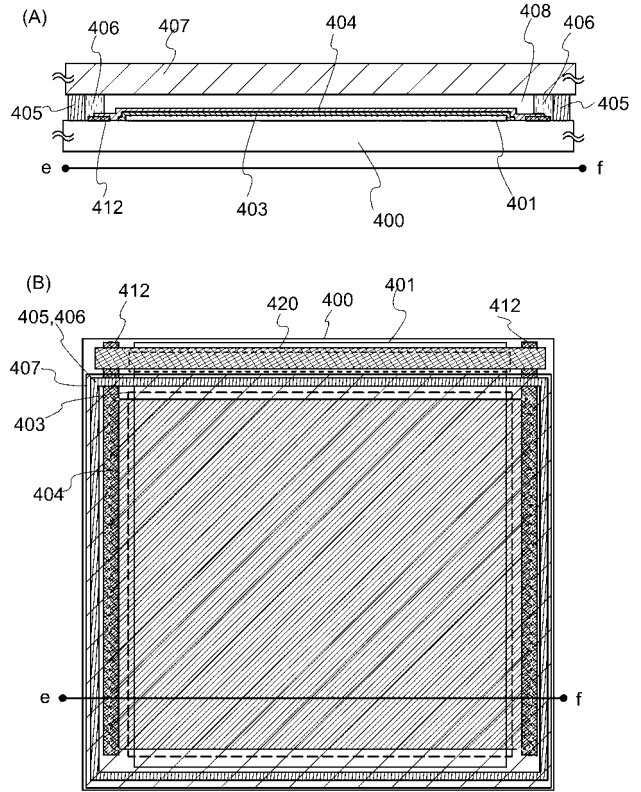
【 図 4 】



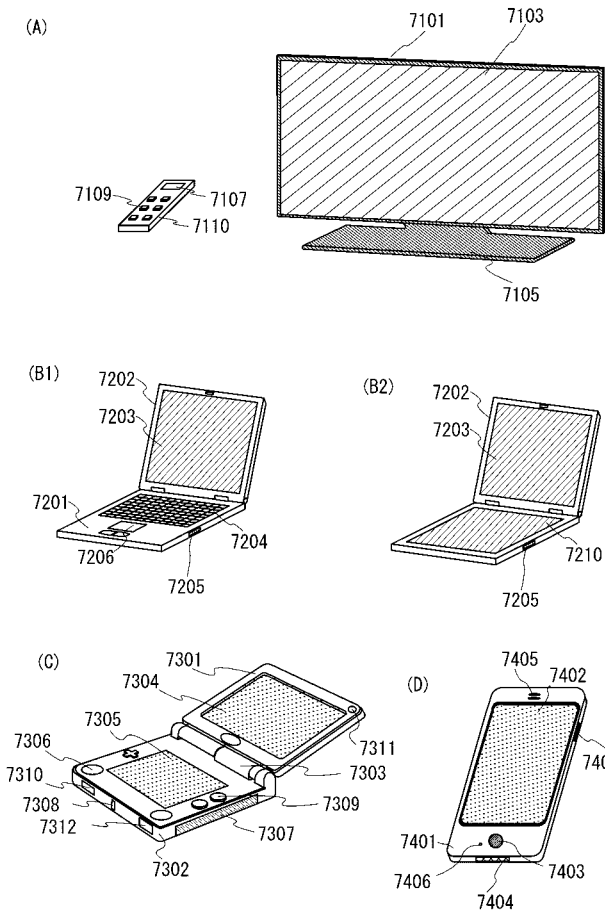
【 図 5 】



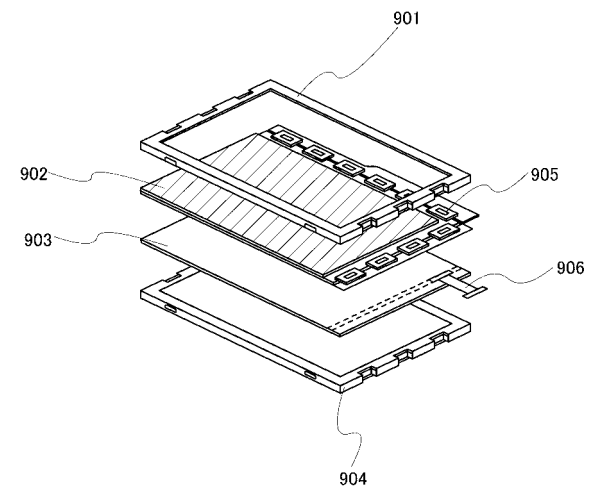
【 図 6 】



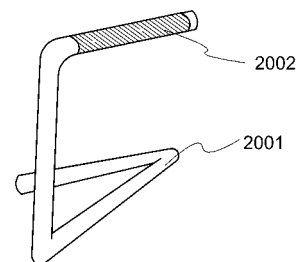
【 図 7 】



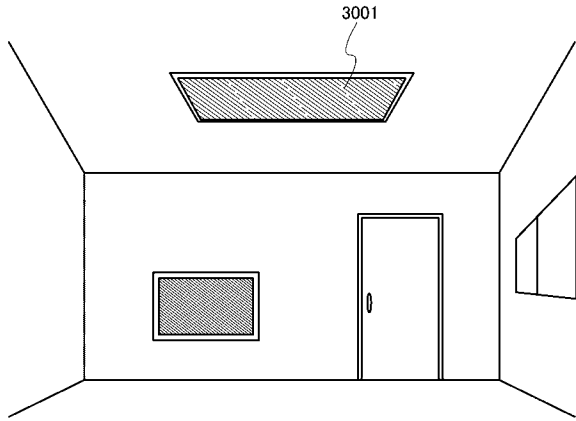
【 図 8 】



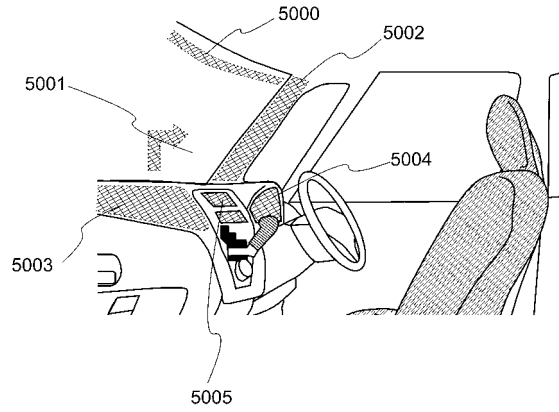
【 図 9 】



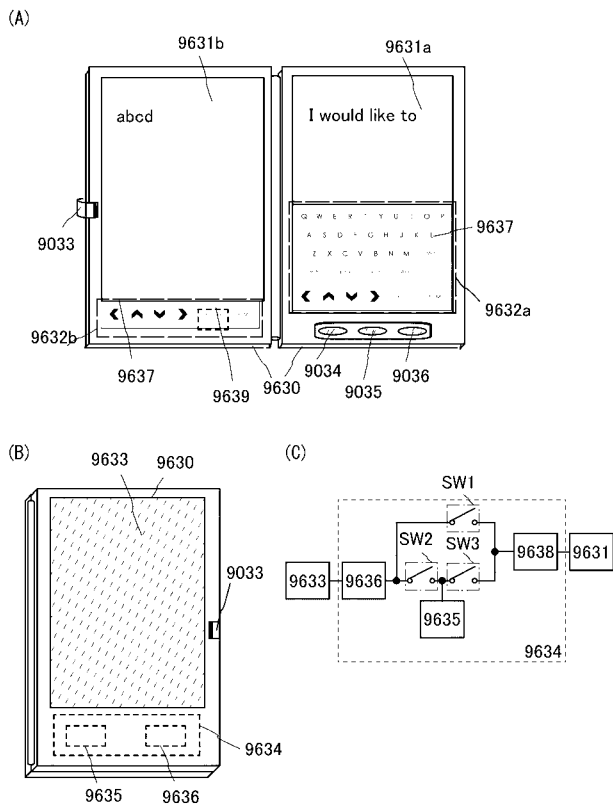
【図 10】



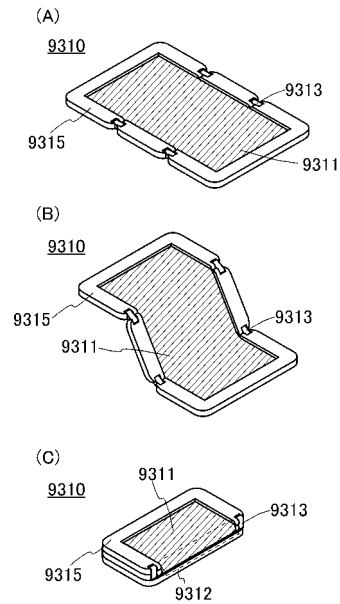
【図 11】



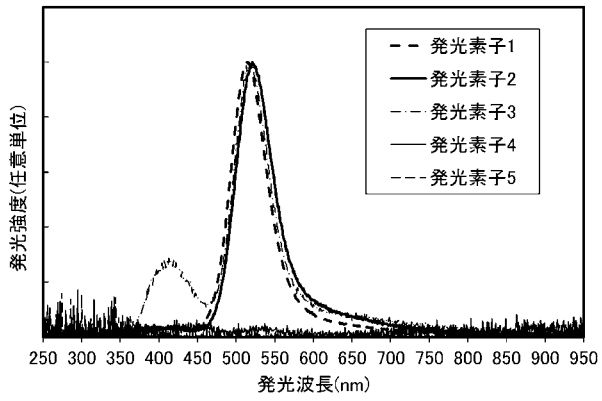
【図 12】



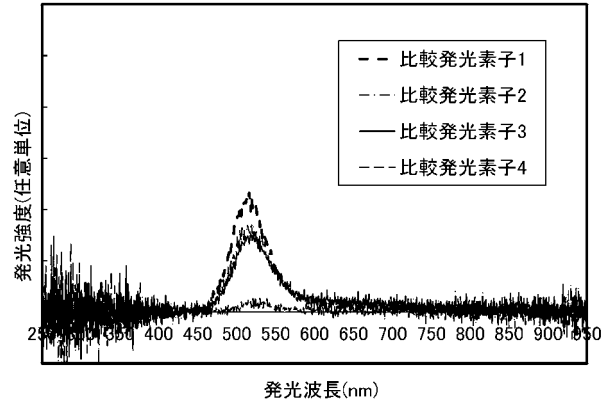
【図 13】



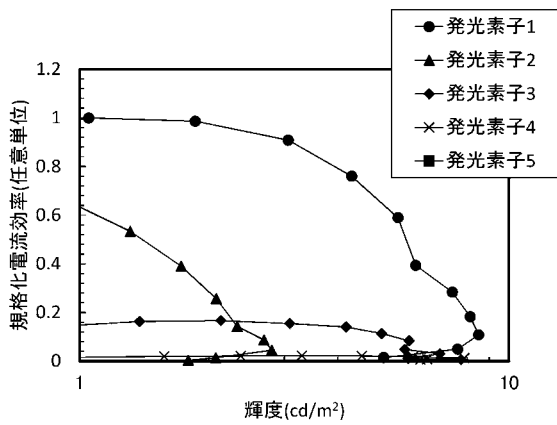
【 図 1 4 】



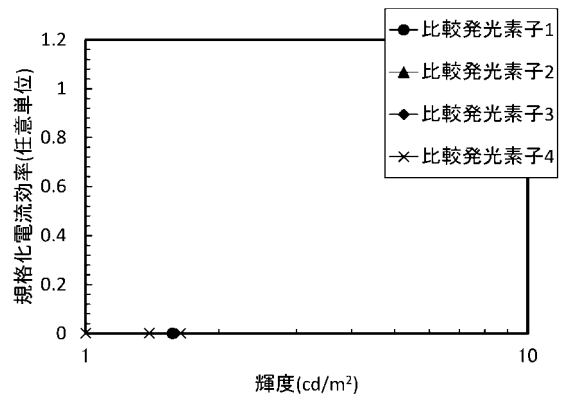
【 図 1 5 】



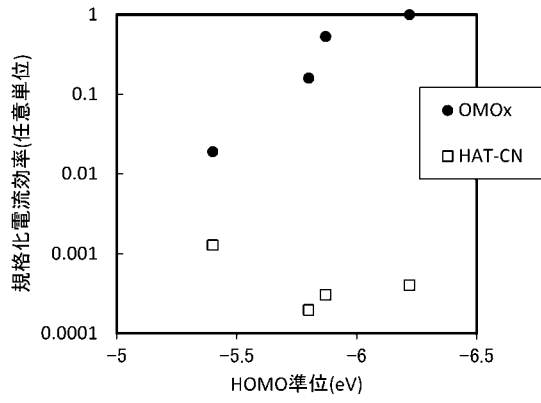
【 図 1 6 】



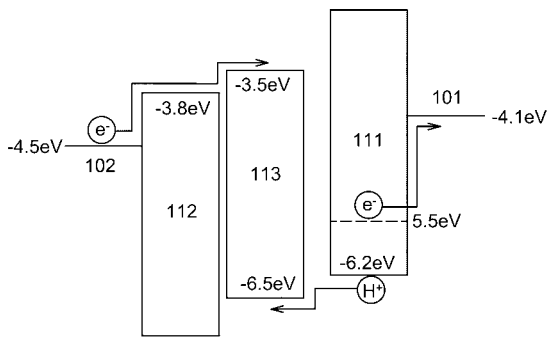
【 図 1 7 】



【 图 1 8 】



【 图 1 9 】



フロントページの続き

Fターム(参考) 3K107 AA01 AA06 BB01 BB02 BB08 CC04 CC12 CC14 CC21 DD54
DD55 DD56 DD57 DD72 DD73 DD78 DD84 FF04 FF19