

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第6890381号  
(P6890381)

(45) 発行日 令和3年6月18日 (2021.6.18)

(24) 登録日 令和3年5月27日 (2021.5.27)

(51) Int. Cl.	F I
<b>H O 1 L 51/50 (2006.01)</b>	H O 5 B 33/14 B
<b>H O 5 B 33/12 (2006.01)</b>	H O 5 B 33/12 E
<b>H O 1 L 27/32 (2006.01)</b>	H O 1 L 27/32
<b>G O 9 F 9/30 (2006.01)</b>	G O 9 F 9/30 3 6 5

請求項の数 13 (全 120 頁)

(21) 出願番号	特願2016-100152 (P2016-100152)	(73) 特許権者	000153878
(22) 出願日	平成28年5月19日 (2016.5.19)		株式会社半導体エネルギー研究所
(65) 公開番号	特開2016-219806 (P2016-219806A)		神奈川県厚木市長谷398番地
(43) 公開日	平成28年12月22日 (2016.12.22)	(72) 発明者	瀬尾 哲史
審査請求日	平成31年4月29日 (2019.4.29)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
(31) 優先権主張番号	特願2015-103903 (P2015-103903)		半導体エネルギー研究所内
(32) 優先日	平成27年5月21日 (2015.5.21)	(72) 発明者	大澤 信晴
(33) 優先権主張国・地域又は機関	日本国 (JP)		神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社
			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2014-209611 (JP, A)
			)
			最終頁に続く

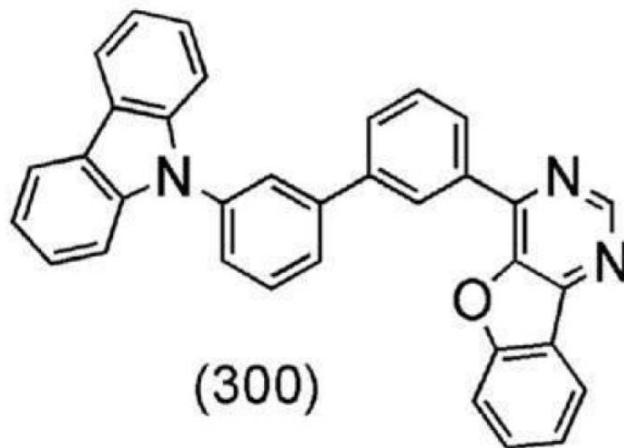
(54) 【発明の名称】 発光素子、表示装置、電子機器、及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、  
 前記ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第1の分子と、第2の分子と、を少なくとも有し、  
 前記ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、  
 前記第1の分子および前記第2の分子は、それぞれ、第1の骨格と、第2の骨格と、第3の骨格と、を有し、  
 前記第1の骨格と、前記第2の骨格と、が前記第3の骨格を介して結合し、  
 前記第1の骨格は、正孔を輸送することができる機能を有し、  
 前記第2の骨格は、電子を輸送することができる機能を有し、  
 前記第1の分子と、前記第2の分子とは、励起錯体を形成する、  
 (ただし、前記ホスト材料が下記式(300)で表される化合物である場合を除く)

## 【化 1】



10

発光素子。

## 【請求項 2】

ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、

前記ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第 1 の分子と、第 2 の分子と、を少なくとも有し、

20

前記ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、

前記第 1 の分子および前記第 2 の分子は、それぞれ、第 1 の骨格と、第 2 の骨格と、第 3 の骨格と、を有し、

前記第 1 の骨格と、前記第 2 の骨格と、が前記第 3 の骨格を介して結合し、

前記第 1 の骨格は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、

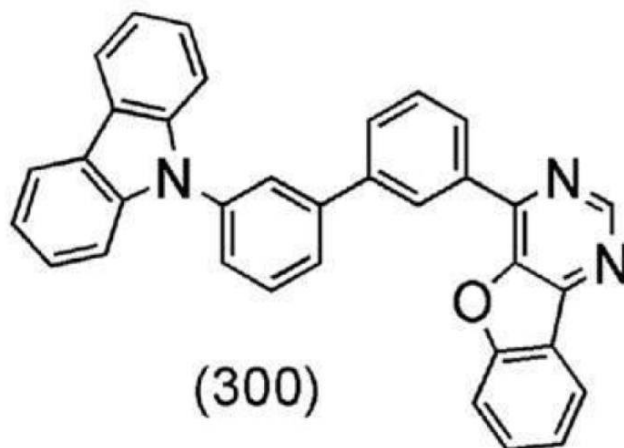
前記第 2 の骨格は、電子不足型複素芳香族骨格を有し、

前記第 1 の分子と、前記第 2 の分子とは、励起錯体を形成する、

(ただし、前記ホスト材料が下記式 (300) で表される化合物である場合を除く)

## 【化 2】

30



40

発光素子。

## 【請求項 3】

ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、

前記ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第 1 の分子と、第 2 の分子と、を少なくとも有し、

前記ゲスト材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる機能を有し、

50

前記第 1 の分子および前記第 2 の分子は、それぞれ、第 1 の骨格と、第 2 の骨格と、第 3 の骨格と、を有し、

前記第 1 の骨格と、前記第 2 の骨格と、が前記第 3 の骨格を介して結合し、

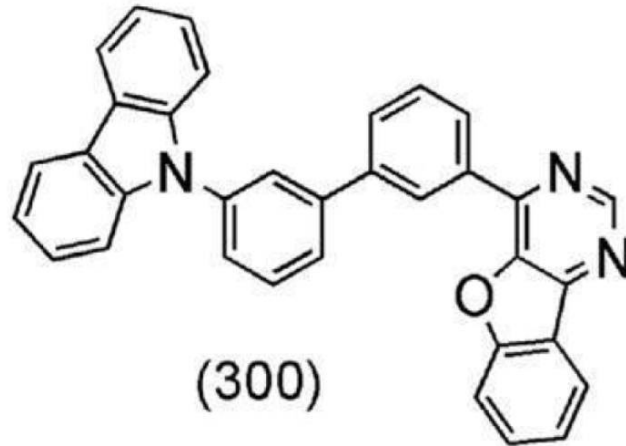
前記第 1 の骨格は、正孔を輸送することができる機能を有し、

前記第 2 の骨格は、電子を輸送することができる機能を有し、

前記第 1 の分子と、前記第 2 の分子とは、励起錯体を形成する、

(ただし、前記ホスト材料が下記式 (300) で表される化合物である場合を除く)

【化 3】



10

20

発光素子。

【請求項 4】

ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、

前記ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第 1 の分子と、第 2 の分子と、を少なくとも有し、

前記ゲスト材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる機能を有し、

前記第 1 の分子および前記第 2 の分子は、それぞれ、第 1 の骨格と、第 2 の骨格と、第 3 の骨格と、を有し、

30

前記第 1 の骨格と、前記第 2 の骨格と、が前記第 3 の骨格を介して結合し、

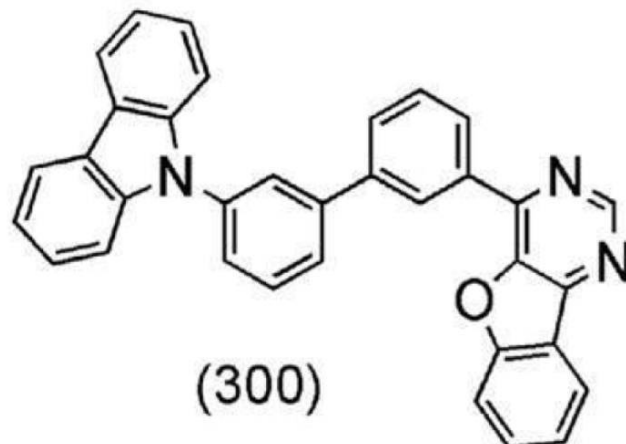
前記第 1 の骨格は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、

前記第 2 の骨格は、電子不足型複素芳香族骨格を有し、

前記第 1 の分子と、前記第 2 の分子とは、励起錯体を形成する、

(ただし、前記ホスト材料が下記式 (300) で表される化合物である場合を除く)

【化 4】



40

50

発光素子。

【請求項 5】

請求項 2 または請求項 4 において、

前記 電子不足型複素芳香族骨格は、ピリジン骨格、ジアジン骨格、またはトリアジン骨格、の少なくとも一つを有する、

発光素子。

【請求項 6】

請求項 2 または請求項 4 において、

前記 電子過剰型複素芳香族骨格は、チオフェン骨格、フラン骨格、またはピロール骨格、の少なくとも一つを有する、

発光素子。

【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 1 の分子および前記第 2 の分子は、前記第 1 の分子における前記第 1 の骨格と、前記第 2 の分子における前記第 2 の骨格と、で前記励起錯体を形成する、

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、

前記励起錯体は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈する機能を有する、

発光素子。

【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、

前記励起錯体は、前記ゲスト材料へ励起エネルギーを供与する機能を有する、

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、

前記励起錯体が呈する発光スペクトルは、前記ゲスト材料の吸収スペクトルの最も低いエネルギー側の吸収帯と重なる領域を有する、

発光素子。

【請求項 11】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の発光素子と、

カラーフィルタまたはトランジスタの少なくとも一方と、

を有する表示装置。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の表示装置と、

筐体またはタッチセンサの少なくとも一方と、

を有する電子機器。

【請求項 13】

請求項 1 乃至請求項 10 のいずれか一項に記載の発光素子と、

筐体またはタッチセンサの少なくとも一方と、

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、または該発光素子を有する表示装置、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。または、本発明の一態様

10

20

30

40

50

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。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ことができる。

【背景技術】

【0003】

近年、エレクトロルミネッセンス（Electroluminescence：EL）を利用した発光素子の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光性の物質を含む層（EL層）を挟んだ構成である。この素子の電極間に電圧を印加することにより、発光性の物質からの発光が得られる。

10

【0004】

上述の発光素子は自発光型であるため、これを用いた表示装置は、視認性に優れ、バックライトが不要であり、消費電力が少ない等の利点を有する。さらに、薄型軽量に作製でき、応答速度が高いなどの利点も有する。

【0005】

発光性の物質に有機化合物を用い、一対の電極間に当該発光性の物質を含むEL層を設けた発光素子（例えば、有機EL素子）の場合、一対の電極間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔（ホール）がそれぞれ発光性のEL層に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子及び正孔が再結合することによって発光性の有機化合物が励起状態となり、励起された発光性の有機化合物から発光を得ることができる。

20

【0006】

有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態（ $S^*$ ）と三重項励起状態（ $T^*$ ）があり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。また、発光素子におけるそれらの統計的な生成比率は、 $S^* : T^* = 1 : 3$ である。そのため、蛍光を発する化合物（蛍光性化合物）を用いた発光素子より、燐光を発する化合物（燐光性化合物）を用いた発光素子の方が、高い発光効率を得ることが可能となる。したがって、三重項励起状態のエネルギーを発光に変換することが可能な燐光性化合物を用いた発光素子の開発が近年盛んに行われている（例えば、特許文献1参照）。

30

【0007】

有機化合物を励起するために必要なエネルギーは、有機化合物のLUMO準位とHOMO準位とのエネルギー差に依存し、該エネルギー差は概ね一重項励起状態のエネルギーに相当する。燐光性化合物を用いた発光素子においては、三重項励起エネルギーが発光のエネルギーに変換される。そのため、有機化合物が形成する一重項励起状態と三重項励起状態とでエネルギー差が大きい場合、有機化合物を励起するために必要なエネルギーは、該エネルギー差に相当するエネルギーの分だけ、発光のエネルギーより高くなってしまふ。有機化合物を励起するために必要なエネルギーと、発光のエネルギーとのエネルギー差は、発光素子において駆動電圧の上昇として素子特性に影響を与える。そのため、駆動電圧を低減する手法が探索されている（特許文献2参照）。

40

【0008】

また、燐光性化合物を用いた発光素子のうち、特に青色の発光を呈する発光素子においては、高い三重項励起エネルギー準位を有する安定な化合物の開発が困難であるため、未だ実用化に至っていない。そのため、より安定な蛍光性化合物を用いた発光素子の開発が行われており、蛍光性化合物を用いた発光素子（蛍光発光素子）の発光効率を高める手法が探索されている。

【0009】

三重項励起状態のエネルギーの一部を発光に変換することが可能な材料として、熱活性化遅延蛍光（Thermally Activated Delayed Fluorescence：TADF）体が知られている。熱活性化遅延蛍光体では、三重項励起状態

50

から逆項間交差により一重項励起状態が生成され、一重項励起状態から発光に変換される。

【 0 0 1 0 】

熱活性化遅延蛍光体を用いた発光素子において、発光効率を高めるためには、熱活性化遅延蛍光体において、三重項励起状態から一重項励起状態が効率よく生成するだけでなく、一重項励起状態から効率よく発光が得られること、すなわち蛍光量子収率が高いことが重要となる。しかしながら、この2つを同時に満たす発光材料を設計することは困難である。

【 0 0 1 1 】

そこで、熱活性化遅延蛍光体と、蛍光性化合物と、を有する発光素子において、熱活性化遅延蛍光体の一重項励起エネルギーを、蛍光性化合物へと移動させ、蛍光性化合物から発光を得る方法が提案されている（特許文献3参照）。

【先行技術文献】

【特許文献】

【 0 0 1 2 】

【特許文献1】特開2010-182699号公報

【特許文献2】特開2012-212879号公報

【特許文献3】特開2014-45179号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 3 】

発光性の有機化合物を有する発光素子において、発光効率を高めるため、または駆動電圧を低減するためには、ホスト材料における一重項励起状態と三重項励起状態とのエネルギー差が小さいことが好ましい。

【 0 0 1 4 】

また、蛍光性化合物を有する発光素子において、発光効率を高めるためには、三重項励起状態から一重項励起状態が効率よく生成することが好ましい。また、ホスト材料の一重項励起状態から蛍光性化合物の一重項励起状態へ、効率よくエネルギーが移動することが好ましい。

【 0 0 1 5 】

したがって、本発明の一態様では、蛍光性化合物または燐光性化合物を有する発光素子において、発光効率が高い発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、消費電力が低減された発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な発光素子を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な発光装置を提供することを課題の一とする。または、本発明の一態様では、新規な表示装置を提供することを課題の一とする。

【 0 0 1 6 】

なお、上記の課題の記載は、他の課題の存在を妨げない。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。上記以外の課題は、明細書等の記載から自ずと明らかであり、明細書等の記載から上記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】

【 0 0 1 7 】

本発明の一態様は、効率よく励起錯体を形成する化合物を有する発光素子である。または、三重項励起子を一重項励起子に変換し、一重項励起子を有する化合物から発光させる、あるいは該一重項励起子のエネルギー移動によって蛍光性化合物から発光させることができる発光素子である。

【 0 0 1 8 】

したがって、本発明の一態様は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第1の分子と、第2の分子と、を少なく

10

20

30

40

50

とも有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、第1の分子および第2の分子は、それぞれ、第1の骨格と、第2の骨格と、第3の骨格と、を有し、第1の骨格と、第2の骨格とが、第3の骨格を介して結合し、第1の骨格は、正孔を輸送することができる機能を有し、第2の骨格は、電子を輸送することができる機能を有し、第1の分子と、第2の分子とは、第1の分子と、第2の分子と、で励起錯体を形成する機能を有する、ことを特徴とする発光素子である。

【0019】

また、本発明の他の一態様は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第1の分子と、第2の分子と、を少なくとも有し、ゲスト材料は、蛍光を呈することができる機能を有し、第1の分子および第2の分子は、それぞれ、第1の骨格と、第2の骨格と、第3の骨格と、を有し、第1の骨格と、第2の骨格とが、第3の骨格を介して結合し、第1の骨格は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、第2の骨格は、電子不足型複素芳香族骨格を有し、第1の分子と、第2の分子とは、第1の分子と、第2の分子と、で励起錯体を形成する機能を有する、ことを特徴とする発光素子である。

10

【0020】

また、本発明の他の一態様は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第1の分子と、第2の分子と、を少なくとも有し、ゲスト材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる機能を有し、第1の分子および第2の分子は、それぞれ、第1の骨格と、第2の骨格と、第3の骨格と、を有し、第1の骨格と、第2の骨格とが、第3の骨格を介して結合し、第1の骨格は、正孔を輸送することができる機能を有し、第2の骨格は、電子を輸送することができる機能を有し、第1の分子と、第2の分子とは、第1の分子と、第2の分子と、で励起錯体を形成する機能を有する、ことを特徴とする発光素子である。

20

【0021】

また、本発明の他の一態様は、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有する発光素子であって、ホスト材料は、同一の分子構造を有する、第1の分子と、第2の分子と、を少なくとも有し、ゲスト材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換することができる機能を有し、第1の分子および第2の分子は、それぞれ、第1の骨格と、第2の骨格と、第3の骨格と、を有し、第1の骨格と、第2の骨格とが、第3の骨格を介して結合し、第1の骨格は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、第2の骨格は、電子不足型複素芳香族骨格を有し、第1の分子と、第2の分子とは、第1の分子と、第2の分子と、で励起錯体を形成する機能を有する、ことを特徴とする発光素子である。

30

【0022】

また、上記各構成において、電子不足型複素芳香族骨格は、ピリジン骨格、ジアジン骨格、またはトリアジン骨格、の少なくとも一つを有すると好ましい。また、電子過剰型複素芳香族骨格は、チオフエン骨格、フラン骨格、またはピロール骨格、の少なくとも一つを有すると好ましい。

【0023】

また、上記各構成において、第1の分子および第2の分子は、第1の分子における第1の骨格と、第2の分子における第2の骨格と、で励起錯体を形成する機能を有すると好ましい。

40

【0024】

また、上記各構成において、第3の骨格は、m-フェニレン基、またはo-フェニレン基の少なくとも一つを有すると好ましい。また、第3の骨格は、m-フェニレン基、またはo-フェニレン基の少なくとも一つと、アリーレン基と、が結合する構造を有すると好ましい。また、第3の骨格は、ビフェニルジイル基を有すると好ましい。

【0025】

また、上記各構成において、励起錯体は、室温で熱活性化遅延蛍光を呈する機能を有す

50

ると好ましい。また、励起錯体は、ゲスト材料へ励起エネルギーを供与する機能を有すると好ましい。また、励起錯体が呈する発光スペクトルは、ゲスト材料の吸収スペクトルの最も低いエネルギー側の吸収帯と重なる領域を有すると好ましい。

#### 【0026】

また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、カラーフィルタまたはトランジスタの少なくとも一方と、を有する表示装置である。また、本発明の他の一態様は、当該表示装置と、筐体またはタッチセンサの少なくとも一方と、を有する電子機器である。また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、筐体またはタッチセンサの少なくとも一方と、を有する照明装置である。また、本発明の一態様は、発光素子を有する発光装置だけでなく、発光装置を有する電子機器も範疇に含める。従って、本明細書中における発光装置とは、画像表示デバイス、もしくは光源（照明装置含む）を指す。また、発光装置にコネクタ、例えばFPC（Flexible Printed Circuit）、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、または発光素子に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も発光装置を含む場合がある。

#### 【発明の効果】

#### 【0027】

本発明の一態様により、蛍光性化合物または燐光性化合物を有する発光素子において、発光効率が低い発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、消費電力が低減された発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な発光装置を提供することができる。または、本発明の一態様により、新規な表示装置を提供することができる。

#### 【0028】

なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げない。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、自ずと明らかであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

#### 【図面の簡単な説明】

#### 【0029】

【図1】本発明の一態様の発光素子の断面模式図、及び発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図2】本発明の一態様に係る、化合物の分子軌道を説明する図。

【図3】本発明の一態様に係る、励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図4】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図5】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図6】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図7】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図8】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図9】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図10】本発明の一態様に係る、化合物および励起錯体の分子軌道を説明する図。

【図11】本発明の一態様の発光素子の断面模式図、及び発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図12】本発明の一態様の発光素子の断面模式図、及び発光層におけるエネルギー準位の相関を説明する図。

【図13】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。

【図14】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。

【図15】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。

【図16】本発明の一態様の発光素子の作製方法を説明する断面模式図。

- 【図 17】本発明の一態様の発光素子の作製方法を説明する断面模式図。  
【図 18】本発明の一態様の表示装置を説明する上面図及び断面模式図。  
【図 19】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 20】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 21】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 22】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 23】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 24】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 25】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。  
【図 26】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。 10  
【図 27】EL 層の作製方法を説明する断面模式図。  
【図 28】液滴吐出装置を説明する概念図。  
【図 29】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 30】本発明の一態様の表示装置の画素回路を説明する回路図。  
【図 31】本発明の一態様の表示装置の画素回路を説明する回路図。  
【図 32】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す斜視図。  
【図 33】本発明の一態様の表示装置、及びタッチセンサの一例を示す断面図。  
【図 34】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す断面図。  
【図 35】本発明の一態様に係るタッチセンサのブロック図及びタイミングチャート図。  
【図 36】本発明の一態様に係るタッチセンサの回路図。 20  
【図 37】本発明の一態様の表示モジュールを説明する斜視図。  
【図 38】本発明の一態様の電子機器について説明する図。  
【図 39】本発明の一態様の電子機器について説明する図。  
【図 40】本発明の一態様の表示装置を説明する斜視図。  
【図 41】本発明の一態様の発光装置を説明する斜視図及び断面図。  
【図 42】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。  
【図 43】本発明の一態様の照明装置及び電子機器を説明する図。  
【図 44】本発明の一態様の照明装置について説明する図。  
【図 45】実施例に係る、溶液および薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを説明する図。 30  
【図 46】実施例に係る、溶液および薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを説明する図。  
【図 47】実施例に係る、溶液および薄膜の吸収スペクトルおよび発光スペクトルを説明する図。

【発明を実施するための形態】

【0030】

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が可能である。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ない。 40

【0031】

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。

【0032】

また、本明細書等において、第 1、第 2 等として付される序数詞は便宜上用いており、工程順又は積層順を示さない場合がある。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。 50

## 【 0 0 3 3 】

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場合がある。

## 【 0 0 3 4 】

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、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。

## 【 0 0 3 5 】

なお、本明細書等において、一重項励起状態 ( $S^*$ ) は、励起エネルギーを有する一重項状態のことである。また、 $S1$  準位は、一重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い一重項励起状態の励起エネルギー準位のことである。また、三重項励起状態 ( $T^*$ ) は、励起エネルギーを有する三重項状態のことである。また、 $T1$  準位は、三重項励起エネルギー準位の最も低い準位であり、最も低い三重項励起状態の励起エネルギー準位のことである。

10

## 【 0 0 3 6 】

また、本明細書等において、蛍光性化合物とは、一重項励起状態から基底状態へ緩和する際に可視光領域に発光を与える化合物である。一方、燐光性化合物とは、三重項励起状態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化合物である。換言すると燐光性化合物とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な化合物の一つである。

20

## 【 0 0 3 7 】

また、熱活性化遅延蛍光の発光エネルギーとは、熱活性化遅延蛍光の最も短波長側の発光ピーク（ショルダーを含む）とする。また、燐光発光エネルギーまたは三重項励起エネルギーとは、燐光発光の最も短波長側の発光ピーク（ショルダーを含む）とする。なお、該燐光発光は、低温（例えば、 $10\text{ K}$ ）環境下において、時間分解フォトルミネッセンス法を行うことで観測することができる。

## 【 0 0 3 8 】

なお、本明細書等において、室温とは、 $0$  以上  $40$  以下のいずれかの温度をいう。

## 【 0 0 3 9 】

30

また、本明細書等において、青色の波長領域とは、 $400\text{ nm}$ 以上 $490\text{ nm}$ 未満の波長領域であり、青色の発光とは該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発光である。また、緑色の波長領域とは、 $490\text{ nm}$ 以上 $580\text{ nm}$ 未満の波長領域であり、緑色の発光とは該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発光である。また、赤色の波長領域とは、 $580\text{ nm}$ 以上 $680\text{ nm}$ 以下の波長領域であり、赤色の発光とは該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発光である。

## 【 0 0 4 0 】

## （実施の形態 1）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子について、図 1 乃至図 10 を用いて以下説明する。

40

## 【 0 0 4 1 】

## &lt; 発光素子の構成例 &gt;

まず、本発明の一態様の発光素子の構成について、図 1 (A) (B) 及び (C) を用いて、以下説明する。

## 【 0 0 4 2 】

図 1 (A) は、本発明の一態様の発光素子 150 の断面模式図である。

## 【 0 0 4 3 】

発光素子 150 は、一对の電極（電極 101 及び電極 102）を有し、該一对の電極間に設けられた EL 層 100 を有する。EL 層 100 は、少なくとも発光層 130 を有する

50

。

【0044】

また、図1(A)に示すEL層100は、発光層130の他に、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層118、及び電子注入層119等の機能層を有する。

【0045】

なお、本実施の形態においては、一对の電極のうち、電極101を陽極として、電極102を陰極として説明するが、発光素子150の構成としては、その限りではない。つまり、電極101を陰極とし、電極102を陽極とし、当該電極間の各層の積層を、逆の順番にしてもよい。すなわち、陽極側から、正孔注入層111と、正孔輸送層112と、発光層130と、電子輸送層118と、電子注入層119と、が積層する順番とすればよい

10

。

【0046】

なお、EL層100の構成は、図1(A)に示す構成に限定されず、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層118、及び電子注入層119の中から選ばれた少なくとも一つを有する構成とすればよい。あるいは、EL層100は、正孔または電子の注入障壁を低減する、正孔または電子の輸送性を向上する、正孔または電子の輸送性を阻害する、または電極による消光現象を抑制する、ことができる等の機能を有する機能層を有する構成としてもよい。なお、機能層はそれぞれ単層であっても、複数の層が積層された構成であってもよい。

【0047】

20

図1(B)は、図1(A)に示す発光層130の一例を示す断面模式図である。図1(B)に示す発光層130は、ホスト材料131と、ゲスト材料132と、を有する。

【0048】

また、ゲスト材料132としては、発光性の有機化合物を用いればよく、該発光性の有機化合物としては、蛍光を発することができる物質(以下、蛍光性化合物ともいう)であると好適である。以下の説明においては、ゲスト材料132として、蛍光性化合物を用いる構成について説明する。なお、ゲスト材料132を蛍光性化合物として読み替えてもよい。

【0049】

本発明の一態様の発光素子150においては、一对の電極(電極101及び電極102)間に電圧を印加することにより、陰極から電子が、陽極から正孔(ホール)が、それぞれEL層100に注入され、電流が流れる。そして、注入された電子及び正孔が再結合することによって、励起子が形成される。キャリア(電子および正孔)の再結合によって生じる励起子のうち、一重項励起子と三重項励起子の比(以下、励起子生成確率)は、統計的確率により、1:3となる。そのため、蛍光性化合物を用いた発光素子において、発光に寄与する一重項励起子が生成する割合は25%であり、発光に寄与しない三重項励起子が生成する割合は75%となる。したがって、発光に寄与しない三重項励起子を、発光に寄与する一重項励起子へ変換することが、発光素子の発光効率を向上させるためには重要である。

30

【0050】

40

そのため、ホスト材料131は、三重項励起状態から一重項励起状態を生成することができる機能を有すると好ましい。

【0051】

<発光素子の発光機構>

次に、発光層130の発光機構について、以下説明を行う。

【0052】

発光層130におけるホスト材料131は、正孔を輸送する機能(正孔輸送性)を有する骨格と、電子を輸送する機能(電子輸送性)を有する骨格と、を有すると好ましい。あるいは、ホスト材料131は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、且つ、電子不足型複素芳香族骨格を有すると好ましい。

50

## 【0053】

また、本発明の一態様において、ホスト材料131は、ホスト材料131における同一の分子構造を有する2つの分子で、励起錯体（励起二量体ともいう）を形成する機能を有する材料である。その中でも、ホスト材料131における正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、同一の分子構造を有する2つの分子において、励起錯体を形成すると好ましい。あるいは、ホスト材料131が有する 電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、ホスト材料131が有する 電子不足型複素芳香族骨格とが、同一の分子構造を有する2つの分子において、励起錯体を形成すると好ましい。なお、上述した励起錯体は、同一の分子構造の2つの分子で励起状態を形成するが、一般的な励起二量体（エキシマともいう）とは異なり、電荷移動型の励起状態を形成している点が重要である。すなわち、同一の分子構造の2つの分子で励起状態を形成しつつも、一方の分子がプラスの、他方の分子がマイナスの電荷を帯びた励起状態となることが特徴である。なお、本明細書等において、同一の分子構造を有する分子とは、同一の構造式で表すことができる分子のことであり、分子内の原子や骨格の結合方向、結合角、結合長などが異なってもよい。また、同一の分子構造を有する分子は互いに、幾何異性体、立体異性体、光学異性体等の異性体であってもよい。

10

## 【0054】

換言すると、ホスト材料131は、ホスト材料131における第1の分子と第2の分子とが励起錯体を形成する機能を有する材料である。その中でも、ホスト材料131において、第1の分子における正孔輸送性を有する骨格と、第2の分子における電子輸送性を有する骨格とが、励起錯体を形成すると好ましい。あるいは、ホスト材料131において、第1の分子における 電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、第2の分子における 電子不足型複素芳香族骨格とが、励起錯体を形成すると好ましい。

20

## 【0055】

ホスト材料131が、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格と、を有することで、2つの分子間でドナー - アクセプター型の励起錯体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。あるいは、ホスト材料131が、 電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、 電子不足型複素芳香族骨格と、を有することで、2つの分子間でドナー - アクセプター型の励起錯体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。

30

## 【0056】

そのため、ホスト材料131の分子内でドナー性とアクセプター性とが共に強くなるよう、電子輸送性を有する骨格と、正孔輸送性を有する骨格と、の共役が低くなる構造を有することが好ましい。あるいは、 電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、 電子不足型複素芳香族骨格と、の共役が低くなる構造を有することが好ましい。そうすることで、最高被占軌道（Highest Occupied Molecular Orbital、HOMOともいう）の分子軌道が分布する領域と、最低空軌道（Lowest Unoccupied Molecular Orbital、LUMOともいう）の分子軌道が分布する領域との重なりを小さくすることができる。また、ホスト材料131の一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差を小さくすることが可能となる。また、ホスト材料131の三重項励起エネルギー準位を高いエネルギーにすることが可能となる。

40

## 【0057】

なお、分子軌道は、分子中の電子の空間分布を表し、電子を見出す確率を表すことができる。また、分子軌道によって、分子の電子配置（電子の空間的分布ならびにエネルギー）を詳細に記述することが可能である。

## 【0058】

また、同一の分子構造を有する2つの分子で形成される励起錯体は、一方の分子にHOMOの分子軌道を有し、他方の分子にLUMOの分子軌道を有するため、HOMOの分子

50

軌道とLUMOの分子軌道との重なりが極めて小さい。すなわち、該励起錯体は、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差が小さくなる。したがって、ホスト材料131の2つの分子間で形成される励起錯体は、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位との差が小さく、好ましくは0 eVより大きく0.2 eV以下である。

#### 【0059】

また、ホスト材料131が、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格と、を有する場合、キャリアバランスを容易に制御することが可能となる。そのため、キャリア再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

#### 【0060】

ここで、発光層130におけるホスト材料131と、ゲスト材料132とのエネルギー準位の相関を図1(C)に示す。なお、図1(C)における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・Host(131)：ホスト材料131
- ・Guest(132)：ゲスト材料132(蛍光性化合物)
- ・ $S_H$ ：ホスト材料131の $S_1$ 準位
- ・ $T_H$ ：ホスト材料131の $T_1$ 準位
- ・ $S_G$ ：ゲスト材料132(蛍光性化合物)の $S_1$ 準位
- ・ $T_G$ ：ゲスト材料132(蛍光性化合物)の $T_1$ 準位
- ・ $S_E$ ：励起錯体の $S_1$ 準位
- ・ $T_E$ ：励起錯体の $T_1$ 準位

#### 【0061】

本発明の一態様の発光素子においては、発光層130が有するホスト材料131における2つの分子間で励起錯体を形成する。励起錯体の最も低い一重項励起エネルギー準位( $S_E$ )と励起錯体の最も低い三重項励起エネルギー準位( $T_E$ )とは、互いに隣接したエネルギー準位となる(図1(C) ルートE<sub>3</sub>参照)。

#### 【0062】

励起錯体は、2つの分子からなる励起状態であり、光励起の場合、励起状態となった一つの分子がもう一方の基底状態の分子と相互作用する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になると、励起錯体を形成していた2つの分子は、また元の別々の分子として振る舞う。電気励起の場合は、一方が励起状態になると、速やかに他方と相互作用することで励起錯体を形成する。あるいは、一方が正孔を、他方が電子を受け取ることで速やかに励起錯体を形成することができる。この場合、いずれの分子においても単一分子で励起状態を形成することなく励起錯体を形成することができるため、発光層130における励起子のほとんどが励起錯体として存在することが可能となる。励起錯体の励起エネルギー準位( $S_E$ および $T_E$ )は、励起錯体を形成するホスト材料131単一分子の一重項励起エネルギー準位( $S_H$ )より低くなるため、より低い励起エネルギーでホスト材料131の励起状態を形成することが可能となる。これによって、発光素子150の駆動電圧を低減することができる。

#### 【0063】

励起錯体の一重項励起エネルギー準位( $S_E$ )と三重項励起エネルギー準位( $T_E$ )は、互いに隣接したエネルギー準位であるため、熱活性化遅延蛍光を呈する機能を有する。すなわち、励起錯体は三重項励起エネルギーを逆項間交差(アップコンバージョン)によって一重項励起エネルギーに変換する機能を有する(図1(C) ルートE<sub>4</sub>参照)。したがって、発光層130で生成した三重項励起エネルギーの一部は励起錯体により一重項励起エネルギーに変換される。そのためには、励起錯体の一重項励起エネルギー準位( $S_E$ )と三重項励起エネルギー準位( $T_E$ )とのエネルギー差は0 eVより大きく0.2 eV以下であると好ましい。

#### 【0064】

また、励起錯体の一重項励起エネルギー準位( $S_E$ )は、ゲスト材料132の一重項励

10

20

30

40

50

起エネルギー準位 ( $S_G$ ) より高いことが好ましい。そうすることで、生成した励起錯体の一重項励起エネルギーは、励起錯体の一重項励起エネルギー準位 ( $S_E$ ) からゲスト材料 132 の一重項励起エネルギー準位 ( $S_G$ ) へエネルギー移動することができる。その結果、ゲスト材料 132 が一重項励起状態となり、発光する (図 1 (C) ルート  $E_5$  参照)。

【0065】

ゲスト材料 132 の一重項励起状態から効率よく発光を得るためには、ゲスト材料 132 の蛍光量子収率は高いことが好適であり、具体的には、好ましくは 50 % 以上、より好ましくは 70 % 以上、さらに好ましくは 90 % 以上である。

【0066】

なお、逆項間交差を効率よく生じさせるためには、2つの分子で形成される励起錯体の三重項励起エネルギー準位 ( $T_E$ ) が、該励起錯体を形成するホスト材料 131 単一分子の三重項励起エネルギー準位 ( $T_H$ ) よりも低いことが好ましい。これにより、ホスト材料 131 における他の分子による励起錯体の三重項励起エネルギーのクエンチが生じにくくなり、効率よく逆項間交差が発生する。

【0067】

そのためには、ホスト材料 131 の三重項励起エネルギー準位は高いことが好ましく、ホスト材料 131 の一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位とのエネルギー差が小さいことが好ましい。

【0068】

なお、励起錯体の一重項励起エネルギー準位 ( $S_E$ ) から、ゲスト材料 132 の三重項励起エネルギー準位 ( $T_G$ ) へのエネルギー移動は、ゲスト材料 132 における一重項基底状態から三重項励起状態への直接遷移が禁制であることから、主たるエネルギー移動過程になりにくい。

【0069】

また、励起錯体の三重項励起エネルギー準位 ( $T_E$ ) からゲスト材料 132 の三重項励起エネルギー準位 ( $T_G$ ) へ三重項励起エネルギー移動が生じると、三重項励起エネルギーは失活してしまう (図 1 (C) ルート  $E_6$  参照)。そのため、ルート  $E_6$  のエネルギー移動が少ない方が、ゲスト材料 132 の三重項励起状態の生成効率を低減することができる、熱失活を減少することができるため好ましい。そのためには、ホスト材料 131 とゲスト材料 132 との重量比は、ゲスト材料 132 の重量比が低いことが好ましく、具体的にはホスト材料 131 に対するゲスト材料 132 の重量比としては、0.001 以上 0.05 以下が好適であり、より好ましくは 0.001 以上 0.03 以下、さらに好ましくは 0.001 以上 0.01 以下である。

【0070】

なお、ゲスト材料 132 においてキャリアの直接再結合過程が支配的になると、発光層 130 において三重項励起子が多数生成することになり、熱失活によって発光効率を損ねてしまう。そのため、ゲスト材料 132 においてキャリアが直接再結合する過程よりも、励起錯体の生成過程を経たエネルギー移動過程 (図 1 (C) ルート  $E_4$  及び  $E_5$ ) の割合が多い方が、ゲスト材料 132 の三重項励起状態の生成効率を低減することができ、熱失活を抑制することができるため好ましい。そのためには、やはりホスト材料 131 とゲスト材料 132 との重量比は、ゲスト材料 132 の重量比が低いことが好ましく、具体的にはホスト材料 131 に対するゲスト材料 132 の重量比としては、0.001 以上 0.05 以下が好適であり、より好ましくは 0.001 以上 0.03 以下、さらに好ましくは 0.001 以上 0.01 以下である。

【0071】

以上のように、上述のルート  $E_4$  及び  $E_5$  のエネルギー移動過程が全て効率よく生じれば、ホスト材料 131 の一重項励起エネルギー及び三重項励起エネルギーの双方が効率よくゲスト材料 132 の一重項励起エネルギーに変換されるため、発光素子 150 は高い発光効率で発光することが可能となる。

10

20

30

40

50

## 【0072】

なお、励起錯体をエキサイプレックスともいう場合があるため、上記に示すルート $E_3$ 、 $E_4$ 、及び $E_5$ の過程を、本明細書等において、ExSET (Exciplex - Singlet Energy Transfer) またはExEF (Exciplex - Enhanced Fluorescence) と呼称する場合がある。別言すると、発光層130は、励起錯体からゲスト材料132への励起エネルギーの供与がある。

## 【0073】

発光層130を上述の構成とすることで、発光層130のゲスト材料132からの発光を効率よく得ることができる。

## 【0074】

なお、三重項励起状態から一重項励起状態を生成することができる機能を有する材料として、熱活性化遅延蛍光 (TADF) 材料が知られている。TADF材料は、単独で三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成し、一重項励起状態から発光を呈することが可能な材料である。すなわち、TADF材料は、三重項励起状態のエネルギーの一部を発光に変換することができる機能を有する。

## 【0075】

そのため、TADF材料は、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位との差が小さく、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逆項間交差が可能な材料である。具体的には、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位の差が好ましくは0 eVより大きく0.2 eV以下の材料であり、さらに好ましくは0 eVより大きく0.1 eV以下の材料である。

## 【0076】

TADF材料としては、例えば、電子過剰型複素芳香族骨格および電子不足型複素芳香族骨格を有する複素環化合物が挙げられる。該複素環化合物が熱活性化遅延蛍光を呈する機能を有するためには、電子過剰型複素芳香族骨格と電子不足型複素芳香族骨格とが、直接結合することで、電子過剰型複素芳香族骨格のドナー性と電子不足型複素芳香族骨格のアクセプター性を共に強くすることが好ましい。また、電子過剰型複素芳香族骨格と電子不足型複素芳香族骨格との共役を低下させ、HOMOの分子軌道と、LUMOの分子軌道との重なりを小さくすることが好ましい。その一方で、HOMOの分子軌道と、LUMOの分子軌道と、の重なりをある程度有することで、HOMOの分子軌道とLUMOの分子軌道との遷移確率 (振動子強度) を高くすることが好ましい。これによって、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差を小さくすることができると共に、一重項励起状態からの発光を効率よく得ることができる。

## 【0077】

このような複素環化合物に好適な構造としては、例えばアクリジン骨格、フェナジン骨格、フェノキサジン骨格等の電子過剰型複素芳香族骨格のように、電子不足型複素芳香族骨格との結合する部位において強い挟まれを有し、電子過剰型複素芳香族骨格と電子不足型複素芳香族骨格との共役を低下させる構造が挙げられる。しかしながら、このような挟まれ構造を有する骨格は、分子構造が限られてしまう。

## 【0078】

そこで、本発明の一態様において、ホスト材料131は、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、m-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つを有する構造、を介して結合することが好ましい。中でも特に、当該m-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つを有する構造はm-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つと、アリーレン基と、が結合する構造、であると好ましい。このような構造とすることにより、分子内でのHOMO軌道とLUMO軌道が物理的に (距離的に) 隔離される。その結果、分子内での電荷移動型励起状態 (分子内でのHOMO-LUMO遷移に基づく) の形成よりも、上述した励起錯体 (例えば第1の分子のHOMOと第2の分子のLUMOとの間の電子遷移に基づく) の形成の方がより支配的になるため、本発明の一態様に好適となる。また、同様の理由から、ホスト材料131において、

10

20

30

40

50

正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、ビフェニルジイル基を介して結合することも特に好ましい。

【0079】

また、ホスト材料131が、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一方と、電子不足型複素芳香族骨格とが、m-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つを有する構造、を介して結合することが好ましい。中でも特に、当該m-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つを有する構造はm-フェニレン基またはo-フェニレン基の少なくとも一つと、アリーレン基と、が結合する構造、であると好ましい。このような構造とすることにより、分子内でのHOMO軌道とLUMO軌道が物理的に（距離的に）隔離される。その結果、分子内での電荷移動型励起状態（分子内でのHOMO-LUMO遷移に基づく）の形成よりも、上述した励起錯体（例えば第1の分子のHOMOと第2の分子のLUMOとの間の電子遷移に基づく）の形成の方がより支配的になるため、本発明の一態様に好適となる。また、同様の理由から、ホスト材料131において、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一方と、電子不足型複素芳香族骨格とが、ビフェニルジイル基を介して結合することも特に好ましい。

10

【0080】

<量子化学計算によるエネルギー準位および分子軌道の計算>

次に、本発明の一態様に係るホスト材料131に用いることができる化合物の例について、量子化学計算によるエネルギー準位の算出を行った。

20

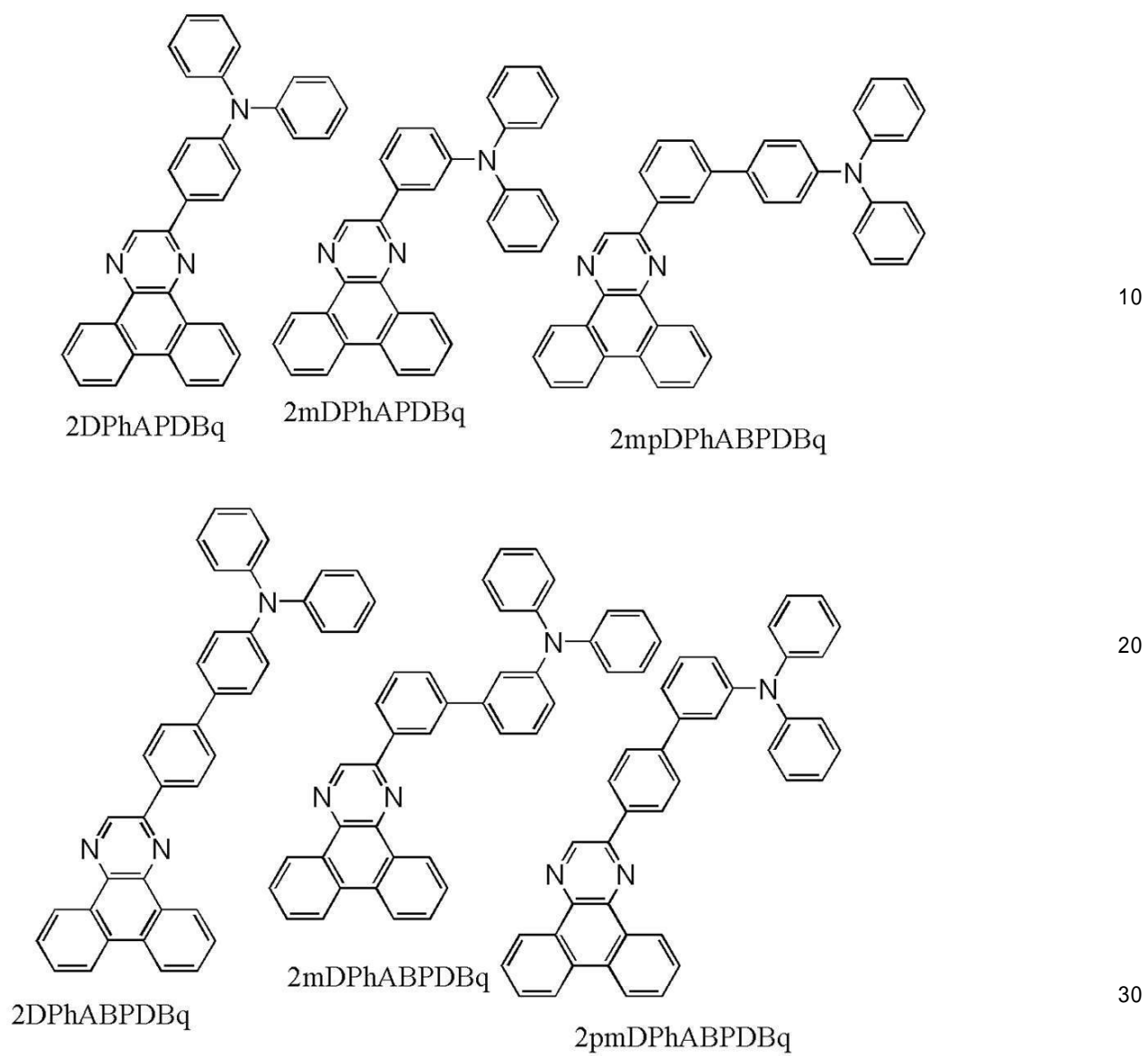
【0081】

量子化学計算1

計算に用いた化合物の構造及び略称を以下に示す。また、計算によって算出された各化合物の最安定構造における、S1準位、T1準位、及びS1準位とT1準位とのエネルギー差（S1-T1）を表1乃至表3に示す。

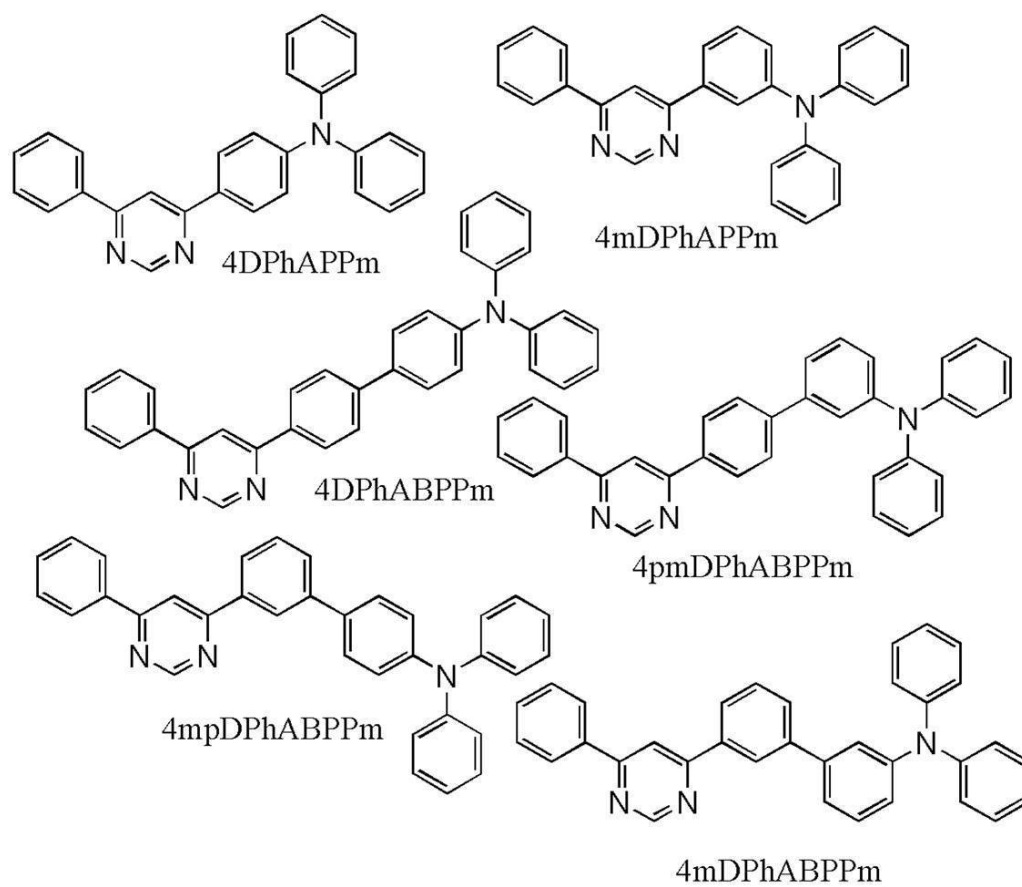
【0082】

【化 1】



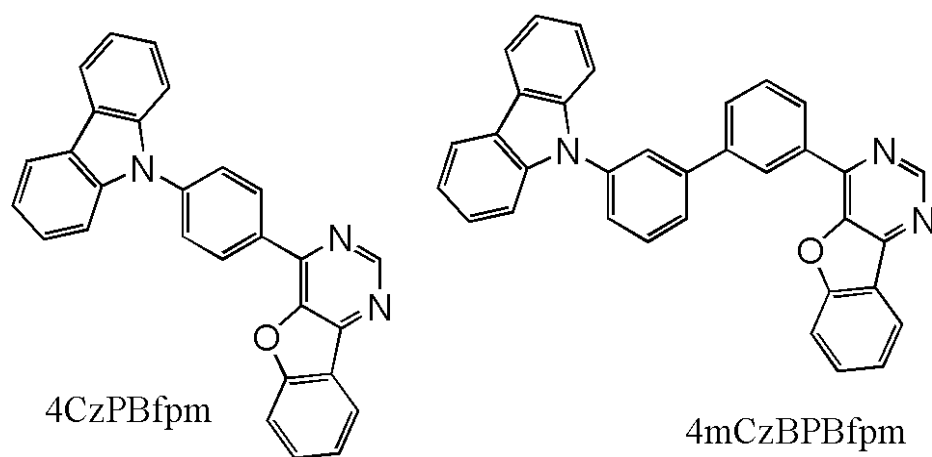
【 0 0 8 3 】

## 【化 2】



## 【 0 0 8 4 】

## 【化 3】



## 【 0 0 8 5 】

【表 1】

略称	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
2DPhAPDBq	2.90	2.38	0.52
2mDPhAPDBq	2.77	2.55	0.22
2DPhABPDBq	2.82	2.45	0.38
2pmDPhABPDBq	2.84	2.60	0.24
2mpDPhABPDBq	2.81	2.66	0.15
2mDPhABPDBq	2.85	2.70	0.14

10

【 0 0 8 6 】

【表 2】

略称	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
4DPhAPPm	3.13	2.54	0.59
4mDPhAPPm	2.86	2.59	0.27
4DPhABPPm	2.94	2.52	0.42
4pmDPhABPPm	2.91	2.71	0.20
4mpDPhABPPm	2.92	2.73	0.19
4mDPhABPPm	2.95	2.90	0.05

20

【 0 0 8 7 】

【表 3】

略称	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
4CzPBfpm	2.95	2.62	0.33
4mCzBPBfpm	3.01	2.93	0.08

30

【 0 0 8 8 】

計算方法に関しては以下の通りである。なお、量子化学計算プログラムとしては、Gaussian 09を使用した。計算は、ハイパフォーマンスコンピュータ（SGI社製、ICE X）を用いて行った。

【 0 0 8 9 】

40

まず、一重項基底状態における最安定構造を密度汎関数法（DFT）で計算した。基底関数として、6-311G(d, p)を用いた。汎関数はB3LYPを用いた。次に、時間依存密度汎関数法（TD-DFT）を用いて、一重項基底状態の最安定構造から一重項励起状態および三重項励起状態への遷移に係わるエネルギーを算出した。なお、DFTの全エネルギーは、ポテンシャルエネルギー、電子間静電エネルギー、電子の運動エネルギーと複雑な電子間の相互作用を全て含む交換相関エネルギーの和で表される。DFTでは、電子密度で表現された一電子ポテンシャルの汎関数（関数の関数の意）で交換相関相互作用を近似しているため、計算は高精度である。

【 0 0 9 0 】

化1に示す化合物は、電子不足型複素芳香族骨格であるジベンゾ[f, h]キノキサ

50

リン（略称：DBq）と、芳香族アミン骨格であるトリフェニルアミン（略称：TPA）と、を有する化合物である。また、化2に示す化合物は、電子不足型複素芳香族骨格である4,6-ジフェニル-ピリミジン（略称：P2Pm）と、芳香族アミン骨格であるTPAと、を有する化合物である。また、化3に示す化合物は、電子不足型複素芳香族骨格であるベンゾフロ[3,2-d]ピリミジン（略称：Bfpm）と、電子過剰型複素芳香族骨格である9-フェニル-カルバゾール（略称：PCz）と、を有する化合物である。

#### 【0091】

化1及び表1に示すように、4-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）トリフェニルアミン（略称：2DPHAPDBq）は、p-フェニレン基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が大きい。そのため、T1準位が相対的に低くなってしまう。一方、3-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）トリフェニルアミン（略称：2mDPHAPDBq）は、m-フェニレン基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、2DPHAPDBqより小さい。また、N,N-ジフェニル-N-[4-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）フェニル]フェニル-4-アミン（略称：2DPHABPDBq）は、ビフェニルジイル基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、2DPHAPDBqより小さい。また、N,N-ジフェニル-N-[4-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）フェニル]フェニル-3-アミン（略称：2pmdPHABPDBq）、N,N-ジフェニル-N-[3-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）フェニル]フェニル-4-アミン（略称：2mpDPHABPDBq）、及びN,N-ジフェニル-N-[3-（ジベンゾ[f,h]キノキサリン-2-イル）フェニル]フェニル-3-アミン（略称：2mDPHABPDBq）は、m-フェニレン基を含むビフェニルジイル基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、2DPHAPDBq及び2DPHABPDBqより小さい。中でも、2mDPHABPDBqのように、m-フェニレン基を2つ含むビフェニルジイル基を有すると、S1準位とT1準位とのエネルギー差が0eVより大きく0.2eV以下と小さく好ましい。表1からもわかるように、S1準位とT1準位とのエネルギー差が小さくなると、相対的にT1準位は高くなる。後述する通り、分子単体のT1準位が高くなることによって、励起錯体のT1準位の方が分子単体よりも安定となるため、本願構成において好ましい構成となる。

#### 【0092】

化2及び表2に示すように、N,N-ジフェニル-N-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル-4-アミン（略称：4DPHAPPm）は、p-フェニレン基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が大きい。そのため、T1準位が相対的に低くなってしまう。一方、N,N-ジフェニル-N-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル-3-アミン（略称：4mDPHAPPm）は、m-フェニレン基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、4DPHAPPmより小さい。また、N,N-ジフェニル-N-[4-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル]フェニル-4-アミン（略称：4DPHABPPm）は、ビフェニルジイル基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、4DPHAPPmより小さい。また、N,N-ジフェニル-N-[4-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル]フェニル-3-アミン（略称：4pmdPHABPPm）、N,N-ジフェニル-N-[3-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル]フェニル-4-アミン（略称：4mpDPHABPPm）、及びN,N-ジフェニル-N-[3-（4-フェニル-ピリミジン-6-イル）フェニル]フェニル-3-アミン（略称：4mDPHABPPm）は、m-フェニレン基を含むビフェニルジイル基を有しており、S1準位とT1準位とのエネルギー差が、4DPHAPPm及び4DPHABPPmより小さい。中でも4mDPHABPPmのように、m-フェニレン基を2つ含むビフェニルジイル基を有すると、S1準位とT1準位とのエネルギー差が0.1eV以下と小さく特に好ましい。表2からもわかるように、S1準位とT1準位とのエネルギー差が小さくなると、相対的にT1準位は高くな

る。後述する通り、分子単体のT1準位が高くなることによって、励起錯体のT1準位の方が分子単体よりも安定となるため、本願構成において好ましい構成となる。

#### 【0093】

化3及び表3に示すように、4 - { 3 - [ 3' - ( 9H - カルバゾール - 9 - イル ) ] ピフェニル - 3 - イル } ベンゾフロ [ 3 , 2 - d ] ピリミジン ( 略称 : 4 m C z B P B f p m ) は、m - フェニレン基を含むピフェニルジイル基を有しており、p - フェニレン基を含む4 - [ 4 - ( 9H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] ベンゾフロ [ 3 , 2 - d ] ピリミジン ( 略称 : 4 C z P B f p m ) より、S1準位とT1準位とのエネルギー差が小さいため好ましく、該エネルギー差が0.1 eV以下である。表3からもわかるように、S1準位とT1準位とのエネルギー差が小さくなると、相対的にT1準位は高くなる。後述する通り、分子単体のT1準位が高くなることによって、励起錯体のT1準位の方が分子単体よりも安定となるため、本願構成において好ましい構成となる。

10

#### 【0094】

以上のように、本発明の一態様に係るホスト材料131は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一方と、電子不足型複素芳香族骨格とが、m - フェニレン基またはo - フェニレン基の少なくとも一つを有する構造を介して結合することが好ましい。あるいは、m - フェニレン基またはo - フェニレン基の少なくとも一つを有するピフェニルジイル基を介して結合することが好ましい。

#### 【0095】

量子化学計算2

20

次に、励起錯体 ( 励起二量体 ) について、量子化学計算によりエネルギー準位の算出及び分子軌道の計算を行った。

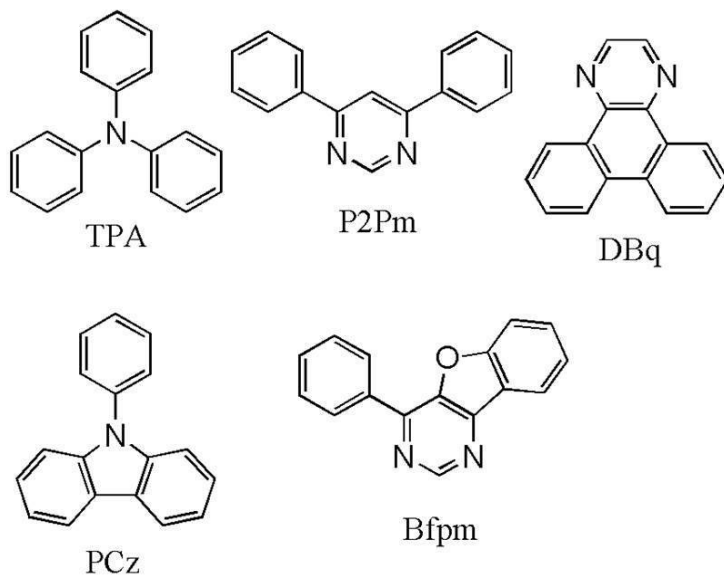
#### 【0096】

まず、電子不足型複素芳香族骨格、電子過剰型複素芳香族骨格、または芳香族アミン骨格単体を有する化合物の計算を行った。次に、それらの化合物の中から2種類の化合物の組み合わせにより形成する励起錯体 ( 励起二量体 ) について、計算を行った。計算に用いた化合物単体の構造及び略称を以下に示す。また、計算によって、算出された各化合物単体、およびそれら2種類の化合物の組み合わせにより形成する励起錯体における、HOMO準位、LUMO準位、S1準位、T1準位、及びS1準位とT1準位とのエネルギー差 ( S1 - T1 ) を表4及び表5に示す。

30

#### 【0097】

#### 【化4】



40

#### 【0098】

【表 4】

略称	HOMO準位[eV]	LUMO準位[eV]	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
TPA	-5.05	-1.11	3.11	2.61	0.50
PCz	-5.54	-1.23	3.68	2.51	1.17
DBq	-6.37	-2.00	3.32	2.46	0.86
P2Pm	-6.29	-2.14	2.98	2.33	0.65
Bfpm	-6.38	-2.28	2.94	2.23	0.71

10

【 0 0 9 9 】

【表 5】

略称	HOMO準位[eV]	LUMO準位[eV]	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
TPA + DBq	-4.93	-2.35	2.037	2.034	0.003
TPA + P2Pm	-4.89	-2.37	2.046	2.045	0.001
PCz + Bfpm	-5.27	-2.60	2.268	2.265	0.002

20

【 0 1 0 0 】

計算方法は以下の通りである。まず、電子不足型複素芳香族骨格を有する DBq、P2Pm、及び Bfpm 単体、芳香族アミン骨格を有する TPA 単体、及び電子過剰型複素芳香族骨格を有する PCz 単体、の最低励起一重項状態と最低励起三重項状態における最適分子構造を計算し、その励起エネルギー準位、及び分子軌道を、時間依存密度汎関数法 (TD-DFT) を用いて計算した。さらに、TPA と DBq が形成する励起錯体、TPA と P2Pm が形成する励起錯体、及び PCz と Bfpm が形成する励起錯体についても同様に計算を行った。基底関数として、6-311G(d, p) を用いた。汎関数は B3LYP を用いた。

【 0 1 0 1 】

30

算出した化合物単一分子の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布を図 2 (A) 乃至図 2 (F)、及び図 4 (A) 乃至図 4 (D) に示す。図 2 (A) 及び図 2 (B) は、TPA 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 2 (C) 及び図 2 (D) は、DBq 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 2 (E) 及び図 2 (F) は、P2Pm 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 4 (A) 及び図 4 (B) は、PCz 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 4 (C) 及び図 4 (D) は、Bfpm 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。

【 0 1 0 2 】

TPA 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、DBq 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、P2Pm 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、PCz 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、及び Bfpm 単体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布は、それぞれ互いに概ね重なっている領域を有することが分かる。そのため、表 4 に示すように、これら化合物の S1 準位と T1 準位とのエネルギー差は 0.5 eV 以上と大きい。

40

【 0 1 0 3 】

次に、TPA と DBq とが形成する励起錯体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、TPA と P2Pm とが形成する励起錯体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、及び PCz と Bfpm とが形成する励起錯体の HOMO 及び LUMO の分子軌道の分布、をそれぞれ算出した結果を図 3 (A) 乃至図 3 (D)、及び図 4 (E) (F) に示す。図 3

50

(A) 及び図 3 (B) は、TPA と DBq の励起錯体における HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 3 (C) 及び図 3 (D) は、TPA と P2Pm の励起錯体における HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。また、図 4 (E) 及び図 4 (F) は、PCz と Bfp m の励起錯体における HOMO 及び LUMO の分子軌道分布である。

#### 【0104】

表 4、表 5、及び図 3 (A) (B) に示すように、TPA と DBq の励起錯体の HOMO の分子軌道は、DBq より高い HOMO 準位を有する TPA に分布しており、LUMO の分子軌道は、TPA より低い LUMO 準位を有する DBq に分布している。そのため、TPA と DBq の励起錯体の HOMO 準位は、TPA の HOMO 準位に近い値を示し、該励起錯体の LUMO 準位は、DBq の LUMO 準位に近い値を示している。すなわち、TPA と DBq とは、TPA に HOMO を有し、DBq に LUMO を有する電荷移動型の励起錯体を形成する。該励起錯体の S1 準位及び T1 準位は、TPA 単体及び DBq 単体の S1 準位及び T1 準位より、それぞれ低く、安定化している。また、TPA と DBq の励起錯体の HOMO と LUMO の分子軌道は、互いに重なりが非常に小さい。そのため、TPA と DBq の励起錯体の S1 準位と T1 準位とのエネルギー差は、0.01 eV 以下と非常に小さい値である。

10

#### 【0105】

また、表 4、表 5、及び図 3 (C) (D) に示すように、TPA と P2Pm の励起錯体の HOMO の分子軌道は、P2Pm より高い HOMO 準位を有する TPA に分布しており、LUMO の分子軌道は、TPA より低い LUMO 準位を有する P2Pm に分布している。そのため、TPA と P2Pm の励起錯体の HOMO 準位は、TPA の HOMO 準位に近い値を示し、LUMO 準位は、P2Pm の LUMO 準位に近い値を示している。すなわち、TPA と P2Pm とは、TPA に HOMO を有し、P2Pm に LUMO を有する電荷移動型の励起錯体を形成する。該励起錯体の S1 準位及び T1 準位は、TPA 単体及び P2Pm 単体の S1 準位及び T1 準位より、それぞれ低く、安定化している。また、TPA と P2Pm の励起錯体の HOMO と LUMO の分子軌道は、互いに重なりが非常に小さい。そのため、TPA と P2Pm の励起錯体の S1 準位と T1 準位とのエネルギー差は、0.01 eV 以下と非常に小さい値である。

20

#### 【0106】

また、表 4、表 5、及び図 4 (E) (F) に示すように、PCz と Bfp m の励起錯体の HOMO の分子軌道は、Bfp m より高い HOMO 準位を有する PCz に分布しており、LUMO の分子軌道は、PCz より低い LUMO 準位を有する Bfp m に分布している。そのため、PCz と Bfp m の励起錯体の HOMO 準位は、PCz の HOMO 準位に近い値を示し、LUMO 準位は、Bfp m の LUMO 準位に近い値を示している。すなわち、PCz と Bfp m とは、PCz に HOMO を有し、Bfp m に LUMO を有する電荷移動型の励起錯体を形成する。該励起錯体の S1 準位及び T1 準位は、PCz 単体及び Bfp m 単体の S1 準位及び T1 準位より、それぞれ低く、安定化している。また、PCz と Bfp m の励起錯体の HOMO と LUMO の分子軌道は、互いに重なりが非常に小さい。そのため、PCz と Bfp m の励起錯体の S1 準位と T1 準位とのエネルギー差は、0.01 eV 以下と非常に小さい値である。

30

40

#### 【0107】

##### 量子化学計算 3

次に、化 1 乃至化 3 に示す化合物のうち、2DP h A P D B q、2mDP h A B P D B q、4DP h A P P m、4mDP h A B P P m、4Cz P B f p m、及び 4mCz B P B f p m について、それぞれ同一の分子構造を有する 2 つの分子で励起錯体 (電荷移動型の励起二量体) が形成されるかどうかを検証するため、これらの励起錯体のエネルギー準位および分子軌道について、量子化学計算を用いて算出を行った。励起錯体における、S1 準位、T1 準位、及び S1 準位と T1 準位とのエネルギー差 (S1 - T1) を表 6 に示す。なお、励起錯体の計算方法としては、最低励起一重項状態と最低励起三重項状態における最適分子構造を計算し、その励起エネルギー準位、及び分子軌道を、時間依存密度汎

50

関数法 ( T D - D F T ) を用いて計算した。基底関数として、 6 - 3 1 1 G ( d , p ) を  
 用い、汎関数は B 3 L Y P を用いた。

【 0 1 0 8 】

【表 6】

略称	S1準位[eV]	T1準位[eV]	$\Delta S1-T1$ [eV]
2DPhAPDBq (二量体)	2.074	2.072	0.002
2mDPhABPDBq (二量体)	1.995	1.991	0.003
4DPhAPPm (二量体)	2.167	2.166	0.001
4mDPhABPPm (二量体)	2.085	2.083	0.002
4CzPBfpm (二量体)	2.189	2.188	0.001
4mCzBPBfpm (二量体)	2.256	2.251	0.005

【 0 1 0 9 】

算出した H O M O 及び L U M O の分子軌道分布を図 5 乃至図 1 0 に示す。図 5 ( A ) 及  
 び図 5 ( B ) は、 2 D P h A P D B q 単体の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である  
 。また、図 5 ( C ) 及び図 5 ( D ) は、 2 つの 2 D P h A P D B q で形成する励起錯体 (   
 励起二量体 ) の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。また、図 6 ( A ) 及び図 6   
 ( B ) は、 2 m D P h A B P D B q 単体の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。  
 また、図 6 ( C ) 及び図 6 ( D ) は、 2 つの 2 m D P h A B P D B q で形成する励起錯体 (   
 励起二量体 ) の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。図 7 ( A ) 及び図 7 ( B )   
 は、 4 D P h A P P m 単体の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。また、図 7   
 ( C ) 及び図 7 ( D ) は、 2 つの 4 D P h A P P m で形成する励起錯体 ( 励起二量体 ) の   
 H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。図 8 ( A ) 及び図 8 ( B ) は、 4 m D P h   
 A B P P m 単体の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。また、図 8 ( C ) 及び図   
 8 ( D ) は、 2 つの 4 m D P h A B P P m で形成する励起錯体 ( 励起二量体 ) の H O M O   
 及び L U M O の分子軌道分布である。図 9 ( A ) 及び図 9 ( B ) は、 4 C z P B f p m 単   
 体の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布である。また、図 9 ( C ) 及び図 9 ( D ) は、   
 2 つの 4 C z P B f p m で形成する励起錯体 ( 励起二量体 ) の H O M O 及び L U M O の分   
 子軌道分布である。図 1 0 ( A ) 及び図 1 0 ( B ) は、 4 m C z B P B f p m 単体の H O   
 M O 及び L U M O の分子軌道分布である。また、図 1 0 ( C ) 及び図 1 0 ( D ) は、 2 つ   
 の 4 m C z B P B f p m で形成する励起錯体 ( 励起二量体 ) の H O M O 及び L U M O の分   
 子軌道分布である。

【 0 1 1 0 】

図 5 ( A ) ( B ) に示すように、 2 D P h A P D B q 単体の H O M O の分子軌道は、主   
 に T P A に分布しており、 L U M O の分子軌道は、主に D B q に分布している。しかしな   
 がら、 2 D P h A P D B q は、 p - フェニレン基を介して T P A 骨格と D B q 骨格とが結   
 合する構造を有しているため、 H O M O の分子軌道と L U M O の分子軌道との一部に重なる   
 領域を有している。

【 0 1 1 1 】

一方、図 6 ( A ) ( B ) に示すように、 2 m D P h A B P D B q 単体の H O M O の分子   
 軌道は、主に T P A に分布しており、 L U M O の分子軌道は、主に D B q に分布している   
 が、 2 m D P h A B P D B q は、 m - フェニレン基を有するビフェニルジイル基を介して   
 T P A 骨格と D B q 骨格とが結合する構造を有しているため、 H O M O の分子軌道と L U   
 M O の分子軌道とが重なる領域が小さく、 2 m D P h A B P D B q の T 1 準位が 2 D P h

10

20

30

40

50

A P D B q の T 1 準位より高い。また、本計算方法にて算出した 2 m D P h A B P D B q 単体の S 1 準位は、2 . 3 9 0 e V と、2 m D P h A B P D B q の励起錯体（励起二量体）の S 1 準位より高い。すなわち、励起錯体を形成することで、より低い励起エネルギーでホスト材料を励起することが可能となる。

#### 【 0 1 1 2 】

また、図 5 ( C ) ( D ) 及び図 6 ( C ) ( D ) に示すように、2 D P h A P D B q 及び 2 m D P h A B P D B q の励起錯体（励起二量体）における、H O M O 及び L U M O の分子軌道分布は、一方の分子に H O M O が、他方の分子に L U M O が、それぞれ分布している。すなわち、2 D P h A P D B q 及び 2 m D P h A B P D B q はそれぞれ、同一の分子構造を有する 2 つの分子で電荷移動型の励起状態を形成することがわかる。そのため、これら励起錯体（励起二量体）の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布は、それぞれ重なりが極めて小さく、S 1 準位と T 1 準位とのエネルギー差が 0 . 0 1 e V 以下と非常に小さい。また、2 D P h A P D B q の励起錯体（励起二量体）と、2 m D P h A B P D B q の励起錯体（励起二量体）と、における T 1 準位は同程度のエネルギー準位となっている。一方、分子単体の T 1 準位は、表 1 に示す通り、2 D P h A P D B q より 2 m D P h A B P D B q の方が高い。したがって、2 m D P h A B P D B q は、2 D P h A P D B q より、単一分子と励起錯体（励起二量体）との T 1 準位の差が大きい。そのため、励起錯体（励起二量体）から分子単体への三重項励起エネルギーの移動を効果的に防ぐことができるため、励起錯体における逆項間交差が生じやすく、E x E F 機構により発光素子の発光効率を高めることができる。

#### 【 0 1 1 3 】

また、図 7 ( A ) ( B ) に示すように、4 D P h A P P m 単体の H O M O の分子軌道は、主に T P A に分布しており、L U M O の分子軌道は、主に P 2 P m に分布している。しかしながら、4 D P h A P P m は、p - フェニレン基を介して T P A 骨格と P 2 P m 骨格とが結合する構造を有しているため、H O M O の分子軌道と L U M O の分子軌道との一部に重なる領域を有している。

#### 【 0 1 1 4 】

一方、図 8 ( A ) ( B ) に示すように、4 m D P h A B P P m 単体の H O M O の分子軌道は、主に T P A に分布しており、L U M O の分子軌道は、主に P 2 P m に分布しているが、4 m D P h A B P P m は、m - フェニレン基を有するビフェニルジイル基を介して T P A 骨格と P 2 P m 骨格とが結合する構造を有しているため、H O M O の分子軌道と L U M O の分子軌道とが重なる領域が小さく、4 m D P h A B P P m の T 1 準位が 4 D P h A P P m の T 1 準位より高い。また、本計算方法にて算出した 4 m D P h A B P P m 単体の S 1 準位は、2 . 4 9 8 e V と、4 m D P h A B P P m の励起錯体（励起二量体）の S 1 準位より高い。すなわち、励起錯体を形成することで、より低い励起エネルギーでホスト材料を励起することが可能となる。

#### 【 0 1 1 5 】

また、図 7 ( C ) ( D ) 及び図 8 ( C ) ( D ) に示すように、4 D P h A P P m 及び 4 m D P h A B P P m の励起錯体（励起二量体）における、H O M O 及び L U M O の分子軌道分布は、一方の分子に H O M O が、他方の分子に L U M O が、それぞれ分布している。すなわち、4 D P h A P P m 及び 4 m D P h A B P P m はそれぞれ、同一の分子構造を有する 2 つの分子で電荷移動型の励起状態を形成することがわかる。そのため、これら励起錯体（励起二量体）の H O M O 及び L U M O の分子軌道分布は、それぞれ重なりが極めて小さく、S 1 準位と T 1 準位とのエネルギー差が 0 . 0 1 e V 以下と非常に小さい。また、4 D P h A P P m の励起錯体（励起二量体）と、4 m D P h A B P P m の励起錯体（励起二量体）と、における T 1 準位は同程度のエネルギー準位となっている。一方、分子単体の T 1 準位は、表 2 に示す通り、4 D P h A P P m より 4 m D P h A B P P m の方が高い。したがって、4 m D P h A B P P m は、4 D P h A P P m より、単一分子と励起錯体（励起二量体）との T 1 準位の差が大きい。そのため、励起錯体（励起二量体）から分子単体への三重項励起エネルギーの移動を効果的に防ぐことができるため、励起錯体にお

る逆項間交差が生じやすく、 $E \times E F$  機構により発光素子の発光効率を高めることができる。

#### 【0116】

また、図9(A)(B)に示すように、 $4CzPBfp$  m単体のHOMOの分子軌道は、主にPCzに分布しており、LUMOの分子軌道は、主にBfp mに分布している。しかしながら、 $4CzPBfp$  mは、p-フェニレン基を介してPCz骨格とBfp m骨格とが結合する構造を有しているため、HOMOの分子軌道とLUMOの分子軌道との一部に重なる領域を有している。

#### 【0117】

一方、図10(A)(B)に示すように、 $4mCzBPBfp$  m単体のHOMOの分子軌道は、主にPCzに分布しており、LUMOの分子軌道は、主にBfp mに分布しているが、 $4mCzBPBfp$  mは、m-フェニレン基を有するビフェニルジイル基を介してPCz骨格とBfp m骨格とが結合する構造を有しているため、HOMOの分子軌道とLUMOの分子軌道とが重なる領域が小さく、 $4mCzBPBfp$  mのT1準位が $4CzPBfp$  mのT1準位より高い。また、本計算方法にて算出した $4mCzBPBfp$  m単体のS1準位は、2.648 eVと、 $4mCzBPBfp$  mの励起錯体(励起二量体)のS1準位より高い。すなわち、励起錯体を形成することで、より低い励起エネルギーでホスト材料を励起することが可能となる。

#### 【0118】

また、図9(C)(D)及び図10(C)(D)に示すように、 $4CzPBfp$  m及び $4mCzBPBfp$  mの励起錯体(励起二量体)における、HOMO及びLUMOの分子軌道分布は、一方の分子にHOMOが、他方の分子にLUMOが、それぞれ分布している。すなわち、 $4CzPBfp$  m及び $4mCzBPBfp$  mはそれぞれ、同一の分子構造を有する2つの分子で電荷移動型の励起状態を形成することがわかる。そのため、これら励起錯体(励起二量体)のHOMO及びLUMOの分子軌道分布は、それぞれ重なりが極めて小さく、S1準位とT1準位とのエネルギー差が0.01 eV以下と非常に小さい。また、 $4CzPBfp$  mの励起錯体(励起二量体)と、 $4mCzBPBfp$  mの励起錯体(励起二量体)と、におけるT1準位は同程度のエネルギー準位となっている。一方、分子単体のT1準位は、表3に示す通り、 $4CzPBfp$  mより $4mCzBPBfp$  mの方が高い。したがって、 $4mCzBPBfp$  mは、 $4CzPBfp$  mより、単一分子と励起錯体(励起二量体)とのT1準位の差が大きい。そのため、励起錯体(励起二量体)から分子単体への三重項励起エネルギーの移動を効果的に防ぐことができるため、励起錯体における逆項間交差が生じやすく、 $E \times E F$  機構により発光素子の発光効率を高めることができる。

#### 【0119】

以上のように、ホスト材料131が、同一の分子構造を有する2つの分子で励起錯体を形成することで、S1準位とT1準位とのエネルギー差を極めて小さくすることができる。そのため、S1準位とT1準位との逆項間交差が起こり易く、一重項励起状態の生成確率を向上することが可能となる。この時、上記からわかる通り、m-フェニレン基を含む基を用いることにより、分子単体のS1準位とT1準位とのエネルギー差が小さくなり、結果として分子単体のT1準位が高くなるため、逆項間交差の観点でさらに好ましい。

#### 【0120】

<エネルギー移動機構>

次に、ホスト材料131と、ゲスト材料132との分子間のエネルギー移動過程の支配因子について説明する。分子間のエネルギー移動の機構としては、フェルスター機構(双極子-双極子相互作用)と、デクスター機構(電子交換相互作用)の2つの機構が提唱されている。ここでは、ホスト材料131とゲスト材料132との分子間のエネルギー移動過程について説明するが、ホスト材料131が励起錯体を形成する場合も同様である。

#### 【0121】

フェルスター機構

10

20

30

40

50

フェルスター機構では、エネルギー移動に、分子間の直接的接触を必要とせず、ホスト材料 1 3 1 及びゲスト材料 1 3 2 間の双極子振動の共鳴現象を通じてエネルギー移動が起こる。双極子振動の共鳴現象によってホスト材料 1 3 1 がゲスト材料 1 3 2 にエネルギーを受け渡し、励起状態のホスト材料 1 3 1 が基底状態になり、基底状態のゲスト材料 1 3 2 が励起状態になる。なお、フェルスター機構の速度定数  $k_{h \rightarrow g}$  を数式 ( 1 ) に示す。

【 0 1 2 2 】

【数 1】

$$k_{h \rightarrow g} = \frac{9000c^4 K^2 \phi \ln 10}{128\pi^5 n^4 N \tau R^6} \int \frac{f'_h(\nu) \varepsilon_g(\nu)}{\nu^4} d\nu \quad \dots (1)$$

10

【 0 1 2 3 】

数式 ( 1 ) において、 $\nu$  は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$  は、ホスト材料 1 3 1 の規格化された発光スペクトル ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル ) を表し、 $\varepsilon_g(\nu)$  は、ゲスト材料 1 3 2 のモル吸光係数を表し、 $N$  は、アボガドロ数を表し、 $n$  は、媒体の屈折率を表し、 $R$  は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の分子間距離を表し、 $\tau$  は、実測される励起状態の寿命 ( 蛍光寿命や燐光寿命 ) を表し、 $c$  は光速を表し、 $\phi$  は、発光量子収率 ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光量子収率、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光量子収率 ) を表し、 $K^2$  は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の遷移双極子モーメントの配向を表す係数 ( 0 から 4 ) である。なお、ランダム配向の場合は  $K^2 = 2 / 3$  である。

20

【 0 1 2 4 】

デクスター機構

デクスター機構では、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 が軌道の重なりを生じる接触有効距離に近づき、励起状態のホスト材料 1 3 1 の電子と、基底状態のゲスト材料 1 3 2 との電子の交換を通じてエネルギー移動が起こる。なお、デクスター機構の速度定数  $k_{h \rightarrow g}$  を数式 ( 2 ) に示す。

【 0 1 2 5 】

【数 2】

$$k_{h \rightarrow g} = \left( \frac{2\pi}{h} \right) K^2 \exp \left( -\frac{2R}{L} \right) \int f'_h(\nu) \varepsilon'_g(\nu) d\nu \quad \dots (2)$$

30

【 0 1 2 6 】

数式 ( 2 ) において、 $h$  は、プランク定数であり、 $K$  は、エネルギーの次元を持つ定数であり、 $\nu$  は、振動数を表し、 $f'_h(\nu)$  は、ホスト材料 1 3 1 の規格化された発光スペクトル ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光スペクトル ) を表し、 $\varepsilon'_g(\nu)$  は、ゲスト材料 1 3 2 の規格化された吸収スペクトルを表し、 $L$  は、実効分子半径を表し、 $R$  は、ホスト材料 1 3 1 とゲスト材料 1 3 2 の分子間距離を表す。

40

【 0 1 2 7 】

ここで、ホスト材料 1 3 1 からゲスト材料 1 3 2 へのエネルギー移動効率  $\eta_{ET}$  は、数式 ( 3 ) で表される。 $k_r$  は、ホスト材料 1 3 1 の発光過程 ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光、三重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は燐光 ) の速度定数を表し、 $k_n$  は、ホスト材料 1 3 1 の非発光過程 ( 熱失活や項間交差 ) の速度定数を表し、 $\tau$  は、実測されるホスト材料 1 3 1 の励起状態の寿命を表す。

【 0 1 2 8 】

【数 3】

$$\phi_{ET} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{k_r + k_n + k_{h^* \rightarrow g}} = \frac{k_{h^* \rightarrow g}}{\left(\frac{1}{\tau}\right) + k_{h^* \rightarrow g}} \quad \dots (3)$$

【0129】

数式(3)より、エネルギー移動効率  $\phi_{ET}$  を高くするためには、エネルギー移動の速度定数  $k_{h^* \rightarrow g}$  を大きくし、他の競合する速度定数  $k_r + k_n (= 1/\tau)$  が相対的に小さくなれば良いことがわかる。

10

【0130】

エネルギー移動を高めるための概念

まず、フェルスター機構によるエネルギー移動を考える。数式(3)に数式(1)を代入することで  $\tau$  を消去することができる。したがって、フェルスター機構の場合、エネルギー移動効率  $\phi_{ET}$  は、ホスト材料131の励起状態の寿命  $\tau$  に依存しない。また、エネルギー移動効率  $\phi_{ET}$  は、発光量子収率（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じているので、蛍光量子収率）が高い方が良いと言える。一般的に、有機化合物の三重項励起状態からの発光量子収率は室温において非常に低い。そのため、ホスト材料131が三重項励起状態である場合、フェルスター機構によるエネルギー移動過程は無視でき、ホスト材料131が一重項励起状態である場合のみ考慮すればよい。

20

【0131】

また、ホスト材料131の発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル）とゲスト材料132の吸収スペクトル（一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収）との重なりが大きいことが好ましい。さらに、ゲスト材料132のモル吸光係数も高い方が好ましい。このことは、ホスト材料131の発光スペクトルと、ゲスト材料132の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることを意味する。なお、ゲスト材料132における一重項基底状態から三重項励起状態への直接遷移が禁制であることから、ゲスト材料132において三重項励起状態に係わるモル吸光係数は無視できる量である。このことから、フェルスター機構によるゲスト材料132の三重項励起状態へのエネルギー移動過程は無視でき、ゲスト材料132の一重項励起状態へのエネルギー移動過程のみ考慮すればよい。すなわち、フェルスター機構においては、ホスト材料131の一重項励起状態からゲスト材料132の一重項励起状態へのエネルギー移動過程を考えればよい。

30

【0132】

次に、デクスター機構によるエネルギー移動を考える。数式(2)によれば、速度定数  $k_{h^* \rightarrow g}$  を大きくするにはホスト材料131の発光スペクトル（一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル）とゲスト材料132の吸収スペクトル（一重項基底状態から一重項励起状態への遷移に相当する吸収）との重なりが大きい方がよいことがわかる。したがって、エネルギー移動効率の最適化は、ホスト材料131の発光スペクトルと、ゲスト材料132の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることによって

40

【0133】

また、数式(3)に数式(2)を代入すると、デクスター機構におけるエネルギー移動効率  $\phi_{ET}$  は、 $\tau$  に依存することが分かる。デクスター機構は、電子交換に基づくエネルギー移動過程であるため、ホスト材料131の一重項励起状態からゲスト材料132の一重項励起状態へのエネルギー移動と同様に、ホスト材料131の三重項励起状態からゲスト材料132の三重項励起状態へのエネルギー移動も生じる。

【0134】

本発明の一態様の発光素子においては、ゲスト材料132は蛍光性化合物であるため、ゲスト材料132の三重項励起状態へのエネルギー移動効率は低いことが好ましい。すな

50

わち、ホスト材料 1 3 1 からゲスト材料 1 3 2 へのデクスター機構に基づくエネルギー移動効率は低いことが好ましく、ホスト材料 1 3 1 からゲスト材料 1 3 2 へのフェルスター機構に基づくエネルギー移動効率は高いことが好ましい。

【0135】

既に述べたように、フェルスター機構におけるエネルギー移動効率は、ホスト材料 1 3 1 の励起状態の寿命 に依存しない。一方、デクスター機構におけるエネルギー移動効率は、ホスト材料 1 3 1 の励起寿命 に依存する。そのため、デクスター機構におけるエネルギー移動効率を低下させるためには、ホスト材料 1 3 1 の励起寿命 は短いことが好ましい。

【0136】

なお、ホスト材料 1 3 1 からゲスト材料 1 3 2 へのエネルギー移動と同様に、励起錯体からゲスト材料 1 3 2 へのエネルギー移動過程についても、フェルスター機構、及びデクスター機構の双方の機構によるエネルギー移動が生じる。

【0137】

そこで、本発明の一態様は、ゲスト材料 1 3 2 に効率的にエネルギー移動が可能なエネルギードナーとしての機能を有する励起錯体を、2つの分子間で形成する機能を有するホスト材料 1 3 1 を有する発光素子を提供する。ホスト材料 1 3 1 における2つの分子間で形成される励起錯体は、一重項励起エネルギー準位と、三重項励起エネルギー準位とが隣接しているという特徴を有する。そのため、発光層 1 3 0 において生成する三重項励起子から一重項励起子への遷移（逆項間交差）が起こりやすい。したがって、発光層 1 3 0 において一重項励起子の生成効率を高めることができる。さらに、励起錯体の一重項励起状態からエネルギーアクセプターとなるゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態へのエネルギー移動を生じやすくするためには、該励起錯体の発光スペクトルと、ゲスト材料 1 3 2 の最も長波長側（低エネルギー側）に現れる吸収帯と、が重なりと好ましい。そうすることで、ゲスト材料 1 3 2 の一重項励起状態の生成効率を高めることができる。

【0138】

また、励起錯体が呈する発光のうち、熱活性化遅延蛍光成分における蛍光寿命は短いことが好ましく、具体的には、10 ns 以上 50  $\mu$ s 以下、より好ましくは 10 ns 以上 30  $\mu$ s 以下である。

【0139】

また、励起錯体が呈する発光のうち、熱活性化遅延蛍光成分が占める割合は高いことが好ましい。具体的には、励起錯体が呈する発光のうち、熱活性化遅延蛍光成分が占める割合は好ましくは 5 % 以上であり、より好ましくは 10 % 以上である。

【0140】

<材料>

次に、本発明の一態様に係わる発光素子の構成要素の詳細について、以下説明を行う。

【0141】

発光層

発光層 1 3 0 に用いることができる材料について、それぞれ以下に説明する。

【0142】

発光層 1 3 0 中では、ホスト材料 1 3 1 が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料 1 3 2（蛍光性化合物）は、ホスト材料 1 3 1 中に分散される。発光層 1 3 0 のホスト材料 1 3 1 の S 1 準位は、ゲスト材料 1 3 2（蛍光性化合物）の S 1 準位よりも高いことが好ましい。また、発光層 1 3 0 のホスト材料 1 3 1 の T 1 準位は、発光層 1 3 0 のゲスト材料 1 3 2（蛍光性化合物）の T 1 準位よりも高いことが好ましい。

【0143】

発光層 1 3 0 において、ホスト材料 1 3 1 としては、ホスト材料 1 3 1 における2つの分子間において、励起錯体を形成する機能を有する材料であれば、特に限定はないが、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、電子不足型複素芳香族骨格とを有すると好ましい。

## 【 0 1 4 4 】

ホスト材料 1 3 1 が有する芳香族アミン骨格としては、N H 結合を有さないいわゆる 3 級アミンが好ましく、特にトリアリールアミン骨格が好ましい。トリアリールアミン骨格のアリール基としては、環を形成する炭素数が 6 乃至 1 3 の置換又は無置換のアリール基が好ましく、フェニル基、ナフチル基、フルオレニル基等が挙げられる。

## 【 0 1 4 5 】

また、ホスト材料 1 3 1 が有する 電子過剰型複素芳香族骨格としては、フラン骨格、チオフェン骨格、およびピロール骨格が安定で信頼性が良好なため、当該骨格の中から選ばれるいずれか一つまたは複数を有することが、好ましい。なお、フラン骨格としてはジベンゾフラン骨格が、チオフェン骨格としてはジベンゾチオフェン骨格が、それぞれ好ましい。また、ピロール骨格としては、インドール骨格、カルバゾール骨格が好ましく、3 - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) - 9 H - カルバゾール骨格が特に好ましい。これらの骨格は置換基を有していても良い。

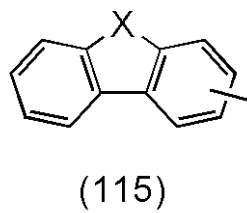
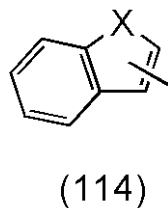
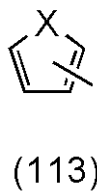
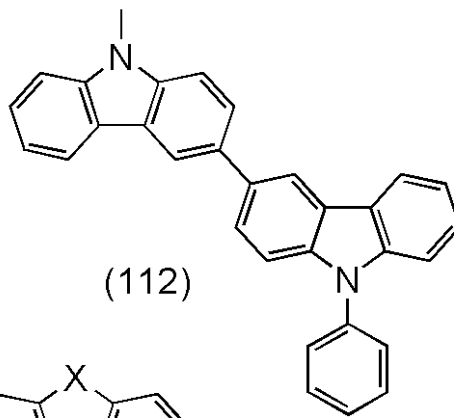
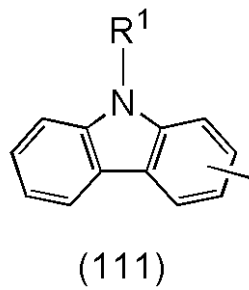
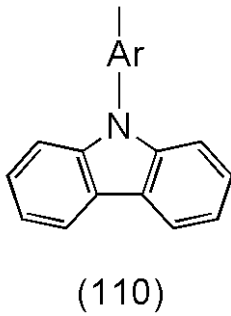
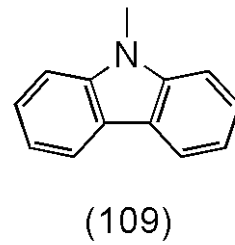
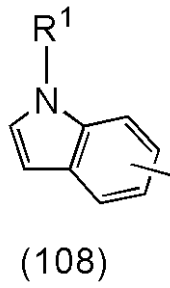
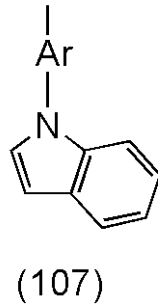
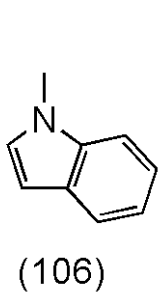
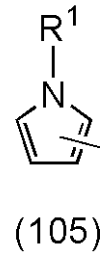
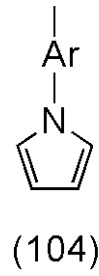
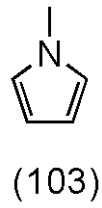
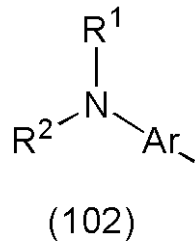
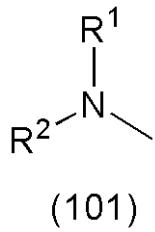
10

## 【 0 1 4 6 】

上記の芳香族アミン骨格および 電子過剰型複素芳香族骨格としては、例えば下記一般式 ( 1 0 1 ) 乃至 ( 1 1 5 ) で表される骨格である。なお、一般式 ( 1 1 3 ) 乃至 ( 1 1 5 ) 中の X は、酸素原子または硫黄原子を表す。

## 【 0 1 4 7 】

## 【化 5】



## 【 0 1 4 8 】

また、電子不足型複素芳香族骨格としては、ピリジン骨格、ジアジン骨格（ピリミジン骨格、ピラジン骨格、ピリダジン骨格）、またはトリアジン骨格が好ましく、中でもジアジン骨格またはトリアジン骨格は、安定で信頼性が良好なため、好ましい。

## 【 0 1 4 9 】

上記の電子不足型複素芳香族骨格としては、例えば下記一般式（201）乃至（218）で表される骨格である。

## 【 0 1 5 0 】

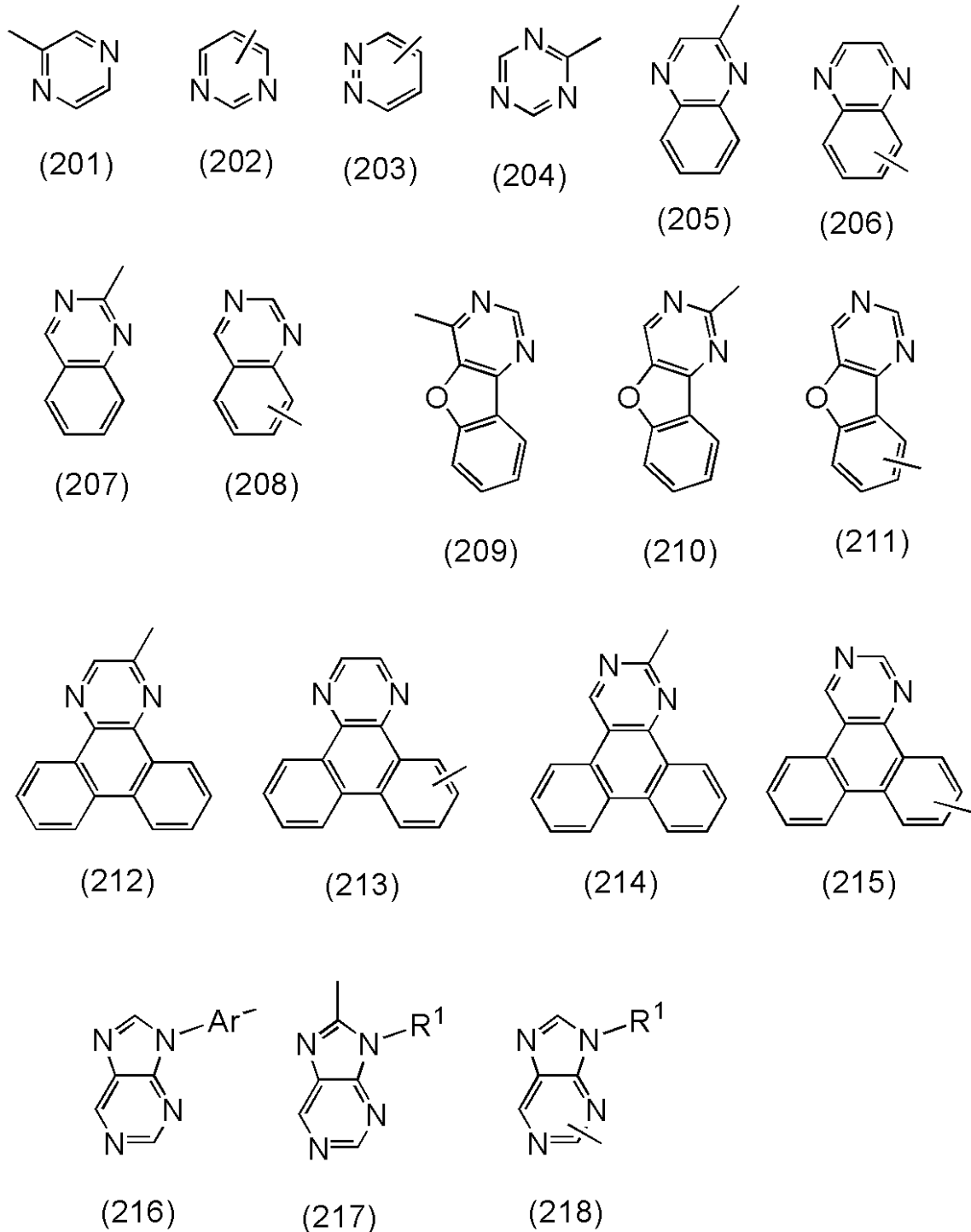
10

20

30

40

## 【化 6】



## 【 0 1 5 1 】

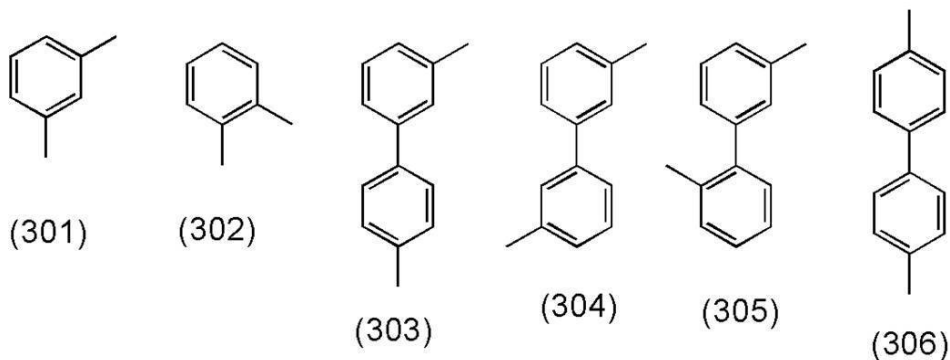
また、正孔輸送性を有する骨格（具体的には 電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一方）と、電子輸送性を有する骨格（具体的には 電子不足型複素芳香族骨格）とが、*m*-フェニレン基または*o*-フェニレン基の少なくとも一つを有する構造、を介して結合することが好ましい。あるいは、*m*-フェニレン基または*o*-フェニレン基の少なくとも一つと、アリーレン基と、が結合する構造、を介して結合することが好ましい。あるいは、ビフェニルジイル基、を介して結合することが好ましい。なお、上記のアリーレン基としては、例えば、フェニレン基、ビフェニルジイル基、ナフタレンジイル基、フルオレンジイル基、9,10-ジヒドロアントラセンジイル基、フェナントレンジイル基等が挙げられる。

## 【 0 1 5 2 】

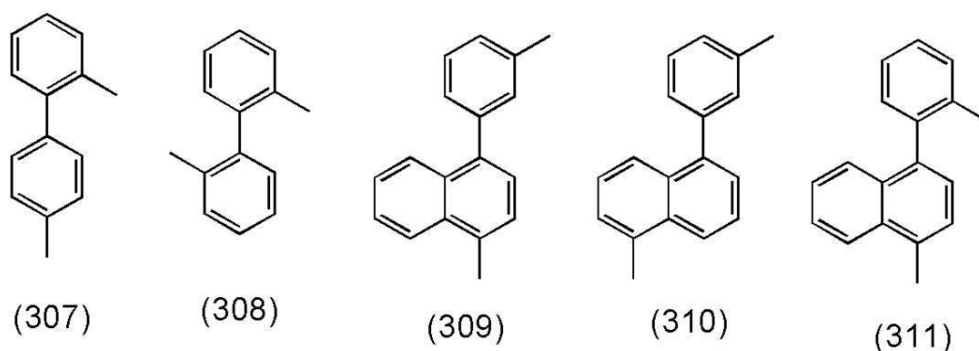
上記の正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とを結合する結合基としては、例えば下記一般式(301)乃至(315)で表される基である。

【0153】

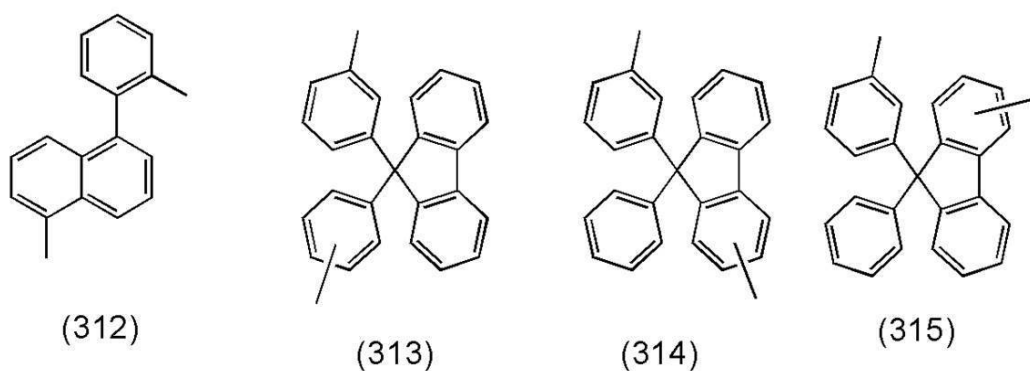
【化7】



10



20



30

【0154】

上述した芳香族アミン骨格(具体的には例えばトリアリールアミン骨格)、電子過剰型複素芳香族骨格(具体的には例えばフラン骨格、チオフェン骨格、またはピロール骨格を有する環)、電子不足型複素芳香族骨格(具体的には例えばピリジン骨格、ジアジン骨格、またはトリアジン骨格を有する環)、あるいは上記の一般式(101)乃至(115)、一般式(201)乃至(218)、及び一般式(301)乃至(315)は、置換基を有していてもよい。当該置換基としては、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数6のシクロアルキル基、または炭素数6乃至炭素数12の置換もしくは無置換のアリール基も置換基として選択することができる。炭素数1乃至炭素数6のアルキル基としては具体的には、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数3乃至炭素数6のシクロアルキル基、としては具体的には、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数6乃至炭素数12のアリール基としては、例えば、フェニル基

40

50

、ナフチル基、ビフェニル基などを具体例として挙げることができる。また、上記置換基は互いに結合して環を形成してもよい。このような例としては、例えば、フルオレン骨格における9位の炭素が置換基としてフェニル基を二つ有する場合、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格を形成するような場合が挙げられる。なお、無置換の場合、合成の容易さや原料の価格の面で有利である。

【0155】

また、Arは、炭素数6乃至炭素数13のアリーレン基を表し、該アリーレン基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。このような例としては、例えば、フルオレニル基の9位の炭素が置換基としてフェニル基を二つ有し、当該フェニル基同士が結合することによって、スピロフルオレン骨格を形成するような場合が挙げられる。炭素数6乃至炭素数13のアリーレン基としては、例えば、フェニレン基、ナフタレンジイル基、ビフェニルジイル基、フルオレンジイル基などを具体例として挙げることができる。なお、該アリーレン基が置換基を有する場合、当該置換基としては、炭素数1乃至炭素数6のアルキル基、炭素数3乃至炭素数6のシクロアルキル基、または炭素数6乃至炭素数12のアリール基も置換基として選択することができる。炭素数1乃至炭素数6のアルキル基としては具体的には、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数3乃至炭素数6のシクロアルキル基としては具体的には、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数6乃至炭素数12のアリール基としては、例えば、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基などを具体例として挙げることができる。

【0156】

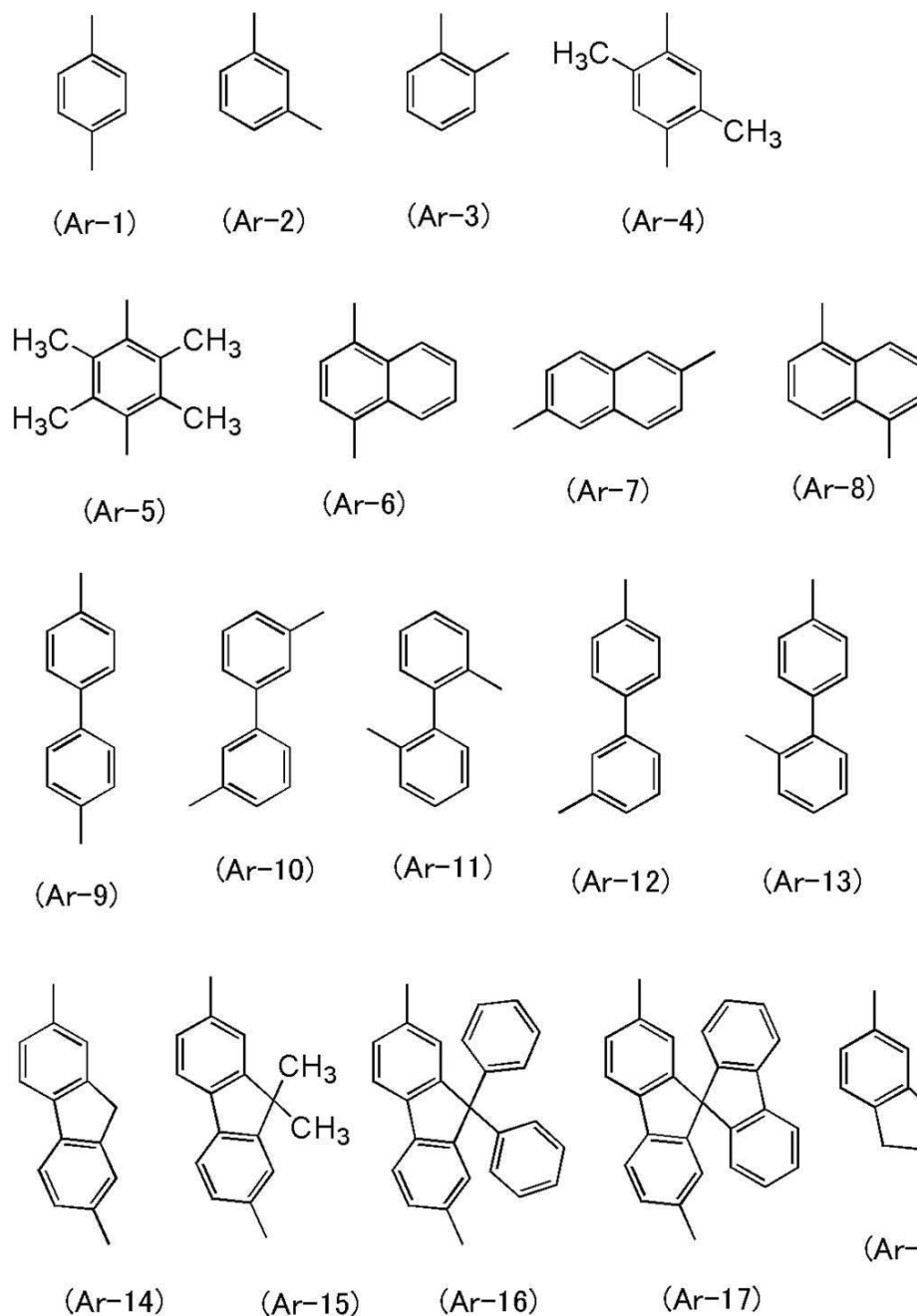
また、Arで表されるアリーレン基は、例えば、下記構造式(Ar-1)乃至(Ar-18)で表される基を適用することができる。なお、Arとして用いることのできる基はこれらに限られない。

【0157】

10

20

## 【化 8】



## 【 0 1 5 8 】

また、 $R^1$  及び  $R^2$  は、それぞれ独立に、水素、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 6 のシクロアルキル基、または炭素数 6 乃至炭素数 13 の置換もしくは無置換のアリール基のいずれかを表す。炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基としては具体的には、例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 3 乃至炭素数 6 のシクロアルキル基、としては具体的には、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数 6 乃至炭素数 13 のアリール基としては、例えば、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基、フルオレニル基などを具体例として挙げることができる。さらに、上述したアリール基やフェニル基は置換基を有していてもよく、該置換基は互いに結合して環を形成してもよい。当該置換基としては、炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基、炭素数 3 乃至炭素数 6 のシクロアルキル基、または炭素数 6 乃至炭素数 12 のアリール基も置換基として選択することができる。炭素数 1 乃至炭素数 6 のアルキル基としては具体的には、例

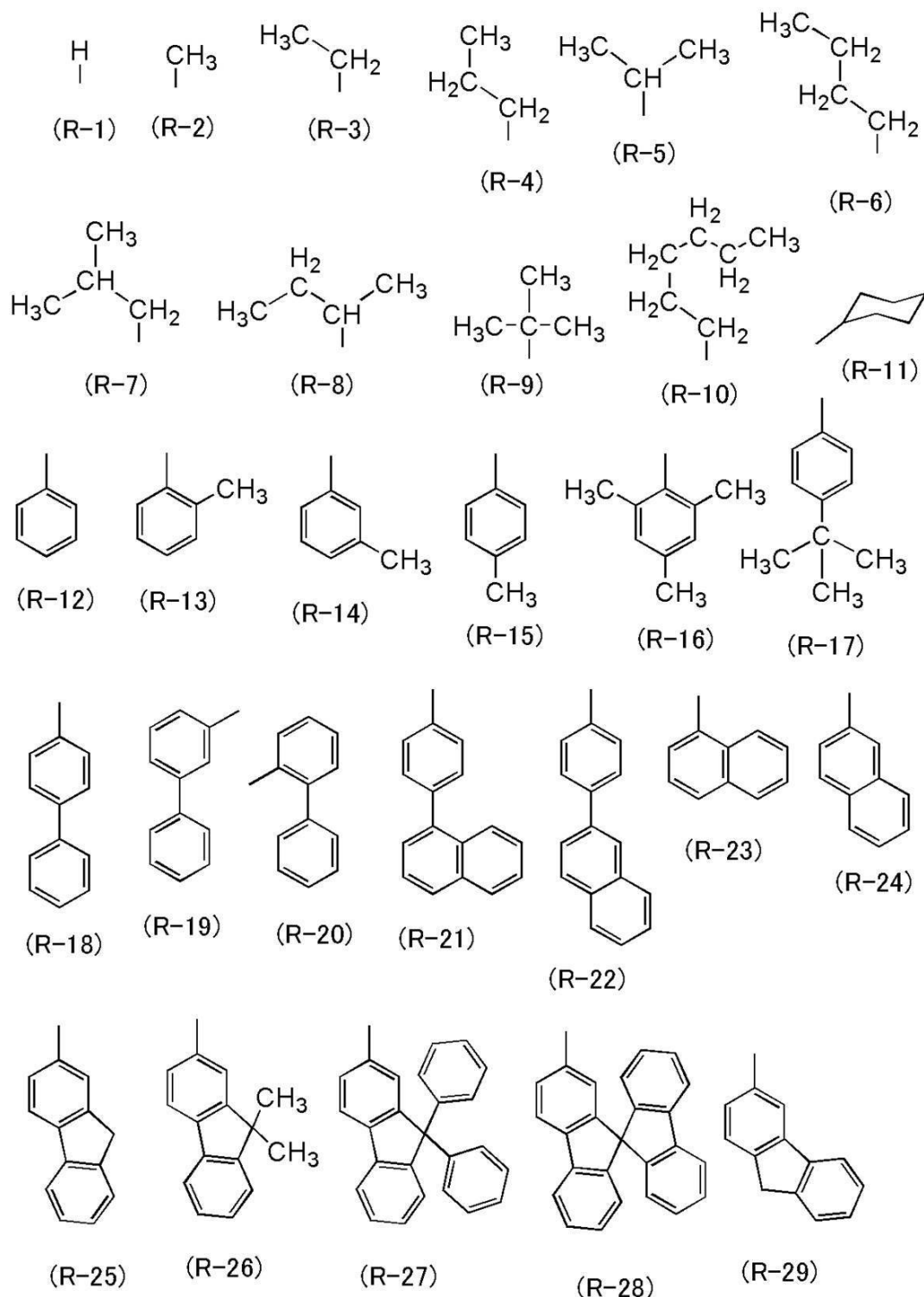
えは、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、ブチル基、イソブチル基、tert-ブチル基、n-ヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数3乃至炭素数6のシクロアルキル基としては具体的には、例えば、シクロプロピル基、シクロブチル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基などを挙げることができる。また、炭素数6乃至炭素数12のアリール基としては、例えば、フェニル基、ナフチル基、ビフェニル基などを具体例として挙げることができる。

【0159】

また、 $R^1$  及び  $R^2$  で表されるアルキル基またはアリール基は、例えば、下記構造式 (R-1) 乃至 (R-29) で表される基を適用することができる。なお、アルキル基またはアリール基として用いることのできる基はこれらに限られない。

【0160】

## 【化 9】



## 【0161】

また、一般式(101)乃至(115)、一般式(201)乃至(218)、一般式(301)乃至(315)、及びAr、 $\text{R}^1$ 及び $\text{R}^2$ が有することができる置換基は、例えば、上記構造式(R-1)乃至(R-24)で表されるアルキル基またはアリール基を適用することができる。なお、アルキル基またはアリール基として用いることのできる基はこれらに限られない。

## 【0162】

発光層130において、ゲスト材料132としては、特に限定はないが、アントラセン誘導体、テトラセン誘導体、クリセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、ペリレン誘導体、スチルベン誘導体、アクリドン誘導体、クマリン誘導体、フェノキサジン

10

20

30

40

50

誘導体、フェノチアジン誘導体などが好ましく、例えば以下の材料を用いることができる。

【 0 1 6 3 】

具体的には、5, 6 - ビス [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 2, 2' - ビピリジン ( 略称 : P A P 2 B P y )、5, 6 - ビス [ 4' - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) ビフェニル - 4 - イル ] - 2, 2' - ビピリジン ( 略称 : P A P P 2 B P y )、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス [ 4 - ( 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 F L P A P r n )、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 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) フェニル ] - N, N' - ビス ( 4 - t e r t - ブチルフェニル ) ピレン - 1, 6 - ジアミン ( 略称 : 1, 6 t B u - F L P A P r n )、N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス [ 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) フェニル ] - 3, 8 - ジシクロヘキシルピレン - 1, 6 - ジアミン ( 略称 : c h - 1, 6 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' - ( 1 0 - 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, 1 0 - 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 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P A )、ペリレン、2, 5, 8, 1 1 - テトラ ( t e r t - ブチル ) ペリレン ( 略称 : T B P )、4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) - 4' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン ( 略称 : P C B A P A )、N, N' - ( 2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9, 1 0 - ジイルジ - 4, 1 - フェニレン ) ビス [ N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ] ( 略称 : D P A B P A )、N, 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 9, 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P P A )、N - [ 4 - ( 9, 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P P A )、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, 1 0, 1 5 - テトラアミン ( 略称 : D B C 1 )、クマリン 3 0、N - ( 9, 1 0 - 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, 1 0 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N, 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A B P h A )、N - ( 9, 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P A )、N - [ 9, 1 0 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N, N', N' - トリフェニル - 1, 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A B P h A )、9, 1 0 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - [ 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン ( 略称 : 2 Y G A B P h A )、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン ( 略称 : D P h A P h A )、クマリン 6、クマリン 5 4 5 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン ( 略称 : D P Q d )、ルブレン、2, 8 - ジ - t e r t - ブチル - 5, 1 1 - ビス ( 4 - t e r t - ブチルフェニル ) - 6, 1 2 - ジフェニルテトラセン ( 略称 : T B R b )、ナイルレッド、5, 1 2 - ビス ( 1, 1' - ビフェニル - 4 - イル ) - 6, 1 1 - ジフェニルテトラセン ( 略称 : B P T )、2 - ( 2 - { 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

10

20

30

40

50

、 $N'$ -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-mPhTD)、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  
-mPhAFD)、2-{2-イソプロピル-6-[2-(1,1,7,7-テトラメチ  
ル-2,3,6,7-テトラヒドロ-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル  
)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCJTI)  
、2-{2-tert-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-1H,5H-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]  
-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:DCJTB)、2-(2,  
6-ビス{2-[4-(ジメチルアミノ)フェニル]エテニル}-4H-ピラン-4-イ  
リデン)プロパンジニトリル(略称:BisDCM)、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-1H,5H  
-ベンゾ[ij]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プ  
ロパンジニトリル(略称:BisDCJTM)、5,10,15,20-テトラフェニル  
ビスベンゾ[5,6]インデノ[1,2,3-cd:1',2',3'-lm]ペリレン  
、などが挙げられる。

#### 【0164】

なお、上述した通り、ホスト材料131(あるいは励起錯体)からゲスト材料132へ  
のデクスター機構に基づくエネルギー移動効率は低いことが好ましい。デクスター機構の  
速度定数は、二分子間の距離の指数関数に反比例する。そのため、二分子間の距離がおよ  
そ1nm以下ではデクスター機構が優勢となり、およそ1nm以上ではフェルスター機構  
が優勢となる。したがって、デクスター機構におけるエネルギー移動効率を低下させるた  
めには、ホスト材料131とゲスト材料132との距離を大きくすることが好ましく、具  
体的には0.7nm以上、より好ましくは0.9nm以上、さらに好ましくは1nm以上  
である。このような観点から、ゲスト材料132が、ホスト材料131との近接を阻害す  
る置換基を有することが好ましく、該置換基としては、脂肪族炭化水素が好ましく、より  
好ましくはアルキル基、さらに好ましくは分岐を有するアルキル基である。具体的には、  
ゲスト材料132は、炭素数2以上のアルキル基を少なくとも2つ以上有すると好ましい  
。あるいは、ゲスト材料132は、炭素数3以上10以下の分岐を有するアルキル基を少  
なくとも2つ以上有すると好ましい。あるいは、ゲスト材料132は、炭素数3以上10  
以下のシクロアルキル基を少なくとも2つ以上有すると好ましい。

#### 【0165】

また、発光層130としては、ホスト材料131及びゲスト材料132に加えて、他の  
材料を有しても良い。例えば、以下の正孔輸送性材料および電子輸送性材料を用いること  
ができる。

#### 【0166】

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、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

#### 【0167】

これら正孔輸送性の高い材料として、例えば、芳香族アミン化合物としては、 $N,N'$ -  
ジ(p-トリル)- $N,N'$ -ジフェニル-p-フェニレンジアミン(略称:DTDP  
PA)、4,4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]  
ビフェニル(略称: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'-ビフェニル)-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:DPAB3B)等を挙げることができる。

#### 【0168】

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(4-ジフェニルアミノ

フェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzDPA1)、3, 6 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzDPA2)、3, 6 - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - (1 - ナフチル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzTPN2)、3 - [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA1)、3, 6 - ビス [N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) - N - フェニルアミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCA2)、3 - [N - (1 - ナフチル) - N - (9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル) アミノ] - 9 - フェニルカルバゾール (略称: PCzPCN1) 等を挙げることができる。

10

## 【0169】

また、カルバゾール誘導体としては、他に、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 - アントラセニル) 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を用いることができる。

## 【0170】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、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 - 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、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロナン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有し、炭素数 14 乃至炭素数 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

20

30

## 【0171】

なお、芳香族炭化水素は、ビニル骨格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。

40

## 【0172】

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。

## 【0173】

また、正孔輸送性の高い材料としては、例えば、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPB または - NPD) や N, N' - ビ

50

ス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4',4''-トリス(カルバゾール-9-イル)トリフェニルアミン(略称:TC TA)、4,4',4''-トリス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:1'-TNATA)、4,4',4''-トリス(N,N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称:TDATA)、4,4',4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称:MTDATA)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(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:BPAPLP)、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:mBPAPLP)、N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-N-{9,9-ジメチル-2-[N'-フェニル-N'-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)アミノ]-9H-フルオレン-7-イル}フェニルアミン(略称:DFLADFL)、N-(9,9-ジメチル-2-ジフェニルアミノ-9H-フルオレン-7-イル)ジフェニルアミン(略称:DPNF)、2-[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DPASF)、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)、4-フェニルジフェニル-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)アミン(略称:PCA1BP)、N,N'-ビス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N,N'-ジフェニルベンゼン-1,3-ジアミン(略称:PCA2B)、N,N',N''-トリフェニル-N,N',N''-トリス(9-フェニルカルバゾール-3-イル)ベンゼン-1,3,5-トリアミン(略称:PCA3B)、N-(4-ビフェニル)-N-(9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:PCBiF)、N-(1,1'-ビフェニル-4-イル)-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9,9-ジメチル-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)、9,9-ジメチル-N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]フルオレン-2-アミン(略称:PCBAF)、N-フェニル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-アミン(略称:PCBAS F)、2-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:PCASF)、2,7-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]-スピロ-9,9'-ビフルオレン(略称:DP A2SF)、N-[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N-(4-フェニル)フェニルアニリン(略称:YGA1BP)、N,N'-ビス[4-(カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニル-9,9-ジメチルフルオレン-2,7-ジアミン(略称:YGA2F)などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。また、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPN)、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)、3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)、1,3-ビス(N-カルバゾリル)ベンゼン(略称:mCP)、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)、3,6-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PhCzGI)、2,8-ジ(9H-カルバゾール-9-イル)-ジベンゾチオフエン(略称:Cz2DBT)、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

10

20

30

40

50

称：mmDBFFLBi-III）、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-III)、1, 3, 5 - トリ(ジベンゾチオフェン - 4 - イル) - ベンゼン(略称：DBT3P-III)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称：DBTFLP-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：DBTFLP-IV)、4 - [3 - (トリフェニレン - 2 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称：mDBTPTp-III)等のアミン化合物、カルバゾール化合物、チオフェン化合物、フラン化合物、フルオレン化合物、トリフェニレン化合物、フェナントレン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、主に  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有する物質である。但し、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。

10

## 【0174】

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。電子を受け取りやすい材料(電子輸送性を有する材料)としては、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。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、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体などが挙げられる。

20

## 【0175】

例えば、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム(III)(略称：Alq)、トリス(4 - メチル - 8 - キノリノラト)アルミニウム(III)(略称：Almq<sub>3</sub>)、ビス(10 - ヒドロキシベンゾ[h]キノリノラト)ベリリウム(II)(略称：BeBq<sub>2</sub>)、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：BA1q)、ビス(8 - キノリノラト)亜鉛(II)(略称：Znq)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等である。また、この他ビス[2 - (2 - ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称：ZnPBO)、ビス[2 - (2 - ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称：ZnBTZ)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール(略称：PBD)や、1, 3 - ビス[5 - (p - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン(略称：OXD - 7)、9 - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称：CO11)、3 - (4 - ビフェニリル) - 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)、9 - [4 - (4, 5 - ジフェニル - 4H - 1, 2, 4 - トリアゾール - 3 - イル)フェニル] - 9H - カルバゾール(略称：CzTAZ1)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル)トリス(1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール)(略称：TPBI)、2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル] - 1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール(略称：mDBTBIm-III)、バソフェナントロリン(略称：BPhen)、バソキュプロイン(略称：BCP)などの複素環化合物や、2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称：2mDBTPDBq-III)、2 - [3' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称：2mDBTPDBq-III)、2 - [3' - (9H - カルバゾール - 9 - イル)ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称：2mCzBPDBq)、2 - [4 - (3, 6 - ジフェニル - 9H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称：2CzPDBq-III)、7 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f, h]キノキサリン(略称：7mDBTPDBq-III)、及び

30

40

50

、6 - [ 3 - ( ジベンゾチオフェン - 4 - イル ) フェニル ] ジベンゾ [ f , h ] キノキサリン ( 略称 : 6 m D B T P D B q - I I ) 、 2 - [ 3 - ( 3 , 9 ' - ビ - 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] ジベンゾ [ f , h ] キノキサリン ( 略称 : 2 m C z C z P D B q ) 、 4 , 6 - ビス [ 3 - ( フェナントレン - 9 - イル ) フェニル ] ピリミジン ( 略称 : 4 , 6 m P n P 2 P m ) 、 4 , 6 - ビス [ 3 - ( 4 - ジベンゾチエニル ) フェニル ] ピリミジン ( 略称 : 4 , 6 m D B T P 2 P m - I I ) 、 4 , 6 - ビス [ 3 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] ピリミジン ( 略称 : 4 , 6 m C z P 2 P m ) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、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 ) などのトリアジン骨格を有する複素環化合物や、3 , 5 - ビス [ 3 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] ピリジン ( 略称 : 3 5 D C z P P y ) 、 1 , 3 , 5 - トリ [ 3 - ( 3 - ピリジル ) フェニル ] ベンゼン ( 略称 : T m P y P B ) などのピリジン骨格を有する複素環化合物、4 , 4 ' - ビス ( 5 - メチルベンゾオキサゾール - 2 - イル ) スチルベン ( 略称 : B z O s ) などの複素芳香族化合物も用いることができる。上述した複素環化合物の中でも、ジアジン ( ピリミジン、ピラジン、ピリダジン ) 骨格、またはピリジン骨格を有する複素環化合物は、安定で信頼性が良好であり好ましい。また、当該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。また、ポリ ( 2 , 5 - ピリジンジイル ) ( 略称 : P P y ) 、ポリ [ ( 9 , 9 - ジヘキシルフルオレン - 2 , 7 - ジイル ) - c o - ( ピリジン - 3 , 5 - ジイル ) ] ( 略称 : P F - P y ) 、ポリ [ ( 9 , 9 - ジオクチルフルオレン - 2 , 7 - ジイル ) - c o - ( 2 , 2 ' - ビピリジン - 6 , 6 ' - ジイル ) ] ( 略称 : P F - B P y ) のような高分子化合物を用いることもできる。ここに述べた物質は、主に  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の電子移動度を有する物質である。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を用いても構わない。

#### 【 0 1 7 6 】

また、発光層 1 3 0 は、ホスト材料 1 3 1 及びゲスト材料 1 3 2 の他に、熱活性化遅延蛍光体を有してもよい。あるいは、室温で熱活性化遅延蛍光を呈することができる機能を有する材料を有しても好ましい。なお、熱活性化遅延蛍光体とは、熱活性化による逆項間交差によって三重項励起状態から一重項励起状態を生成できる材料をいう。例えば、T A D F 材料のように、単独で三重項励起状態から逆項間交差により一重項励起状態を生成できる材料を有しても良い。そのような材料は、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差が 0 e V より大きく 0 . 2 e V 以下であると好ましい。

#### 【 0 1 7 7 】

熱活性化遅延蛍光体である T A D F 材料としては、例えば以下の材料を用いることができる。

#### 【 0 1 7 8 】

まず、フラレンやその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。また、マグネシウム ( M g ) 、亜鉛 ( Z n ) 、カドミウム ( C d ) 、スズ ( S n ) 、白金 ( P t ) 、インジウム ( I n ) 、もしくはパラジウム ( P d ) 等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、プロトポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F <sub>2</sub> ( P r o t o I X ) ) 、メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F <sub>2</sub> ( M e s o I X ) ) 、ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F <sub>2</sub> ( H e m a t o I X ) ) 、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 ( S n F <sub>2</sub> ( C o p r o I I I - 4 M e ) ) 、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F <sub>2</sub> ( O E P ) ) 、エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体 ( S n F <sub>2</sub> ( E t i o I ) ) 、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 ( P t C l <sub>2</sub> O E P ) 等が挙げられる。

#### 【 0 1 7 9 】

また、一種の材料から構成される熱活性化遅延蛍光材料としては、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複素環化合物も用いることができる。具体的に

は、2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4, 6 - ビス(12 - フェニルインドロ[2, 3 - a]カルバゾール - 11 - イル) - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PIC - TRZ)、2 - {4 - [3 - (N - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) - 9H - カルバゾール - 9 - イル]フェニル} - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PC CzPTzn)、2 - [4 - (10H - フェノキサジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PXZ - TRZ)、3 - [4 - (5 - フェニル - 5, 10 - ジヒドロフェナジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 5 - ジフェニル - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: PPZ - 3TPT)、3 - (9, 9 - ジメチル - 9H - アクリジン - 10 - イル) - 9H - キサンテン - 9 - オン(略称: ACRXTN)、ビス[4 - (9, 9 - ジメチル - 9, 10 - ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称: 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)等が挙げられる。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ー性が共に強く、一重項励起状態のエネルギー準位と三重項励起状態のエネルギー準位の差が小さくなるため、特に好ましい。

#### 【0180】

また、熱活性化遅延蛍光を示す材料として、励起錯体を形成する2種類の材料の組み合わせを含んでも良い。2種類の材料の組み合わせとしては、上記の正孔輸送性材料と電子輸送性材料との組み合わせが好適である。具体的には、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。

#### 【0181】

なお、発光層130は2層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第1の発光層と第2の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層130とする場合、第1の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第2の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

#### 【0182】

##### 正孔注入層

正孔注入層111は、一对の電極の一方(電極101または電極102)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。ポリチオフエ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エンであるポリ(エチレンジオキシチオフエン)/ポリ(スチレンスルホン酸)などがその代表例である。

#### 【0183】

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の複合材料を有する層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性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ーを挙げることができる。具体的には、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<sub>4</sub> - 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) 等の電子吸引基 (ハロゲン基やシアノ基) を有する化合物である。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。

#### 【0184】

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、発光層130に用いることができる正孔輸送性材料として挙げた芳香族アミン、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、該正孔輸送性材料は高分子化合物であっても良い。

10

#### 【0185】

##### 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正孔輸送性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に注入された正孔を発光層130へ輸送する機能を有するため、正孔注入層111の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。

#### 【0186】

また、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、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。なお、正孔輸送性の高い物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

20

#### 【0187】

##### 電子輸送層

電子輸送層118は、電子注入層119を経て一对の電極の他方 (電極101または電極102) から注入された電子を発光層130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。電子を受け取りやすい化合物 (電子輸送性を有する材料) としては、含窒素複素芳香族化合物のような電子不足型複素芳香族や金属錯体などを用いることができる。具体的には、発光層130に用いることができる電子輸送性材料として挙げたキノリン配位子、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、ビピリジン誘導体、ピリミジン誘導体などが挙げられる。また、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上の電子移動度を有する物質であることが好ましい。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、電子輸送層118は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

30

#### 【0188】

また、電子輸送層118と発光層130との間に電子キャリアの移動を制御する層を設けても良い。これは上述したような電子輸送性の高い材料に、電子トラップ性の高い物質を少量添加した層であって、電子キャリアの移動を抑制することによって、キャリアバランスを調節することが可能となる。このような構成は、発光層を電子が突き抜けてしまうことにより発生する問題 (例えば素子寿命の低下) の抑制に大きな効果を発揮する。

40

#### 【0189】

##### 電子注入層

電子注入層119は電極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、

50

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ことができる。具体的には、フッ化リチウム ( $\text{LiF}$ )、フッ化ナトリウム ( $\text{NaF}$ )、フッ化セシウム ( $\text{CsF}$ )、フッ化カルシウム ( $\text{CaF}_2$ )、リチウム酸化物 ( $\text{LiO}_x$ ) 等のようなアルカリ金属、アルカリ土類金属、またはそれらの化合物を用いることができる。また、フッ化エルビウム ( $\text{ErF}_3$ ) のような希土類金属化合物を用いることができる。また、電子注入層119に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。また、電子注入層119に、電子輸送層118で用いることが出来る物質を用いても良い。

#### 【0190】

また、電子注入層119に、有機化合物と電子供与体(ドナー)とを混合してなる複合材料を用いてもよい。このような複合材料は、電子供与体によって有機化合物に電子が発生するため、電子注入性および電子輸送性に優れている。この場合、有機化合物としては、発生した電子の輸送に優れた材料であることが好ましく、具体的には、例えば上述した電子輸送層118を構成する物質(金属錯体や複素芳香族化合物等)を用いることができる。電子供与体としては、有機化合物に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属やアルカリ土類金属や希土類金属が好ましく、リチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、イッテルビウム等が挙げられる。また、アルカリ金属酸化物やアルカリ土類金属酸化物が好ましく、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物等が挙げられる。また、酸化マグネシウムのようなルイス塩基を用いることもできる。また、テトラチアフルバレン(略称: TTF)等の有機化合物を用いることもできる。

#### 【0191】

なお、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層は、それぞれ、蒸着法(真空蒸着法を含む)、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。また、上述した、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層には、上述した材料の他、量子ドットなどの無機化合物や、高分子化合物(オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等)を用いてもよい。

#### 【0192】

なお、量子ドットとしては、コロイド状量子ドット、合金型量子ドット、コア・シェル型量子ドット、コア型量子ドット、などを用いてもよい。また、2族と16族、13族と15族、13族と17族、11族と17族、または14族と15族の元素グループを含む量子ドットを用いてもよい。または、カドミウム ( $\text{Cd}$ )、セレン ( $\text{Se}$ )、亜鉛 ( $\text{Zn}$ )、硫黄 ( $\text{S}$ )、リン ( $\text{P}$ )、インジウム ( $\text{In}$ )、テルル ( $\text{Te}$ )、鉛 ( $\text{Pb}$ )、ガリウム ( $\text{Ga}$ )、ヒ素 ( $\text{As}$ )、アルミニウム ( $\text{Al}$ )、等の元素を有する量子ドットを用いてもよい。

#### 【0193】

##### 一対の電極

電極101及び電極102は、発光素子の陽極または陰極としての機能を有する。電極101及び電極102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。

#### 【0194】

電極101または電極102の一方は、光を反射する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、アルミニウム ( $\text{Al}$ ) または  $\text{Al}$  を含む合金等が挙げられる。 $\text{Al}$  を含む合金としては、 $\text{Al}$  と  $\text{L}$  ( $\text{L}$  は、チタン ( $\text{Ti}$ )、ネオジム ( $\text{Nd}$ )、ニッケル ( $\text{Ni}$ )、及びランタン ( $\text{La}$ ) の一つまたは複数を表す) とを含む合金等が挙げられ、例えば  $\text{Al}$  と  $\text{Ti}$ 、または  $\text{Al}$  と  $\text{Ni}$  と  $\text{La}$  を含む合金等である。アルミニウムは、抵抗値が低く、光の反射率が高い。また、アルミニウムは、地殻における存在量が多く、安価であるため、アルミニウムを用いることによる発光素子の作製コストを低減することができる。また、銀 ( $\text{Ag}$ ) または  $\text{Ag}$  と、 $\text{N}$  ( $\text{N}$  は、イットリウム ( $\text{Y}$ )、 $\text{Nd}$ 、マグネシウム ( $\text{Mg}$ )、イッテルビウム ( $\text{Yb}$ )、 $\text{Al}$ 、 $\text{Ti}$ 、ガリウム ( $\text{Ga}$ )、

Ga)、亜鉛(Zn)、インジウム(In)、タングステン(W)、マンガン(Mn)、スズ(Sn)、鉄(Fe)、Ni、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、イリジウム(Ir)、または金(Au)の一つまたは複数を表す)とを含む合金等を用いても良い。銀を含む合金としては、例えば、銀とパラジウムと銅を含む合金、銀と銅を含む合金、銀とマグネシウムを含む合金、銀とニッケルを含む合金、銀と金を含む合金、銀とイッテルビウムを含む合金等が挙げられる。その他、タングステン、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、銅、チタンなどの遷移金属を用いることができる。

#### 【0195】

また、発光層から得られる発光は、電極101及び電極102の一方または双方を通して取り出される。したがって、電極101及び電極102の少なくとも一方は、光を透過する機能を有する導電性材料により形成されると好ましい。該導電性材料としては、可視光の透過率が40%以上100%以下、好ましくは60%以上100%以下であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。

10

#### 【0196】

また、電極101及び電極102は、光を透過する機能と、光を反射する機能と、を有する導電性材料により形成されても良い。該導電性材料としては、可視光の反射率が20%以上80%以下、好ましくは40%以上70%以下であり、かつその抵抗率が $1 \times 10^{-2} \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。例えば、導電性を有する金属、合金、導電性化合物などを1種又は複数種用いて形成することができる。具体的には、例えば、インジウム錫酸化物(Indium Tin Oxide、以下ITO)、珪素または酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(略称:ITSO)、酸化インジウム-酸化亜鉛(Indium Zinc Oxide)、チタンを含有した酸化インジウム-錫酸化物、インジウム-チタン酸化物、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などの金属酸化物を用いることができる。また、光を透過する程度(好ましくは、1nm以上30nm以下の厚さ)の金属薄膜を用いることができる。金属としては、例えば、AgまたはAgとAl、AgとMg、AgとAu、AgとYbなどの合金等を用いることができる。

20

#### 【0197】

なお、本明細書等において、光を透過する機能を有する材料は、可視光を透過する機能を有し、且つ導電性を有する材料であればよく、例えば上記のようなITOに代表される酸化物導電体に加えて、酸化物半導体、または有機物を含む有機導電体を含む。有機物を含む有機導電体としては、例えば、有機化合物と電子供与体(ドナー)とを混合してなる複合材料、有機化合物と電子受容体(アクセプター)とを混合してなる複合材料等が挙げられる。また、グラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。また、当該材料の抵抗率としては、好ましくは $1 \times 10^{-5} \cdot \text{cm}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{-4} \cdot \text{cm}$ 以下である。

30

#### 【0198】

また、上記の材料の複数を積層することによって電極101及び電極102の一方または双方を形成してもよい。

#### 【0199】

また、光取り出し効率を向上させるため、光を透過する機能を有する電極と接して、該電極より屈折率の高い材料を形成してもよい。このような材料としては、可視光を透過する機能を有する材料であればよく、導電性を有する材料であっても有さない材料であってもよい。例えば、上記のような酸化物導電体に加えて、酸化物半導体、有機物が挙げられる。有機物としては、例えば、発光層、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、または電子注入層に例示した材料が挙げられる。また、無機炭素系材料や光が透過する程度の薄膜の金属も用いることができる。これら屈折率の高い材料を用いて、数nm乃至数十nmの層を複数積層させてもよい。

40

#### 【0200】

電極101または電極102が陰極としての機能を有する場合には、仕事関数が小さい(3.8eV以下)材料を有することが好ましい。例えば、元素周期表の第1族又は第2

50

族に属する元素（リチウム、ナトリウム、セシウム等のアルカリ金属、カルシウム、ストロンチウム等のアルカリ土類金属、マグネシウム等）、これら元素を含む合金（例えば、AgとMg、AlとLi）、ユーロピウム（Eu）、Yb等の希土類金属、これら希土類金属を含む合金、アルミニウム、銀を含む合金等を用いることができる。

【0201】

また、電極101または電極102を陽極として用いる場合、仕事関数の大きい（4.0 eV以上）材料を用いることが好ましい。

【0202】

また、電極101及び電極102は、光を反射する機能を有する導電性材料と、光を透過する機能を有する導電性材料との積層としてもよい。その場合、電極101及び電極102は、各発光層からの所望の光を共振させ、その波長の光を強めることができるように、光学距離を調整する機能を有することができるため好ましい。

10

【0203】

電極101及び電極102の成膜方法は、スパッタリング法、蒸着法、印刷法、塗布法、MBE（Molecular Beam Epitaxy）法、CVD法、パルスレーザ堆積法、ALD（Atomic Layer Deposition）法等を適宜用いることができる。

【0204】

基板

また、本発明の一態様に係る発光素子は、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、電極101側から順に積層しても、電極102側から順に積層しても良い。

20

【0205】

なお、本発明の一態様に係る発光素子を形成できる基板としては、例えばガラス、石英、又はプラスチックなどを用いることができる。また可撓性基板を用いてもよい。可撓性基板とは、曲げることができる（フレキシブル）基板のことであり、例えば、ポリカーボネート、ポリアリレート、からなるプラスチック基板等が挙げられる。また、フィルム、無機蒸着フィルムなどを用いることもできる。なお、発光素子、及び光学素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。あるいは、発光素子、及び光学素子を保護する機能を有するものであればよい。

30

【0206】

例えば、本発明等においては、様々な基板を用いて発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板（例えば単結晶基板又はシリコン基板）、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含むセルロースナノファイバー（CNF）や紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリテトラフルオロエチレン（PTFE）に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の樹脂などがある。または、一例としては、ポリプロピレン、ポリエステル、ポリフッ化ビニル、又はポリ塩化ビニルなどがある。または、一例としては、ポリアミド、ポリイミド、アラミド、エポキシ、無機蒸着フィルム、又は紙類などがある。

40

【0207】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、発光素子を形成してもよい。または、基板と発光素子との間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に発光素子を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いる

50

ことができる。その際、耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも発光素子を転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

#### 【0208】

つまり、ある基板を用いて発光素子を形成し、その後、別の基板に発光素子を転置し、別の基板上に発光素子を配置してもよい。発光素子が転置される基板の一例としては、上述した基板に加え、セロファン基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュプラ、レーヨン、再生ポリエステル）などを含む）、皮革基板、又はゴム基板などがある。これらの基板を用いることにより、壊れにくい発光素子、耐熱性の高い発光素子、軽量化された発光素子、または薄型化された発光素子とすることができる。

10

#### 【0209】

また、上述した基板上に、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150を作製してもよい。これにより、FETによって発光素子150の駆動を制御するアクティブマトリクス型の表示装置を作製できる。

#### 【0210】

なお、本実施の形態において、本発明の一態様について述べた。または、他の実施の形態において、本発明の一態様について述べる。ただし、本発明の一態様は、これらに限定されない。つまり、本実施の形態および他の実施の形態では、様々な発明の態様が記載されているため、本発明の一態様は、特定の態様に限定されない。例えば、本発明の一態様として、発光素子に適用した場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。例えば、場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様は、発光素子に適用しなくてもよい。または、例えば、本発明の一態様では、EL層が、ホスト材料と、ゲスト材料と、を有し、ホスト材料は、第1の骨格と第2の骨格とが第3の骨格を介して結合する構造を有し、ホスト材料における第1の分子と、第2の分子とが、励起錯体を形成する場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、ホスト材料の第1の分子と、第2の分子とが、励起錯体を形成しなくてもよい。あるいは、ホスト材料における第1の骨格と第2の骨格とが、第3の骨格を介して結合する構造を有さなくても良い。または、例えば、本発明の一態様では、ホスト材料における第1の骨格が、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、第2の骨格が、電子不足型複素芳香族骨格を有し、第3の骨格が、m-フェニレン基、o-フェニレン基、またはビフェニルジイル基を有する場合の例を示したが、本発明の一態様は、これに限定されない。場合によっては、または、状況に応じて、本発明の一態様では、例えば、第1の骨格が、電子過剰型複素芳香族骨格および芳香族アミン骨格を有さなくてもよい。あるいは、第2の骨格が、電子不足型複素芳香族骨格を有さなくてもよい。あるいは、第3の骨格が、m-フェニレン基、o-フェニレン基、またはビフェニルジイル基を有さなくてもよい。

20

30

#### 【0211】

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

40

#### 【0212】

##### （実施の形態2）

本実施の形態においては、実施の形態1に示す構成と異なる構成の発光素子、及び当該発光素子の発光機構について、図11（A）（B）及び（C）を用いて、以下説明を行う。なお、図11（A）において、図1（A）に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

#### 【0213】

##### <発光素子の構成例>

図11（A）は、本発明の一態様の発光素子152の断面模式図である。

50

## 【0214】

発光素子152は、一对の電極（電極101及び電極102）を有し、該一对の電極間に設けられたEL層100を有する。EL層100は、少なくとも発光層140を有する。

## 【0215】

なお、発光素子152において、電極101が陽極として機能し、電極102が陰極として機能するとして、以下説明するが、発光素子152の構成としては、逆であっても構わない。

## 【0216】

図11(B)は、図11(A)に示す発光層140の一例を示す断面模式図である。図11(B)に示す発光層140は、ホスト材料141と、ゲスト材料142と、を有する。

10

## 【0217】

また、ゲスト材料142としては、発光性の有機化合物を用いればよく、該発光性の有機化合物としては、燐光を発することができる物質（以下、燐光性化合物ともいう）であると好適である。以下の説明においては、ゲスト材料142として、燐光性化合物を用いる構成について説明する。なお、ゲスト材料142を燐光性化合物として読み替えてもよい。

## 【0218】

<発光素子の発光機構>

20

次に、発光層140の発光機構について、以下説明を行う。

## 【0219】

発光層140におけるホスト材料141は、正孔を輸送する機能（正孔輸送性）を有する骨格と、電子を輸送する機能（電子輸送性）を有する骨格と、を有すると好ましい。あるいは、ホスト材料141は、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つを有し、且つ、電子不足型複素芳香族骨格を有すると好ましい。

## 【0220】

また、本発明の一態様において、ホスト材料141は、同一の分子構造を有する2つの分子で、励起錯体（励起二量体ともいう）を形成する機能を有する材料である。その中でも、ホスト材料141における正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、同一の分子構造を有する2つの分子において、励起錯体を形成すると好ましい。あるいは、ホスト材料141が有する電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、ホスト材料141が有する電子不足型複素芳香族骨格とが、同一の分子構造を有する2つの分子において、励起錯体を形成すると好ましい。なお、上述した励起錯体は、同一の分子構造を有する2つの分子で励起状態を形成するが、一般的な励起二量体（エキシマともいう）とは異なり、電荷移動型の励起状態を形成している点が重要である。すなわち、同一の分子構造を有する2つの分子で励起状態を形成しつつも、一方の分子がプラスの、他方の分子がマイナスの電荷を帯びた励起状態となっていることが特徴である。

30

## 【0221】

40

換言すると、ホスト材料141は、ホスト材料141における第1の分子と第2の分子とが励起錯体を形成する機能を有する材料である。その中でも、ホスト材料141において、第1の分子における正孔輸送性を有する骨格と、第2の分子における電子輸送性を有する骨格とが、励起錯体を形成すると好ましい。あるいは、ホスト材料141において、第1の分子における電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、第2の分子における電子不足型複素芳香族骨格とが、励起錯体を形成すると好ましい。

## 【0222】

ホスト材料141が、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格と、を有することで、2つの分子間でドナー - アクセプター型の励起錯体を形成しやすくなり、効率

50

よく励起錯体を形成することができる。あるいは、ホスト材料 1 4 1 が、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、電子不足型複素芳香族骨格と、を有することで、2つの分子間でドナー - アクセプター型の励起錯体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。

#### 【0223】

そのため、ホスト材料 1 4 1 の分子内でドナー性とアクセプター性とが共に強くなるよう、電子輸送性を有する骨格と、正孔輸送性を有する骨格と、の共役が低くなる構造を有することが好ましい。あるいは、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、電子不足型複素芳香族骨格と、の共役が低くなる構造を有することが好ましい。そうすることで、ホスト材料 1 4 1 の一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差を小さくすることが可能となる。また、ホスト材料 1 4 1 の三重項励起エネルギー準位を高いエネルギーにすることが可能となる。

10

#### 【0224】

また、同一の分子構造を有する2つの分子で形成される励起錯体は、一方の分子に HOMO の分子軌道を有し、他方の分子に LUMO の分子軌道を有するため、HOMO の分子軌道と LUMO の分子軌道との重なりが極めて小さい。すなわち、該励起錯体は、ドナー性とアクセプター性が共に強く、一重項励起エネルギー準位と三重項励起エネルギー準位との差が小さくなる。したがって、ホスト材料 1 4 1 の2つの分子間で形成される励起錯体は、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位との差が小さく、好ましくは 0 eV より大きく 0.2 eV 以下である。

20

#### 【0225】

また、ホスト材料 1 4 1 が、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格と、を有する場合、キャリアバランスを容易に制御することが可能となる。そのため、キャリア再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

#### 【0226】

ここで、発光層 1 4 0 におけるホスト材料 1 4 1 と、ゲスト材料 1 4 2 とのエネルギー準位の相関を図 1 1 (C) に示す。なお、図 1 1 (C) における表記及び符号は、以下の通りである。

- ・ Host (1 4 1) : ホスト材料 1 4 1
- ・ Guest (1 4 2) : ゲスト材料 1 4 2 ( 燐光性化合物 )
- ・ S<sub>PH</sub> : ホスト材料 1 4 1 の S 1 準位
- ・ T<sub>PH</sub> : ホスト材料 1 4 1 の T 1 準位
- ・ T<sub>PG</sub> : ゲスト材料 1 4 2 ( 燐光性化合物 ) の T 1 準位
- ・ S<sub>PE</sub> : 励起錯体の S 1 準位
- ・ T<sub>PE</sub> : 励起錯体の T 1 準位

30

#### 【0227】

本発明の一態様の発光素子において、発光層 1 4 0 が有するホスト材料 1 4 1 は、同一の分子構造を有する2つの分子で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エネルギー準位 (S<sub>PE</sub>) と励起錯体の三重項励起状態の最も低いエネルギー準位 (T<sub>PE</sub>) とは互いに隣接することになる (図 1 1 (C) ルート E<sub>7</sub> 参照)。

40

#### 【0228】

ホスト材料 1 4 1 における近接した2つの分子は、一方が正孔を、他方が電子を受け取ることによって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、速やかに他方と相互作用することで励起錯体を形成する。したがって、発光層 1 4 0 における励起子のほとんどが励起錯体として存在する。励起錯体の励起エネルギー準位 (S<sub>PE</sub> および T<sub>PE</sub>) は、励起錯体を形成するホスト材料 1 4 1 単分子の一重項励起エネルギー準位 (S<sub>PH</sub>) より低くなるため、より低い励起エネルギーでホスト材料 1 4 1 の励起状態を形成することが可能となる。これによって、発光素子 1 5 2 の駆動電圧を低減することができる。

#### 【0229】

50

そして、励起錯体の ( $S_{PE}$ ) と ( $T_{PE}$ ) の双方のエネルギーを、ゲスト材料 142 ( 燐光性化合物 ) の三重項励起状態の最も低いエネルギー準位へ移動させて発光が得られる ( 図 11 ( C ) ルート  $E_8$ 、 $E_9$  参照 )。

#### 【 0 2 3 0 】

なお、励起錯体の三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PE}$ ) は、ゲスト材料 142 の三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PG}$ ) より高いことが好ましい。そうすることで、生成した励起錯体の一重項励起エネルギーおよび三重項励起エネルギーを、励起錯体の一重項励起エネルギー準位 ( $S_{PE}$ ) および三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PE}$ ) からゲスト材料 142 の三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PG}$ ) へエネルギー移動することができる。

#### 【 0 2 3 1 】

発光層 140 を上述の構成とすることで、発光層 140 のゲスト材料 142 ( 燐光性化合物 ) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

#### 【 0 2 3 2 】

なお、励起錯体をエキサイプレックスともいう場合があるため、上記に示すルート  $E_7$ 、ルート  $E_8$ 、及びルート  $E_9$  の過程を、本明細書等において  $ExTET$  (  $Exciplex-Triplet Energy Transfer$  ) と呼称する場合がある。別言すると、発光層 140 は、励起錯体からゲスト材料 142 への励起エネルギーの供与がある。またこの場合、必ずしも  $T_{PE}$  から  $S_{PE}$  への逆項間交差効率が高い必要はなく、 $S_{PE}$  のエネルギーを有する一重項励起状態からの発光量子収率が高い必要もないため、材料を幅広く選択することが可能となる。

#### 【 0 2 3 3 】

なお、励起錯体からゲスト材料 142 へ効率よく励起エネルギーを移動させるためには、2つの分子で形成される励起錯体の三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PE}$ ) が、該励起錯体を形成するホスト材料 141 単一分子の三重項励起エネルギー準位 ( $T_{PH}$ ) よりも低いことが好ましい。これにより、ホスト材料 141 における他の分子による励起錯体の三重項励起エネルギーのクエンチが生じにくくなり、効率よくゲスト材料 142 へエネルギー移動が発生する。

#### 【 0 2 3 4 】

また、ホスト材料 141 と、ゲスト材料 142 との分子間のエネルギー移動過程の機構としては、実施の形態 1 と同様にフェルスター機構 ( 双極子 - 双極子相互作用 ) と、デクスター機構 ( 電子交換相互作用 ) の 2 つの機構によって説明することができる。フェルスター機構およびデクスター機構については、実施の形態 1 を参酌すればよい。

#### 【 0 2 3 5 】

エネルギー移動を高めるための概念

フェルスター機構によるエネルギー移動においては、エネルギー移動効率  $E_T$  は、発光量子収率 ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じている場合は蛍光量子収率 ) が高い方がよい。また、ホスト材料 141 の発光スペクトル ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル ) とゲスト材料 142 の吸収スペクトル ( 一重項基底状態から三重項励起状態への遷移に相当する吸収 ) との重なりが大きいことが好ましい。さらに、ゲスト材料 142 のモル吸光係数も高い方が好ましい。このことは、ホスト材料 141 の発光スペクトルと、ゲスト材料 142 の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることを意味する。

#### 【 0 2 3 6 】

また、デクスター機構によるエネルギー移動において、速度定数  $k_{h \rightarrow g}$  を大きくするにはホスト材料 141 の発光スペクトル ( 一重項励起状態からのエネルギー移動を論じる場合は蛍光スペクトル ) とゲスト材料 142 の吸収スペクトル ( 一重項基底状態から三重項励起状態への遷移に相当する吸収 ) との重なりが大きい方がよい。したがって、エネルギー移動効率の最適化は、ホスト材料 141 の発光スペクトルと、ゲスト材料 142 の最も長波長側に現れる吸収帯とが重なることによって実現される。

#### 【 0 2 3 7 】

なお、ホスト材料 1 4 1 からゲスト材料 1 4 2 へのエネルギー移動と同様に、励起錯体からゲスト材料 1 4 2 へのエネルギー移動過程についても、フェルスター機構、及びデクスター機構の双方の機構によるエネルギー移動が生じる。

#### 【0238】

そこで、本発明の一態様は、ゲスト材料 1 4 2 に効率的にエネルギー移動が可能なエネルギードナーとしての機能を有する励起錯体を、2つの分子間で形成する機能を有するホスト材料 1 4 1 を有する発光素子を提供する。ホスト材料 1 4 1 における2つの分子間で形成される励起錯体は、一重項励起エネルギー準位と、三重項励起エネルギー準位とが隣接しているという特徴を有する。そのため、発光層 1 4 0 において生成する励起錯体は、ホスト材料 1 4 1 単体より低い励起エネルギーで形成が可能となる。したがって、発光素子 1 5 2 において駆動電圧を低減することができる。さらに、励起錯体の一重項励起状態からエネルギーアクセプターとなるゲスト材料 1 4 2 の三重項励起状態へのエネルギー移動を生じやすくするためには、励起錯体の発光スペクトルと、ゲスト材料 1 4 2 の最も長波長側（低エネルギー側）に現れる吸収帯と、が重なりと好ましい。そうすることで、ゲスト材料 1 4 2 の三重項励起状態の生成効率を高めることができる。

10

#### 【0239】

< 発光層に用いることができる材料の例 >

次に、発光層 1 4 0 に用いることのできる材料について、以下説明する。

#### 【0240】

発光層 1 4 0 中では、ホスト材料 1 4 1 が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料 1 4 2（燐光性化合物）は、ホスト材料 1 4 1 中に分散される。発光層 1 4 0 のホスト材料 1 4 1 の T 1 準位は、発光層 1 4 0 のゲスト材料 1 4 2（燐光性化合物）の T 1 準位よりも高いことが好ましい。

20

#### 【0241】

発光層 1 4 0 において、ホスト材料 1 4 1 としては、ホスト材料 1 4 1 における2つの分子間において、励起錯体を形成する機能を有する材料であれば、特に限定はないが、電子過剰型複素芳香族骨格または芳香族アミン骨格の少なくとも一つと、電子不足型複素芳香族骨格とを有すると好ましい。ホスト材料 1 4 1 としては、実施の形態 1 で例示した材料を用いることができる。

#### 【0242】

本発明の一態様において、ホスト材料 1 4 1 は、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、m - フェニレン基または o - フェニレン基の少なくとも一つを有する構造を介して結合することが好ましい。中でも特に、当該 m - フェニレン基または o - フェニレン基の少なくとも一つを有する構造は m - フェニレン基または o - フェニレン基の少なくとも一つと、アリーレン基と、が結合する構造であると好ましい。このような構造とすることにより、分子内での HOMO 軌道と LUMO 軌道が物理的に（距離的に）隔離される。その結果、分子内での電荷移動型励起状態（分子内での HOMO - LUMO 遷移に基づく）の形成よりも、上述した励起錯体（例えば第 1 の分子の HOMO と第 2 の分子の LUMO との間の電子遷移に基づく）の形成の方がより支配的になるため、本発明の一態様に好適となる。また、同様の理由から、ホスト材料 1 4 1 において、正孔輸送性を有する骨格と、電子輸送性を有する骨格とが、ビフェニルジイル基を介して結合することも特に好ましい。

30

40

#### 【0243】

この時、実施の形態 1 で例示した通り、m - フェニレン基を含む基を用いることにより、分子単体の S 1 準位と T 1 準位とのエネルギー差が小さくなり、結果として分子単体の T 1 準位が高くなる。分子単体の T 1 準位が高くなることによって、励起錯体の T 1 準位の方が分子単体よりも安定となるため、三重項励起子の拡散を防ぐことができ、E x T E T 機構により発光素子の発光効率や寿命を高めることができる。

#### 【0244】

ゲスト材料 1 4 2（燐光性化合物）としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の

50

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4 H - トリアゾール配位子、1 H - 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。

#### 【0245】

青色または緑色に発光ピークを有する物質としては、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) - 4 H - 1, 2, 4 - トリアゾール - 3 - イル - N<sub>2</sub>]フェニル - C}イリジウム(III)(略称: Ir(mpp tz - dmp)<sub>3</sub>)、トリス(5 - メチル - 3, 4 - ジフェニル - 4 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム(III)(略称: Ir(Mptz)<sub>3</sub>)、トリス[4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)(略称: Ir(iPrptz - 3b)<sub>3</sub>)、トリス[3 - (5 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 4 - フェニル - 4 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)(略称: Ir(iPr5btz)<sub>3</sub>)のような4 H - 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 - 1 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)(略称: Ir(Mptz1 - mp)<sub>3</sub>)、トリス(1 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム(III)(略称: Ir(Prptz1 - Me)<sub>3</sub>)のような1 H - 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 - 1 H - イミダゾール]イリジウム(III)(略称: Ir(iPrpmi)<sub>3</sub>)、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)<sub>3</sub>)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<sup>2'</sup>]イリジウム(III)テトラキス(1 - ピラゾリル)ボラート(略称: FIr6)、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)ピコリナート(略称: FIrp ic)、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<sup>2'</sup>}イリジウム(III)ピコリナート(略称: Ir(CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic))、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: FIr(acac))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。上述した中でも、4 H - トリアゾール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優れるため、特に好ましい。

#### 【0246】

また、緑色または黄色に発光ピークを有する物質としては、例えば、トリス(4 - メチル - 6 - フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(mppm)<sub>3</sub>)、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)<sub>3</sub>)、(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)<sub>2</sub>(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(6 - tert - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac))、(アセチルアセトナト)ビス[4 - (2 - ノルボルニル) - 6 - フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: Ir(nbpm)<sub>2</sub>(acac))、(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(mppmpm)<sub>2</sub>(acac))、(アセチルアセトナト)ビス{4, 6 - ジメチル - 2 - [6 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 4 - ピリミジニル - N<sub>3</sub>]フェニル - C}イリジウム(III)(略称: Ir(dmpm - dmp)<sub>2</sub>(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(4, 6 - ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(

略称： $\text{Ir}(\text{dppm})_2(\text{acac})$ 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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{mppr}-\text{Me})_2(\text{acac})$ )、(アセチルアセトナト)ビス(5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト)イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{mppr}-\text{iPr})_2(\text{acac})$ )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(2 - フェニルピリジナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ )、ビス(2 - フェニルピリジナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{ppy})_2(\text{acac})$ )、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{bzq})_2(\text{acac})$ )、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{bzq})_3$ )、トリス(2 - フェニルキノリナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{pq})_3$ )、ビス(2 - フェニルキノリナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{pq})_2(\text{acac})$ )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や、ビス(2, 4 - ジフェニル - 1, 3 - オキサゾラト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{dpo})_2(\text{acac})$ )、ビス{2 - [4' - (パーフルオロフェニル)フェニル]ピリジナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ }イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{p-PF-ph})_2(\text{acac})$ )、ビス(2 - フェニルベンゾチアゾラト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{bt})_2(\text{acac})$ )など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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Tb}(\text{acac})_3(\text{Phen})$ )のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリ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。

#### 【0247】

また、黄色または赤色に発光ピークを有する物質としては、例えば、(ジイソブチリルメタナト)ビス[4, 6 - ビス(3 - メチルフェニル)ピリミジナト]イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dibm})$ )、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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{5mdppm})_2(\text{dpm})$ )、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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{d1nppm})_2(\text{dpm})$ )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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{acac})$ )、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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{tppr})_2(\text{dpm})$ )、(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( $\text{III}$ ) (略称： $[\text{Ir}(\text{Fd pq})_2(\text{acac})]$ )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 -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Ir}(\text{piq})_3$ )、ビス(1 - フェニルイソキノリナト -  $\text{N}, \text{C}^{2'}$ )イリジウム( $\text{III}$ )アセチルアセトナート (略称： $\text{Ir}(\text{piq})_2(\text{acac})$ )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、2, 3, 7, 8, 12, 13, 17, 18 - オクタエチル - 21H, 23H - ポルフィリン白金( $\text{II}$ ) (略称： $\text{PtOEP}$ )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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Eu}(\text{DBM})_3(\text{Phen})$ )、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( $\text{III}$ ) (略称： $\text{Eu}(\text{T TA})_3(\text{Phen})$ )のような希土類金属錯体が挙げられる。上述した中でも、ピリ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。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。

#### 【0248】

10

20

30

40

50

発光層 140 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、燐光性化合物の他に、熱活性化遅延蛍光 (Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 材料が挙げられる。したがって、燐光性化合物と記載した部分に関しては、熱活性化遅延蛍光材料と読み替えても構わない。なお、熱活性化遅延蛍光材料とは、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位との差が小さく、逆項間交差によって三重項励起状態から一重項励起状態へエネルギーを変換する機能を有する材料である。そのため、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) を効率よく呈することができる。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起エネルギー準位と一重項励起エネルギー準位のエネルギー差が好ましくは 0 eV より大きく 0.2 eV 以下、さらに好ましくは 0 eV より大きく 0.1 eV 以下であることが挙げられる。

10

#### 【0249】

熱活性化遅延蛍光材料が、一種類の材料から構成される場合、具体的には、実施の形態 1 で示した熱活性化遅延蛍光材料を用いることができる。

#### 【0250】

なお、発光層 140 は 2 層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第 1 の発光層と第 2 の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層 140 とする場合、第 1 の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第 2 の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

20

#### 【0251】

また、発光層 140 において、ホスト材料 141 およびゲスト材料 142 以外の材料を有していても良い。具体的には、実施の形態 1 で例示した材料を用いることができる。

#### 【0252】

なお、発光層 140 は、蒸着法 (真空蒸着法を含む)、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。また、上述した材料の他、量子ドットなどの無機化合物または高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer、ポリマー等) を用いてもよい。

#### 【0253】

30

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

#### 【0254】

##### (実施の形態 3)

本実施の形態においては、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に示す構成と異なる構成の発光素子、及び当該発光素子の発光機構について、図 12 及び図 13 を用いて、以下説明を行う。なお、図 12 及び図 13 において、図 1 (A) に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

#### 【0255】

40

##### < 発光素子の構成例 1 >

図 12 (A) は、発光素子 250 の断面模式図である。

#### 【0256】

図 12 (A) に示す発光素子 250 は、一对の電極 (電極 101 及び電極 102) の間に、複数の発光ユニット (図 12 (A) においては、発光ユニット 106 及び発光ユニット 108) を有する。複数の発光ユニットのうちいずれか一つの発光ユニットは、図 1 (A) で示す EL 層 100 と同様な構成を有すると好ましい。つまり、図 1 (A) で示した発光素子 150 は、1 つの発光ユニットを有し、発光素子 250 は、複数の発光ユニットを有すると好ましい。なお、発光素子 250 において、電極 101 が陽極として機能し、電極 102 が陰極として機能するとして、以下説明するが、発光素子 250 の構成として

50

は、逆であっても構わない。

【0257】

また、図12(A)に示す発光素子250において、発光ユニット106と発光ユニット108とが積層されており、発光ユニット106と発光ユニット108との間には電荷発生層115が設けられる。なお、発光ユニット106と発光ユニット108は、同じ構成でも異なる構成でもよい。例えば、発光ユニット108に、図1(A)で示すEL層100と同様な構成を用いると好ましい。

【0258】

また、発光素子250は、発光層120と、発光層130と、を有する。また、発光ユニット106は、発光層120の他に、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層113、及び電子注入層114を有する。また、発光ユニット108は、発光層130の他に、正孔注入層116、正孔輸送層117、電子輸送層118、及び電子注入層119を有する。

【0259】

電荷発生層115は、正孔輸送性材料に電子受容体であるアクセプター性物質が添加された構成であっても、電子輸送性材料に電子供与体であるドナー性物質が添加された構成であってもよい。また、これらの両方の構成が積層されていても良い。

【0260】

電荷発生層115に、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料が含まれる場合、該複合材料には実施の形態1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、デンドリマー、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。有機化合物とアクセプター性物質の複合材料は、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108のように、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層115に接している場合は、電荷発生層115が該発光ユニットの正孔注入層または正孔輸送層の役割も担うことができるため、該発光ユニットには正孔注入層または正孔輸送層を設けなくとも良い。

【0261】

なお、電荷発生層115は、有機化合物とアクセプター性物質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、有機化合物とアクセプター性物質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、有機化合物とアクセプター性物質の複合材料を含む層と、透明性を有する導電膜を含む層とを組み合わせ形成してもよい。

【0262】

なお、発光ユニット106と発光ユニット108とに挟まれる電荷発生層115は、電極101と電極102と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良い。例えば、図12(A)において、電極101の電位の方が電極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115は、発光ユニット106に電子を注入し、発光ユニット108に正孔を注入する。

【0263】

なお、電荷発生層115は、光取出し効率の点から、可視光に対して透光性(具体的には、電荷発生層115に対する可視光の透過率が40%以上)を有することが好ましい。また、電荷発生層115は、一対の電極(電極101及び電極102)よりも低い導電率であっても機能する。

【0264】

上述した材料を用いて電荷発生層 115 を形成することにより、発光層が積層された場合における駆動電圧の上昇を抑制することができる。

【0265】

また、図 12 (A) 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 250 に示すように、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、さらに長寿命な発光素子を実現できる。また、消費電力が低い発光素子を実現することができる。

【0266】

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、図 1 (A) で示す EL 層 100 と同様の構成を適用することによって、発光効率の高い、発光素子を提供することができる。

【0267】

また、発光ユニット 108 が有する発光層 130 は、実施の形態 1 で示した構成を有すると好ましい。そうすることで、発光素子 250 は、発光材料として蛍光性化合物を有し、且つ発光効率の高い発光素子となり好適である。

【0268】

また、発光ユニット 106 が有する発光層 120 は、図 12 (B) に示すように、ホスト材料 121 と、ゲスト材料 122 とを有する。なお、ゲスト材料 122 は蛍光性化合物として、以下説明する。

【0269】

発光層 120 の発光機構

発光層 120 の発光機構について、以下説明を行う。

【0270】

一对の電極（電極 101 及び電極 102）あるいは電荷発生層から注入された電子および正孔が発光層 120 において再結合することにより、励起子が生成する。ゲスト材料 122 と比較してホスト材料 121 は大量に存在するので、励起子の生成により、ホスト材料 121 の励起状態が形成される。

【0271】

なお、励起子はキャリア（電子および正孔）対のことである。励起子はエネルギーを有するため、励起子が生成した材料は励起状態となる。

【0272】

形成されたホスト材料 121 の励起状態が一重項励起状態である場合、ホスト材料 121 の S1 準位からゲスト材料 122 の S1 準位へ一重項励起エネルギーがエネルギー移動し、ゲスト材料 122 の一重項励起状態が形成される。

【0273】

ゲスト材料 122 は蛍光性化合物であるため、ゲスト材料 122 において一重項励起状態が形成されると、ゲスト材料 122 は速やかに発光する。このとき、高い発光効率を得るためには、ゲスト材料 122 の蛍光量子収率は高いことが好ましい。なお、ゲスト材料 122 において、キャリアが再結合し、生成した励起状態が一重項励起状態である場合も同様である。

【0274】

次に、キャリアの再結合によってホスト材料 121 の三重項励起状態が形成される場合について説明する。この場合のホスト材料 121 およびゲスト材料 122 のエネルギー準位の相関を図 12 (C) に示す。また、図 12 (C) における表記および符号は、以下の通りである。なお、ホスト材料 121 の T1 準位がゲスト材料 122 の T1 準位より低いことが好ましいため、図 12 (C) では、この場合を図示するが、ホスト材料 121 の T1 準位がゲスト材料 122 の T1 準位よりも高くてもよい。

【0275】

10

20

30

40

50

- ・ Host (121) : ホスト材料 121
- ・ Guest (122) : ゲスト材料 122 (蛍光性化合物)
- ・  $S_{FH}$  : ホスト材料 121 の S1 準位
- ・  $T_{FH}$  : ホスト材料 121 の T1 準位
- ・  $S_{FG}$  : ゲスト材料 122 (蛍光性化合物) の S1 準位
- ・  $T_{FG}$  : ゲスト材料 122 (蛍光性化合物) の T1 準位

## 【0276】

図12(C)に示すように、キャリアの再結合によって生成した三重項励起子同士が近接し、励起エネルギーの受け渡し、及びスピン角運動量の交換を行うことで、結果として一方がホスト材料121のS1準位( $S_{FH}$ )のエネルギーを有する一重項励起子に変換される反応、すなわち三重項-三重項消滅(TTA: triplet-triplet annihilation)が生じる(図12(C) TTA参照)。ホスト材料121の一重項励起エネルギーは、 $S_{FH}$ から、それよりもエネルギーの低いゲスト材料122のS1準位( $S_{FG}$ )へエネルギー移動が生じ(図12(C) ルートE<sub>1</sub>参照)、ゲスト材料122の一重項励起状態が形成され、ゲスト材料122が発光する。

10

## 【0277】

なお、発光層120における三重項励起子の密度が十分に高い場合(例えば、 $1 \times 10^{-12} \text{ cm}^{-3}$ 以上)では、三重項励起子単体の失活を無視し、2つの近接した三重項励起子による反応のみを考えることができる。

## 【0278】

20

また、ゲスト材料122においてキャリアが再結合し三重項励起状態が形成されるとき、ゲスト材料122の三重項励起状態は熱失活するため、発光に利用することが困難となる。しかしながら、ホスト材料121のT1準位( $T_{FH}$ )がゲスト材料122のT1準位( $T_{FG}$ )より低い場合、ゲスト材料122の三重項励起エネルギーは、ゲスト材料122のT1準位( $T_{FG}$ )からホスト材料121のT1準位( $T_{FH}$ )へエネルギー移動する(図12(C) ルートE<sub>2</sub>参照)ことが可能であり、その後TTAに利用される。

## 【0279】

すなわち、ホスト材料121は、三重項励起エネルギーをTTAによって一重項励起エネルギーに変換する機能を有すると好ましい。そうすることで、発光層120で生成した三重項励起エネルギーの一部を、ホスト材料121におけるTTAによって一重項励起エネルギーに変換し、該一重項励起エネルギーをゲスト材料122に移動することで、蛍光発光として取り出すことが可能となる。そのためには、ホスト材料121のS1準位( $S_{FH}$ )は、ゲスト材料122のS1準位( $S_{FG}$ )より高いことが好ましい。また、ホスト材料121のT1準位( $T_{FH}$ )は、ゲスト材料122のT1準位( $T_{FG}$ )より低いことが好ましい。

30

## 【0280】

なお、特にゲスト材料122のT1準位( $T_{FG}$ )がホスト材料121のT1準位( $T_{FH}$ )よりも低い場合においては、ホスト材料121とゲスト材料122との重量比は、ゲスト材料122の重量比が低い方が好ましい。具体的には、ホスト材料121に対するゲスト材料122の重量比としては、0より大きく0.05以下が好ましい。そうすることで、ゲスト材料122でキャリアが再結合する確率を低減させることができる。また、ホスト材料121のT1準位( $T_{FH}$ )からゲスト材料122のT1準位( $T_{FG}$ )へのエネルギー移動が生じる確率を低減させることができる。

40

## 【0281】

なお、ホスト材料121は単一の化合物で構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良い。

## 【0282】

なお、上記各構成において、発光ユニット106および発光ユニット108に用いるゲスト材料(蛍光性化合物)としては、同じであっても異なってもよい。発光ユニット106と発光ユニット108とで同じゲスト材料を有する場合、発光素子250は少ない

50

電流値で高い発光輝度を呈する発光素子となり好ましい。また、発光ユニット106と発光ユニット108とで異なるゲスト材料を有する場合、発光素子250は多色発光を呈する発光素子となり好ましい。特に、演色性の高い白色発光、あるいは少なくとも赤色と緑色と青色とを有する発光、になるようゲスト材料を選択することが好適である。

#### 【0283】

発光ユニット106と発光ユニット108とで異なるゲスト材料を有する場合、発光層120からの発光が、発光層130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。高い三重項励起状態を有する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、短波長の発光を呈する発光層にTTAを用いることによって、輝度劣化の小さい発光素子を提供することができる。

10

#### 【0284】

< 発光素子の構成例2 >

図13(A)は、発光素子252の断面模式図である。

#### 【0285】

図13(A)に示す発光素子252は、先に示した発光素子250と同様に、一对の電極(電極101及び電極102)の間に、複数の発光ユニット(図13(A)においては、発光ユニット106及び発光ユニット110)を有する。1つの発光ユニットは、図11(A)で示すEL層100と同様な構成を有すると好ましい。なお、発光ユニット106と発光ユニット110は、同じ構成でも異なる構成でもよい。

#### 【0286】

また、図13(A)に示す発光素子252において、発光ユニット106と発光ユニット110とが積層されており、発光ユニット106と発光ユニット110との間には電荷発生層115が設けられる。例えば、発光ユニット110に、図11(A)で示すEL層100と同様な構成を用いると好ましい。

20

#### 【0287】

また、発光素子252は、発光層120と、発光層140と、を有する。また、発光ユニット106は、発光層120の他に、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層113、及び電子注入層114を有する。また、発光ユニット110は、発光層140の他に、正孔注入層116、正孔輸送層117、電子輸送層118、及び電子注入層119を有する。

30

#### 【0288】

また、発光ユニット110の発光層が燐光性化合物を有すると好適である。すなわち、発光ユニット106が有する発光層120は、本実施の形態の構成例1で示した構成を有し、発光ユニット110が有する発光層140は、実施の形態2で示した構成を有すると好適である。

#### 【0289】

なお、発光層120からの発光が、発光層140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性化合物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。

40

#### 【0290】

また、発光層120と発光層140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。この場合、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。

#### 【0291】

また、上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層120と発光層140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。

#### 【0292】

また、発光層120及び発光層140のいずれか一方または双方に発光波長の異なる複

50

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、発光層120及び発光層140のいずれか一方または双方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。

#### 【0293】

<発光素子の構成例3>

図13(B)は、発光素子254の断面模式図である。

#### 【0294】

図13(B)に示す発光素子254は、先に示した発光素子250と同様に、一对の電極(電極101及び電極102)の間に、複数の発光ユニット(図13(B)においては、発光ユニット109及び発光ユニット110)を有する。複数の発光ユニットのうち少なくとも一方の発光ユニットは、図1(A)で示すEL層100と同様な構成を有し、他方の発光ユニットは、図11(A)で示すEL層100と同様な構成を有すると好ましい。

10

#### 【0295】

また、図13(B)に示す発光素子254において、発光ユニット109と発光ユニット110とが積層されており、発光ユニット109と発光ユニット110との間には電荷発生層115が設けられる。例えば、発光ユニット109に、図1(A)で示すEL層100と同様な構成を用い、発光ユニット110に、図11(A)で示すEL層100と同様な構成を用いると好ましい。

20

#### 【0296】

また、発光素子254は、発光層130と、発光層140と、を有する。また、発光ユニット109は、発光層130の他に、正孔注入層111、正孔輸送層112、電子輸送層113、及び電子注入層114を有する。また、発光ユニット110は、発光層140の他に、正孔注入層116、正孔輸送層117、電子輸送層118、及び電子注入層119を有する。

#### 【0297】

すなわち、発光ユニット109が有する発光層130は、実施の形態1で示した構成を有し、発光ユニット110が有する発光層140は、実施の形態2で示した構成を有すると好適である。

30

#### 【0298】

なお、発光層130からの発光が、発光層140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性化合物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。

#### 【0299】

また、発光層130と発光層140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。この場合、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。

40

#### 【0300】

また、上記の構成は白色発光を得るためにも好適である。発光層130と発光層140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。

#### 【0301】

また、発光層130及び発光層140のいずれか一方または双方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、発光層130及び発光層140のいずれか一方または双方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。

#### 【0302】

50

< 発光層に用いることができる材料の例 >

次に、発光層 120、発光層 130 及び発光層 140 に用いることのできる材料について、以下説明する。

【0303】

発光層 120 に用いることのできる材料

発光層 120 中では、ホスト材料 121 が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料 122 (蛍光性化合物) は、ホスト材料 121 中に分散される。ホスト材料 121 の S1 準位は、ゲスト材料 122 (蛍光性化合物) の S1 準位よりも高く、ホスト材料 121 の T1 準位は、ゲスト材料 122 (蛍光性化合物) の T1 準位よりも低いことが好ましい。

【0304】

発光層 120 において、ゲスト材料 122 としては、特に限定はないが、例えば実施の形態 1 で示したゲスト材料 132 として例示した材料を用いることができる。

【0305】

また、発光層 120 において、ホスト材料 121 に用いることが可能な材料としては、特に限定はないが、例えば、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Almq<sub>3</sub>)、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: BeBq<sub>2</sub>)、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: BAAlq)、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、2-(4-ビフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-ビフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、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)などの複素環化合物、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPBまたは-NPD)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ビフェニル]-4,4'-ジアミン(略称: TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: BSPB)などの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[g,p]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、N,N'-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: CzA1PA)、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: DPhPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPBA)、N,9-ジフェニル-N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N',N'',N'',N''',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: DBC1)、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CzPA

10

20

30

40

50

）、３，６－ジフェニル－９－〔４－（１０－フェニル－９－アントリル）フェニル〕－９Ｈ－カルバゾール（略称：ＤＰＣｚＰＡ）、９，１０－ビス（３，５－ジフェニルフェニル）アントラセン（略称：ＤＰＰＡ）、９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ＤＮＡ）、２－ｔｅｒｔ－ブチル－９，１０－ジ（２－ナフチル）アントラセン（略称：ｔ－ＢｕＤＮＡ）、９，９’－ピアントリル（略称：ＢＡＮＴ）、９，９’－（スチルベン－３，３’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ）、９，９’－（スチルベン－４，４’－ジイル）ジフェナントレン（略称：ＤＰＮＳ２）、１，３，５－トリ（１－ピレニル）ベンゼン（略称：ＴＰＢ３）などを挙げることができる。また、これら及び公知の物質の中から、上記ゲスト材料１２２のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いればよい。

10

#### 【０３０６】

なお、発光層１２０は２層以上の複数層でもって構成することもできる。例えば、第１の発光層と第２の発光層を正孔輸送層側から順に積層して発光層１２０とする場合、第１の発光層のホスト材料として正孔輸送性を有する物質を用い、第２の発光層のホスト材料として電子輸送性を有する物質を用いる構成などがある。

#### 【０３０７】

また、発光層１２０において、ホスト材料１２１は、一種の化合物から構成されていても良く、複数の化合物から構成されていても良い。あるいは、発光層１２０において、ホスト材料１２１およびゲスト材料１２２以外の材料を有していても良い。

#### 【０３０８】

20

発光層１３０に用いることのできる材料

発光層１３０に用いることのできる材料としては、先の実施の形態１に示す発光層１３０に用いることのできる材料を援用すればよい。そうすることで、一重項励起状態の生成効率が高く、発光効率の高い発光素子を作製することができる。

#### 【０３０９】

発光層１４０に用いることのできる材料

発光層１４０に用いることのできる材料としては、先の実施の形態２に示す発光層１４０に用いることのできる材料を援用すればよい。そうすることで、駆動電圧の低い発光素子を作製することができる。

#### 【０３１０】

30

また、発光層１２０、発光層１３０、及び発光層１４０に含まれる発光材料の発光色に限定は無く、それぞれ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、発光層１２０に含まれる発光材料の発光ピーク波長は発光層１３０および発光層１４０に含まれる発光材料のそれよりも短いことが好ましい。

#### 【０３１１】

なお、発光ユニット１０６、発光ユニット１０８、発光ユニット１０９、発光ユニット１１０、及び電荷発生層１１５は、蒸着法（真空蒸着法を含む）、インクジェット法、塗布法、グラビア印刷等の方法で形成することができる。

40

#### 【０３１２】

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

#### 【０３１３】

（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に示す構成と異なる構成の発光素子の例について、図１４乃至図１７を用いて以下に説明する。

#### 【０３１４】

<発光素子の構成例１>

図１４（Ａ）（Ｂ）は、本発明の一態様の発光素子を示す断面図である。なお、図１４

50

(A)(B)において、図1(A)に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

【0315】

図14(A)(B)に示す発光素子260a及び発光素子260bは、基板200側に光を取り出す下面射出(ボトムエミッション)型の発光素子であってもよく、基板200と反対方向に光を取り出す上面射出(トップエミッション)型の発光素子であってもよい。なお、本発明の一態様はこれに限定されず、発光素子が呈する光を基板200の上方および下方の双方に取り出す両面射出(デュアルエミッション)型の発光素子であってもよい。

10

【0316】

発光素子260a及び発光素子260bが、ボトムエミッション型である場合、電極101は、光を透過する機能を有することが好ましい。また、電極102は、光を反射する機能を有することが好ましい。あるいは、発光素子260a及び発光素子260bが、トップエミッション型である場合、電極101は、光を反射する機能を有することが好ましい。また、電極102は、光を透過する機能を有することが好ましい。

【0317】

発光素子260a及び発光素子260bは、基板200上に電極101と、電極102とを有する。また、電極101と電極102との間に、発光層123Bと、発光層123Gと、発光層123Rと、を有する。また、正孔注入層111と、正孔輸送層112と、電子輸送層118と、電子注入層119と、を有する。

20

【0318】

また、発光素子260bは、電極101の構成の一部として、導電層101aと、導電層101a上の導電層101bと、導電層101a下の導電層101cとを有する。すなわち、発光素子260bは、導電層101aが、導電層101bと、導電層101cとで挟持された電極101の構成を有する。

【0319】

発光素子260bにおいて、導電層101bと、導電層101cとは、異なる材料で形成されてもよく、同じ材料で形成されてもよい。電極101が、導電層101aが同じ導電性材料で挟持される構成を有する場合、エッチング工程によるパターン形成が容易になるため好ましい。

30

【0320】

なお、発光素子260bにおいて、導電層101bまたは導電層101cにおいて、いずれか一方のみを有する構成としてもよい。

【0321】

なお、電極101が有する導電層101a、101b、及び101cは、それぞれ実施の形態1で示した電極101または電極102と同様の構成および材料を用いることができる。

【0322】

図14(A)(B)においては、電極101と電極102とで挟持された領域221B、領域221G、及び領域221R、の間に隔壁145を有する。隔壁145は、絶縁性を有する。隔壁145は、電極101の端部を覆い、該電極と重畳する開口部を有する。隔壁145を設けることによって、各領域の基板200上の電極101を、それぞれ島状に分離することが可能となる。

40

【0323】

なお、発光層123Bと、発光層123Gとは、隔壁145と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。あるいは、発光層123Gと、発光層123Rとは、隔壁145と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。あるいは、発光層123Rと、発光層123Bとは、隔壁145と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していてもよい。

50

## 【0324】

隔壁145としては、絶縁性であればよく、無機材料または有機材料を用いて形成される。該無機材料としては、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム等が挙げられる。該有機材料としては、例えば、アクリル樹脂、またはポリイミド樹脂等の感光性の樹脂材料が挙げられる。

## 【0325】

なお、酸化窒化シリコン膜とは、その組成として、窒素よりも酸素の含有量が多い膜を指し、好ましくは酸素が55原子%以上65原子%以下、窒素が1原子%以上20原子%以下、シリコンが25原子%以上35原子%以下、水素が0.1原子%以上10原子%以下の範囲で含まれるものをいう。窒化酸化シリコン膜とは、その組成として、酸素よりも窒素の含有量が多い膜を指し、好ましくは窒素が55原子%以上65原子%以下、酸素が1原子%以上20原子%以下、シリコンが25原子%以上35原子%以下、水素が0.1原子%以上10原子%以下の濃度範囲で含まれるものをいう。

10

## 【0326】

また、発光層123R、発光層123G、発光層123Bは、それぞれ異なる色を呈する機能を有する発光材料を有することが好ましい。例えば、発光層123Rが赤色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域221Rは赤色の発光を呈し、発光層123Gが緑色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域221Gは緑色の発光を呈し、発光層123Bが青色を呈する機能を有する発光材料を有することで、領域221Bは青色の発光を呈する。このような構成を有する発光素子260aまたは発光素子260bを、表示装置の画素に用いることで、フルカラー表示が可能な表示装置を作製することができる。また、それぞれの発光層の膜厚は、同じであっても良いし、異なっても良い。

20

## 【0327】

また、発光層123B、発光層123G、発光層123R、のいずれか一つまたは複数の発光層は、実施の形態1で示した発光層130、及び実施の形態2で示した発光層140のうち少なくとも一つを有することが好ましい。そうすることで、発光効率の良好な発光素子を作製することができる。

## 【0328】

なお、発光層123B、発光層123G、発光層123R、のいずれか一つまたは複数の発光層は、2層以上が積層された構成としても良い。

30

## 【0329】

以上のように、少なくとも一つの発光層が実施の形態1または実施の形態2で示した発光層を有し、該発光層を有する発光素子260aまたは発光素子260bを、表示装置の画素に用いることで、発光効率の高い表示装置を作製することができる。すなわち、発光素子260aまたは発光素子260bを有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

## 【0330】

なお、光を取り出す電極の光を取り出す方向に、光学素子（例えば、カラーフィルタ、偏光板、反射防止膜等）を設けることで、発光素子260a及び発光素子260bの色純度を向上させることができる。そのため、発光素子260aまたは発光素子260bを有する表示装置の色純度を高めることができる。あるいは、発光素子260a及び発光素子260bの外光反射を低減することができる。そのため、発光素子260aまたは発光素子260bを有する表示装置のコントラスト比を高めることができる。

40

## 【0331】

なお、発光素子260a及び発光素子260bにおける他の構成については、実施の形態1乃至実施の形態3における発光素子の構成を参酌すればよい。

## 【0332】

<発光素子の構成例2>

次に、図14(A)(B)に示す発光素子と異なる構成例について、図15(A)(B

50

を用いて、以下説明を行う。

【0333】

図15(A)(B)は、本発明の一態様の発光素子を示す断面図である。なお、図15(A)(B)において、図14(A)(B)に示す符号と同様の機能を有する箇所には、同様のハッチパターンとし、符号を省略する場合がある。また、同様の機能を有する箇所には、同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する場合がある。

【0334】

図15(A)(B)は、一对の電極間に、発光層を有する発光素子の構成例である。図15(A)に示す発光素子262aは、基板200と反対の方向に光を取り出す上面射出(トップエミッション)型の発光素子、図15(B)に示す発光素子262bは、基板200側に光を取り出す下面射出(ボトムエミッション)型の発光素子である。ただし、本発明の一態様はこれに限定されず、発光素子が呈する光を発光素子が形成される基板200の上方および下方の双方に取り出す両面射出(デュアルエミッション)型であっても良い。

【0335】

発光素子262a及び発光素子262bは、基板200上に電極101と、電極102と、電極103と、電極104とを有する。また、電極101と電極102との間、及び電極102と電極103との間、及び電極102と電極104との間に、少なくとも発光層170と、電荷発生層115とを有する。また、正孔注入層111と、正孔輸送層112と、発光層180と、電子輸送層113と、電子注入層114と、正孔注入層116と、正孔輸送層117と、電子輸送層118と、電子注入層119と、を有する。

【0336】

また、電極101は、導電層101aと、導電層101a上に接する導電層101bと、を有する。また、電極103は、導電層103aと、導電層103a上に接する導電層103bと、を有する。電極104は、導電層104aと、導電層104a上に接する導電層104bと、を有する。

【0337】

図15(A)に示す発光素子262a、及び図15(B)に示す発光素子262bは、電極101と電極102とで挟持された領域222B、電極102と電極103とで挟持された領域222G、及び電極102と電極104とで挟持された領域222R、の間に、隔壁145を有する。隔壁145は、絶縁性を有する。隔壁145は、電極101、電極103、及び電極104の端部を覆い、該電極と重畳する開口部を有する。隔壁145を設けることによって、各領域の基板200上の該電極を、それぞれ島状に分離することが可能となる。

【0338】

また、発光素子262a及び発光素子262bは、領域222B、領域222G、及び領域222Rから呈される光が取り出される方向に、それぞれ光学素子224B、光学素子224G、及び光学素子224Rを有する基板220を有する。各領域から呈される光は、各光学素子を介して発光素子外部に射出される。すなわち、領域222Bから呈される光は、光学素子224Bを介して射出され、領域222Gから呈される光は、光学素子224Gを介して射出され、領域222Rから呈される光は、光学素子224Rを介して射出される。

【0339】

また、光学素子224B、光学素子224G、及び光学素子224Rは、入射される光から特定の色を呈する光を選択的に透過する機能を有する。例えば、光学素子224Bを介して射出される領域222Bから呈される光は、青色を呈する光となり、光学素子224Gを介して射出される領域222Gから呈される光は、緑色を呈する光となり、光学素子224Rを介して射出される領域222Rから呈される光は、赤色を呈する光となる。

【0340】

光学素子224R、光学素子224G、及び光学素子224Bには、例えば、着色層(

カラーフィルタともいう)、バンドパスフィルタ、多層膜フィルタなどを適用できる。また、光学素子に色変換素子を適用することができる。色変換素子は、入射される光を、当該光の波長より長い波長の光に変換する光学素子である。色変換素子として、量子ドットを用いる素子であると好適である。量子ドットを用いることにより、表示装置の色再現性を高めることができる。

#### 【0341】

なお、光学素子224R、光学素子224G、及び光学素子224B上に他の光学素子を一または複数、重ねて設けてもよい。他の光学素子としては、例えば円偏光板や反射防止膜などを設けることができる。円偏光板を、表示装置の発光素子が発する光が取り出される側に設けると、表示装置の外部から入射した光が、表示装置の内部で反射されて、外部に射出される現象を防ぐことができる。また、反射防止膜を設けると、表示装置の表面で反射される外光を弱めることができる。これにより、表示装置が発する発光を、鮮明に観察できる。

#### 【0342】

なお、図15(A)(B)において、各光学素子を介して各領域から射出される光を、青色(B)を呈する光、緑色(G)を呈する光、赤色(R)を呈する光、として、それぞれ破線の矢印で模式的に図示している。

#### 【0343】

また、各光学素子の間には、遮光層223を有する。遮光層223は、隣接する領域から発せられる光を遮光する機能を有する。なお、遮光層223を設けない構成としても良い。

#### 【0344】

遮光層223としては、外光の反射を抑制する機能を有する。または、遮光層223としては、隣接する発光素子から発せられる光の混色を防ぐ機能を有する。遮光層223としては、金属、黒色顔料を含んだ樹脂、カーボンブラック、金属酸化物、複数の金属酸化物の固溶体を含む複合酸化物等を用いることができる。

#### 【0345】

なお、光学素子224Bと、光学素子224Gとは、遮光層223と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していても良い。あるいは、光学素子224Gと、光学素子224Rとは、遮光層223と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していても良い。あるいは、光学素子224Rと、光学素子224Bとは、遮光層223と重畳する領域において、互いに重なる領域を有していても良い。

#### 【0346】

また、基板200、及び光学素子を有する基板220としては、実施の形態1を参酌すればよい。

#### 【0347】

さらに、発光素子262a及び発光素子262bは、マイクロキャビティ構造を有する。

#### 【0348】

##### マイクロキャビティ構造

発光層170、及び発光層180から射出される光は、一对の電極(例えば、電極101と電極102)の間で共振される。また、発光層170及び発光層180は、射出される光のうち所望の波長の光が強まる位置に形成される。例えば、電極101の反射領域から発光層170の発光領域までの光学距離と、電極102の反射領域から発光層170の発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層170から射出される光のうち所望の波長の光を強めることができる。また、電極101の反射領域から発光層180の発光領域までの光学距離と、電極102の反射領域から発光層180の発光領域までの光学距離と、を調整することにより、発光層180から射出される光のうち所望の波長の光を強めることができる。すなわち、複数の発光層(ここでは、発光層170及び発光層180)を積層する発光素子の場合、発光層170及び発光層180のそれぞれの光学距

10

20

30

40

50

離を最適化することが好ましい。

#### 【0349】

また、発光素子262a及び発光素子262bにおいては、各領域で導電層(導電層101b、導電層103b、及び導電層104b)の厚さを調整することで、発光層170及び発光層180から呈される光のうち所望の波長の光を強めることができる。なお、各領域で正孔注入層111及び正孔輸送層112のうち、少なくとも一つの厚さを異ならせることで、発光層170及び発光層180から呈される光を強めても良い。

#### 【0350】

例えば、電極101乃至電極104において、光を反射する機能を有する導電性材料の屈折率が、発光層170または発光層180の屈折率よりも小さい場合においては、電極101が有する導電層101bの膜厚を、電極101と電極102との間の光学距離が $m_B \lambda_B / 2$  ( $m_B$ は自然数、 $\lambda_B$ は領域222Bで強める光の波長を、それぞれ表す)となるよう調整する。同様に、電極103が有する導電層103bの膜厚を、電極103と電極102との間の光学距離が $m_G \lambda_G / 2$  ( $m_G$ は自然数、 $\lambda_G$ は領域222Gで強める光の波長を、それぞれ表す)となるよう調整する。さらに、電極104が有する導電層104bの膜厚を、電極104と電極102との間の光学距離が $m_R \lambda_R / 2$  ( $m_R$ は自然数、 $\lambda_R$ は領域222Rで強める光の波長を、それぞれ表す)となるよう調整する。

#### 【0351】

なお、電極101乃至電極104の反射領域を厳密に決定することが困難な場合、電極101乃至電極104の任意の領域を反射領域と仮定することで、発光層170または発光層180から射出される光を強める光学距離を導出してよい。また、発光層170および発光層180の発光領域を厳密に決定することは困難な場合、発光層170および発光層180の任意の領域を発光領域と仮定することで、発光層170および発光層180から射出される光を強める光学距離を導出してよい。

#### 【0352】

上記のように、マイクロキャビティ構造を設け、各領域の一对の電極間の光学距離を調整することで、各電極近傍における光の散乱および光の吸収を抑制し、高い光取り出し効率を実現することができる。なお、上記構成においては、導電層101b、導電層103b、導電層104bは、光を透過する機能を有することが好ましい。また、導電層101b、導電層103b、導電層104b、を構成する材料は、互いに同じであっても良いし、異なっても良い。導電層101b、導電層103b、及び導電層104bに同じ材料を用いる場合、エッチング工程によるパターン形成が容易になるため好ましい。また、導電層101b、導電層103b、導電層104bは、それぞれ2層以上の層が積層された構成であっても良い。

#### 【0353】

なお、図15(A)に示す発光素子262a、上面射出型の発光素子であるため、導電層101a、導電層103a、及び導電層104aは、光を反射する機能を有することが好ましい。また、電極102は、光を透過する機能と、光を反射する機能とを有することが好ましい。

#### 【0354】

また、図15(B)に示す発光素子262bは、下面射出型の発光素子であるため、導電層101a、導電層103a、導電層104aは、光を透過する機能と、光を反射する機能と、を有することが好ましい。また、電極102は、光を反射する機能を有することが好ましい。

#### 【0355】

また、発光素子262a及び発光素子262bにおいて、導電層101a、導電層103a、または導電層104a、に同じ材料を用いても良いし、異なる材料を用いても良い。導電層101a、導電層103a、導電層104a、に同じ材料を用いる場合、発光素子262a及び発光素子262bの製造コストを低減できる。なお、導電層101a、導電層103a、導電層104aは、それぞれ2層以上の層が積層された構成であっても良

10

20

30

40

50

い。

【0356】

また、発光素子262a及び発光素子262bにおける発光層170及び発光層180の少なくとも一方には、実施の形態1または実施の形態2で示した構成を有することが好ましい。そうすることで、高い発光効率を示す発光素子を作製することができる。

【0357】

また、発光層170及び発光層180は、例えば発光層180a及び発光層180bのように、一方または双方で2層が積層された構成としてもよい。2層の発光層に、第1の化合物及び第2の化合物という、異なる色を呈する機能を有する2種類の発光材料をそれぞれ用いることで、複数の色を含む発光を得ることができる。特に発光層170と、発光層180と、が呈する発光により、白色となるよう、各発光層に用いる発光材料を選択すると好ましい。

10

【0358】

また、発光層170または発光層180は、一方または双方で3層以上が積層された構成としても良く、発光材料を有さない層が含まれていても良い。

【0359】

以上のように、実施の形態1及び実施の形態2で示した発光層の構成を少なくとも一つ有する発光素子262aまたは発光素子262bを、表示装置の画素に用いることで、発光効率の高い表示装置を作製することができる。すなわち、発光素子262aまたは発光素子262bを有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

20

【0360】

なお、発光素子262a及び発光素子262bにおける他の構成については、発光素子260aまたは発光素子260b、あるいは実施の形態1乃至実施の形態3で示した発光素子の構成を参酌すればよい。

【0361】

<発光素子の作製方法>

次に、本発明の一態様の発光素子の作製方法について、図16及び図17を用いて以下説明を行う。なお、ここでは、図15(A)に示す発光素子262aの作製方法について説明する。

【0362】

図16及び図17は、本発明の一態様の発光素子の作製方法を説明するための断面図である。

30

【0363】

以下で説明する発光素子262aの作製方法は、第1乃至第7の7つのステップを有する。

【0364】

第1のステップ

第1のステップは、発光素子の電極（具体的には、電極101を構成する導電層101a、電極103を構成する導電層103a、及び電極104を構成する導電層104a）を、基板200上に形成する工程である（図16(A)参照）。

40

【0365】

本実施の形態においては、基板200上に、光を反射する機能を有する導電層を形成し、該導電層を所望の形状に加工することで、導電層101a、導電層103a、及び導電層104aを形成する。上記光を反射する機能を有する導電層としては、銀とパラジウムと銅の合金膜（Ag-Pd-Cu膜、またはAPCともいう）を用いる。このように、導電層101a、導電層103a、及び導電層104aを、同一の導電層を加工する工程を経て形成することで、製造コストを安くすることができるため好適である。

【0366】

なお、第1のステップの前に、基板200上に複数のトランジスタを形成してもよい。また、該複数のトランジスタと、導電層101a、導電層103a、及び導電層104a

50

とを、それぞれ電氣的に接続させてもよい。

#### 【0367】

##### 第2のステップ

第2のステップは、電極101を構成する導電層101a上に光を透過する機能を有する導電層101bを、電極103を構成する導電層103a上に光を透過する機能を有する導電層103bを、電極104を構成する導電層104a上に光を透過する機能を有する導電層104bを、形成する工程である(図16(B)参照)。

#### 【0368】

本実施の形態においては、光を反射する機能を有する導電層101a、103a、及び104a、の上にそれぞれ、光を透過する機能を有する導電層101b、103b、及び104bを形成することで、電極101、電極103、及び電極104を形成する。上記の導電層101b、103b、及び104bとしては、ITO膜を用いる。

10

#### 【0369】

なお、光を透過する機能を有する導電層101b、103b、及び104bは、複数回に分けて形成してもよい。複数回に分けて形成することで、各領域で適したマイクロキャピティ構造となる膜厚で、導電層101b、103b、及び104bを形成することができる。

#### 【0370】

##### 第3のステップ

第3のステップは、発光素子の各電極の端部を覆う隔壁145を形成する工程である(図16(C)参照)。

20

#### 【0371】

隔壁145は、電極と重なるように開口部を有する。該開口部によって露出する導電膜が発光素子の陽極として機能する。本実施の形態では、隔壁145として、ポリイミド樹脂を用いる。

#### 【0372】

なお、第1乃至第3のステップにおいては、EL層(有機化合物を含む層)を損傷するおそれがないため、さまざまな成膜方法及び微細加工技術を適用できる。本実施の形態では、スパッタリング法を用いて反射性の導電層を成膜し、リソグラフィ法を用いて、該導電層にパターンを形成し、その後ドライエッチング法またはウエットエッチング法を用いて、該導電層を島状に加工することで、電極101を構成する導電層101a、電極103を構成する導電層103a、及び電極104を構成する導電層104a、を形成する。その後、スパッタリング法を用いて透明性を有する導電膜を成膜し、リソグラフィ法を用いて、該透明性を有する導電膜にパターンを形成し、その後ウエットエッチング法を用いて、該透明性を有する導電膜を島状に加工して、電極101、電極103、及び電極104を形成する。

30

#### 【0373】

##### 第4のステップ

第4のステップは、正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層180、電子輸送層113、電子注入層114、及び電荷発生層115を形成する工程である(図17(A)参照)。

40

#### 【0374】

正孔注入層111としては、正孔輸送性材料とアクセプター性物質を含む材料とを共蒸着することで形成することができる。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。また、正孔輸送層112としては、正孔輸送性材料を蒸着することで形成することができる。

#### 【0375】

発光層180としては、紫色、青色、青緑色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる少なくともいずれか一つの発光を呈するゲスト材料を蒸着することで形成することができる。ゲスト材料としては、蛍光または燐光を呈する発光性の有機化合物

50

を用いることができる。また、該発光性の有機化合物は、単独で蒸着してもよいが、他の物質と混合して蒸着してもよい。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 で示した発光層の構成を用いることが好ましい。また、発光層 180 として、2 層の構成としてもよい。その場合、2 層の発光層は、それぞれ互いに異なる発光色を呈する発光物質を有することが好ましい。

#### 【0376】

電子輸送層 113 としては、電子輸送性の高い物質を蒸着することで形成することができる。また、電子注入層 114 としては、電子注入性の高い物質を蒸着することで形成することができる。

#### 【0377】

電荷発生層 115 としては、正孔輸送性材料に電子受容体（アクセプター）が添加された材料、または電子輸送性材料に電子供与体（ドナー）が添加された材料を蒸着することで形成することができる。

#### 【0378】

##### 第 5 のステップ

第 5 のステップは、正孔注入層 116、正孔輸送層 117、発光層 170、電子輸送層 118、電子注入層 119、及び電極 102 を形成する工程である（図 17（B）参照）。

#### 【0379】

正孔注入層 116 としては、先に示す正孔注入層 111 と同様の材料及び同様の方法により形成することができる。また、正孔輸送層 117 としては、先に示す正孔輸送層 112 と同様の材料及び同様の方法により形成することができる。

#### 【0380】

発光層 170 としては、紫色、青色、青緑色、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる少なくともいずれか一つの発光を呈するゲスト材料を蒸着することで形成することができる。ゲスト材料としては、蛍光性の有機化合物を用いることができる。また、該蛍光性の有機化合物は、単独で蒸着してもよいが、他の材料と混合して蒸着してもよい。また、蛍光性の有機化合物をゲスト材料とし、ゲスト材料より励起エネルギーが大きなホスト材料に該ゲスト材料を分散して蒸着してもよい。

#### 【0381】

電子輸送層 118 としては、先に示す電子輸送層 113 と同様の材料及び同様の方法により形成することができる。また、電子注入層 119 としては、先に示す電子注入層 114 と同様の材料及び同様の方法により形成することができる。

#### 【0382】

電極 102 としては、反射性を有する導電膜と、透光性を有する導電膜を積層することで形成することができる。また、電極 102 としては、単層構造、または積層構造としてもよい。

#### 【0383】

上記工程を経て、電極 101、電極 103、及び電極 104 上に、それぞれ領域 222 B、領域 222 G、及び領域 222 R を有する発光素子が基板 200 上に形成される。

#### 【0384】

##### 第 6 のステップ

第 6 のステップは、基板 220 上に遮光層 223、光学素子 224 B、光学素子 224 G、及び光学素子 224 R を形成する工程である（図 17（C）参照）。

#### 【0385】

遮光層 223 としては、黒色顔料の含んだ樹脂膜を所望の領域に形成する。その後、基板 220 及び遮光層 223 上に、光学素子 224 B、光学素子 224 G、及び光学素子 224 R を形成する。光学素子 224 B としては、青色顔料の含んだ樹脂膜を所望の領域に形成する。また、光学素子 224 G としては、緑色顔料の含んだ樹脂膜を所望の領域に形成する。また、光学素子 224 R としては、赤色顔料の含んだ樹脂膜を所望の領域に形成

10

20

30

40

50

する。

【0386】

第7のステップ

第7のステップは、基板200上に形成された発光素子と、基板220上に形成された遮光層223、光学素子224B、光学素子224G、及び光学素子224Rと、を貼り合わせ、シール材を用いて封止する工程である（図示しない）。

【0387】

以上の工程により、図15(A)に示す発光素子262aを形成することができる。

【0388】

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

【0389】

(実施の形態5)

本実施の形態では、本発明の一態様の表示装置について、図18乃至図28を用いて説明する。

【0390】

<表示装置の構成例1>

図18(A)は表示装置600を示す上面図、図18(B)は図18(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。表示装置600は、駆動回路部（信号線駆動回路部601、及び走査線駆動回路部603）、並びに画素部602を有する。なお、信号線駆動回路部601、走査線駆動回路部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。

【0391】

また、表示装置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。

【0392】

なお、引き回し配線608は、信号線駆動回路部601及び走査線駆動回路部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：Printed Wiring Board）が取り付けられていても良い。

【0393】

また、信号線駆動回路部601は、Nチャンネル型のトランジスタ623とPチャンネル型のトランジスタ624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。なお、信号線駆動回路部601または走査線駆動回路部603は、種々のCMOS回路、PMOS回路、またはNMOS回路を用いることができる。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と画素とを同一の表面上に設けた表示装置を示すが、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。

【0394】

また、画素部602は、スイッチング用のトランジスタ611と、電流制御用のトランジスタ612と、電流制御用のトランジスタ612のドレインに電氣的に接続された下部電極613と、を有する。なお、下部電極613の端部を覆って隔壁614が形成されている。隔壁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。

【0395】

また、被覆性を良好にするため、隔壁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、隔壁614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、隔壁614の上端部のみに曲率半径（0.2μm以上3μm以下）を有する曲面を持たせることが好ましい。また、隔壁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。

10

20

30

40

50

## 【0396】

なお、トランジスタ（トランジスタ611、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チャネル型およびPチャネル型のトランジスタを有する構造、及びNチャネル型のトランジスタまたはPチャネル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、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、ジルコニウム（Zr）、La、セリウム（Ce）、Sn、ハフニウム（Hf）、またはNdを表す）等が挙げられる。

10

## 【0397】

下部電極613上には、EL層616、および上部電極617がそれぞれ形成されている。なお、下部電極613は、陽極として機能し、上部電極617は、陰極として機能する。

## 【0398】

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種々の方法によって形成される。また、EL層616を構成する材料としては、低分子化合物、または高分子化合物（オリゴマー、 dendroliマーを含む）であっても良い。

20

## 【0399】

なお、下部電極613、EL層616、及び上部電極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と好ましい。なお、画素部に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。

## 【0400】

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で、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に用いることができる紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂で充填される場合もあり、例えば、PVC（ポリビニルクロライド）系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）系樹脂、またはEVA（エチレンビニルアセテート）系樹脂を用いることができる。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥剤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。

30

## 【0401】

また、発光素子618と互いに重なるように、光学素子621が封止基板604の下方に設けられる。また、封止基板604の下方には、遮光層622が設けられる。光学素子621及び遮光層622としては、それぞれ、実施の形態3に示す光学素子、及び遮光層と同様の構成とすればよい。

40

## 【0402】

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にく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。

## 【0403】

50

ここで、液滴吐出法を用いてE L層616を形成する方法について、図27を用いて説明する。図27(A)乃至図27(D)は、E L層616の作製方法を説明する断面図である。

【0404】

まず、図27(A)においては、下部電極613及び隔壁614が形成された素子基板610を図示しているが、図18(B)のように絶縁膜上に下部電極613及び隔壁614が形成された基板を用いてもよい。

【0405】

次に、隔壁614の開口部である下部電極613の露出部に、液滴吐出装置683より液滴684を吐出し、組成物を含む層685を形成する。液滴684は、溶媒を含む組成物であり、下部電極613上に付着する(図27(B)参照)。

10

【0406】

なお、液滴684を吐出する工程を減圧下で行ってもよい。

【0407】

次に、組成物を含む層685より溶媒を除去し、固化することによってE L層616を形成する(図27(C)参照)。

【0408】

なお、溶媒の除去方法としては、乾燥工程または加熱工程を行えばよい。

【0409】

次に、E L層616上に上部電極617を形成し、発光素子618を形成する(図27(D)参照)。

20

【0410】

このようにE L層616を液滴吐出法で形成すると、選択的に組成物を吐出することができるため、材料のロス削減することができる。また、形状を加工するためのリソグラフィ工程などにも必要ないために工程も簡略化することができ、低コスト化が達成できる。

【0411】

なお、上記説明した液滴吐出法とは、組成物の吐出口を有するノズル、または一つもしくは複数のノズルを有するヘッド等の液滴を吐出する手段を有する手段の総称とする。

【0412】

次に、液滴吐出法に用いる液滴吐出装置について、図28を用いて説明する。図28は、液滴吐出装置1400を説明する概念図である。

30

【0413】

液滴吐出装置1400は、液滴吐出手段1403を有する。また、液滴吐出手段1403は、ヘッド1405と、ヘッド1412とを有する。

【0414】

ヘッド1405、及びヘッド1412は制御手段1407に接続され、それがコンピュータ1410で制御することにより予めプログラミングされたパターンに描画することができる。

【0415】

また、描画するタイミングとしては、例えば、基板1402上に形成されたマーカー1411を基準に行えば良い。あるいは、基板1402の外縁を基準にして基準点を確定させても良い。ここでは、マーカー1411を撮像手段1404で検出し、画像処理手段1409にてデジタル信号に変換したものをコンピュータ1410で認識して制御信号を発生させて制御手段1407に送る。

40

【0416】

撮像手段1404としては、電荷結合素子(C C D)や相補型金属酸化物半導体(C M O S)を利用したイメージセンサなどを用いることができる。なお、基板1402上に形成されるべきパターンの情報は記憶媒体1408に格納されており、この情報を基にして制御手段1407に制御信号を送り、液滴吐出手段1403の個々のヘッド1405、ヘッド1412を個別に制御することができる。吐出する材料は、材料供給源1413、材

50

料供給源 1 4 1 4 より配管を通してヘッド 1 4 0 5、ヘッド 1 4 1 2 にそれぞれ供給される。

【 0 4 1 7 】

ヘッド 1 4 0 5 の内部は、点線が示すように液状の材料を充填する空間 1 4 0 6 と、吐出口であるノズルを有する構造となっている。図示しないが、ヘッド 1 4 1 2 もヘッド 1 4 0 5 と同様な内部構造を有する。ヘッド 1 4 0 5 とヘッド 1 4 1 2 のノズルを異なるサイズで設けると、異なる材料を異なる幅のパターンで同時に描画することができる。また、一つのヘッドで、複数種の発光材料などをそれぞれ吐出し、パターンを描画することができる。また、広領域にパターンを描画する場合は、スループットを向上させるため複数のノズルより同材料を同時に吐出し、描画することができる。大型基板を用いる場合、ヘッド 1 4 0 5、ヘッド 1 4 1 2 は基板上を、図 2 8 中に示す X、Y、Z の矢印の方向に自在に走査し、描画する領域を自由に設定することができ、同じパターンを一枚の基板に複数描画することができる。

10

【 0 4 1 8 】

また、組成物を吐出する工程は、減圧下で行ってもよい。吐出時に基板を加熱しておいてもよい。組成物を吐出後、乾燥と焼成の一方又は両方の工程を行う。乾燥と焼成の工程は、両工程とも加熱処理の工程であるが、その目的、温度と時間が異なる。乾燥の工程、焼成の工程は、常圧下又は減圧下で、レーザ光の照射や瞬間熱アニール、加熱炉などにより行う。なお、この加熱処理を行うタイミング、加熱処理の回数は特に限定されない。乾燥と焼成の工程を良好に行うためには、そのときの温度は、基板の材質及び組成物の性質に依存する。

20

【 0 4 1 9 】

以上のようにして、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に記載の発光素子及び光学素子を有する表示装置を得ることができる。

【 0 4 2 0 】

< 表示装置の構成例 2 >

次に、表示装置の別の一例について、図 1 9 ( A ) ( B ) 及び図 2 0 を用いて説明を行う。なお、図 1 9 ( A ) ( B ) 及び図 2 0 は、本発明の一態様の表示装置の断面図である。

【 0 4 2 1 】

図 1 9 ( A ) には基板 1 0 0 1、下地絶縁膜 1 0 0 2、ゲート絶縁膜 1 0 0 3、ゲート電極 1 0 0 6、1 0 0 7、1 0 0 8、第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0、第 2 の層間絶縁膜 1 0 2 1、周辺部 1 0 4 2、画素部 1 0 4 0、駆動回路部 1 0 4 1、発光素子の下部電極 1 0 2 4 R、1 0 2 4 G、1 0 2 4 B、隔壁 1 0 2 5、E L 層 1 0 2 8、発光素子の上部電極 1 0 2 6、封止層 1 0 2 9、封止基板 1 0 3 1、シール材 1 0 3 2 などが図示されている。

30

【 0 4 2 2 】

また、図 1 9 ( A ) では、光学素子の一例として、着色層 ( 赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、及び青色の着色層 1 0 3 4 B ) を透明な基材 1 0 3 3 に設けている。また、遮光層 1 0 3 5 をさらに設けても良い。着色層及び遮光層が設けられた透明な基材 1 0 3 3 は、位置合わせし、基板 1 0 0 1 に固定する。なお、着色層、及び遮光層は、オーバーコート層 1 0 3 6 で覆われている。また、図 1 9 ( A ) においては、着色層を透過する光は赤、緑、青となることから、3 色の画素で映像を表現することができる。

40

【 0 4 2 3 】

図 1 9 ( B ) では、光学素子の一例として、着色層 ( 赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層 1 0 3 4 G、青色の着色層 1 0 3 4 B ) をゲート絶縁膜 1 0 0 3 と第 1 の層間絶縁膜 1 0 2 0 との間に形成する例を示している。このように、着色層は基板 1 0 0 1 と封止基板 1 0 3 1 の間に設けられていても良い。

【 0 4 2 4 】

図 2 0 では、光学素子の一例として、着色層 ( 赤色の着色層 1 0 3 4 R、緑色の着色層

50

1034G、青色の着色層1034B)を第1の層間絶縁膜1020と第2の層間絶縁膜1021との間に形成する例を示している。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。

【0425】

また、以上に説明した表示装置では、トランジスタ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)の表示装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の表示装置としても良い。

【0426】

<表示装置の構成例3>

トップエミッション型の表示装置の断面図の一例を図21(A)(B)に示す。図21(A)(B)は、本発明の一態様の表示装置を説明する断面図であり、図19(A)(B)及び図20に示す駆動回路部1041、周辺部1042等を省略して例示している。

【0427】

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。トランジスタ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表示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。

【0428】

発光素子の下部電極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21(A)(B)のようなトップエミッション型の表示装置である場合、下部電極1024R、1024G、1024Bは光を反射する機能を有することが好ましい。また、EL層1028上に上部電極1026が設けられる。上部電極1026は光を反射する機能と、光を透過する機能を有し、下部電極1024R、1024G、1024Bと、上部電極1026との間で、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ると好ましい。

【0429】

図21(A)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、及び青色の着色層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遮光層1035を設けても良い。なお、封止基板1031は透光性を有する基板を用いると好適である。

【0430】

また、図21(A)においては、複数の発光素子と、該複数の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21(B)に示すように、緑色の着色層を設けずに、赤色の着色層1034R、及び青色の着色層1034Bを設けて、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。図21(A)に示すように、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21(B)に示すように、緑色の着色層を設けずに、赤色の着色層、及び青色の着色層を設ける構成とした場合、緑色の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。

【0431】

<表示装置の構成例4>

以上に示す表示装置は、3色(赤色、緑色、青色)の副画素を有する構成を示したが、4色(赤色、緑色、青色、黄色、あるいは赤色、緑色、青色、白色)の副画素を有する構成としてもよい。図22乃至図24は、下部電極1024R、1024G、1024B、及び1024Yを有する表示装置の構成である。図22(A)(B)及び図23は、トランジスタ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)の表示装置であり、図24(A)(B)は、封止基板1031側に発光を取り出す構造(トップエミッション型)の表示装置である。

## 【0432】

図22(A)は、光学素子(着色層1034R、着色層1034G、着色層1034B、着色層1034Y)を透明な基材1033に設ける表示装置の例である。また、図22(B)は、光学素子(着色層1034R、着色層1034G、着色層1034B、着色層1034Y)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する表示装置の例である。また、図23は、光学素子(着色層1034R、着色層1034G、着色層1034B、着色層1034Y)を第1の層間絶縁膜1020と第2の層間絶縁膜1021との間に形成する表示装置の例である。

## 【0433】

着色層1034Rは赤色の光を透過し、着色層1034Gは緑色の光を透過し、着色層1034Bは青色の光を透過する機能を有する。また、着色層1034Yは黄色の光を透過する機能、あるいは青色、緑色、黄色、赤色の中から選ばれる複数の光を透過する機能を有する。着色層1034Yが青色、緑色、黄色、赤色の中から選ばれる複数の光を透過する機能を有するとき、着色層1034Yを透過した光は白色であってもよい。黄色あるいは白色の発光を呈する発光素子は発光効率が高いため、着色層1034Yを有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

## 【0434】

また、図24に示すトップエミッション型の表示装置においては、下部電極1024Yを有する発光素子においても、図21(A)の表示装置と同様に、下部電極1024R、1024G、1024B、1024Yと、上部電極1026との間で、マイクロキャピティ構造を有する構成が好ましい。また、図24(A)の表示装置では、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。

## 【0435】

マイクロキャピティ、及び黄色の着色層1034Yを介して呈される発光は、黄色の領域に発光スペクトルを有する発光となる。黄色は視感度が高い色であるため、黄色の発光を呈する発光素子は発光効率が高い。すなわち、図24(A)の構成を有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

## 【0436】

また、図24(A)においては、複数の発光素子と、該複数の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24(B)に示すように、黄色の着色層を設けずに、赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、及び青色の着色層1034Bを設けて、赤、緑、青、黄の4色、または赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う構成としてもよい。図24(A)に示すように、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24(B)に示すように、発光素子と、黄色の着色層を設けずに、赤色の着色層、緑色の着色層、及び青色の着色層を設ける構成とした場合、黄色または白色の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。

## 【0437】

<表示装置の構成例5>

次に、本発明の他の一態様の表示装置について、図25に示す。図25は、図18(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。なお、図25において、図18(B)に示す符号と同様の機能を有する箇所には同様の符号を付し、その詳細な説明は省略する。

## 【0438】

図25に示す表示装置600は、素子基板610、封止基板604、及びシール材605で囲まれた領域607に、封止層607a、封止層607b、封止層607cを有する。封止層607a、封止層607b、封止層607cのいずれか一つまたは複数には、例えば、PVC(ポリビニルクロライド)系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、エ

10

20

30

40

50

ポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）系樹脂、またはEVA（エチレンビニルアセテート）系樹脂等の樹脂を用いることができる。また、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム等の無機材料を用いてもよい。封止層607a、封止層607b、封止層607cを形成することで、水などの不純物による発光素子618の劣化を抑制することができ好ましい。なお、封止層607a、封止層607b、封止層607cを形成する場合、シール材605を設けなくてもよい。

#### 【0439】

また、封止層607a、封止層607b、封止層607cは、いずれか一つまたは二つであってもよく、4つ以上の封止層が形成されてもよい。封止層を多層にすることで、水などの不純物が、表示装置600の外部から表示装置内部の発光素子618まで侵入するのを効果的に防ぐことができるため好ましい。なお、封止層が多層の場合、樹脂と無機材料とを積層させると好ましい構成である。

10

#### 【0440】

<表示装置の構成例6>

また、本実施の形態における構成例1乃至構成例4に示す表示装置は、光学素子を有する構成を例示したが、本発明の一態様としては、光学素子を設けなくてもよい。

#### 【0441】

図26(A)(B)に示す表示装置は、封止基板1031側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の表示装置である。図26(A)は、発光層1028R、発光層1028G、発光層1028B、を有する表示装置の例である。また、図26(B)は、発光層1028R、発光層1028G、発光層1028B、発光層1028Y、を有する表示装置の例である。

20

#### 【0442】

発光層1028Rは、赤色の発光を呈し、発光層1028Gは、緑色の発光を呈し、発光層1028Bは、青色の発光を呈する機能を有する。また、発光層1028Yは、黄色の発光を呈する機能、または青色、緑色、赤色の中から選ばれる複数の発光を呈する機能を有する。発光層1028Yが呈する発光は、白色であってもよい。黄色あるいは白色の発光を呈する発光素子は発光効率が高いため、発光層1028Yを有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

30

#### 【0443】

図26(A)及び図26(B)に示す表示装置は、異なる色の発光を呈するEL層を副画素に有するため、光学素子となる着色層を設けなくてもよい。

#### 【0444】

また、封止層1029は、例えば、PVC（ポリビニルクロライド）系樹脂、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、エポキシ系樹脂、シリコン系樹脂、PVB（ポリビニルブチラル）系樹脂、またはEVA（エチレンビニルアセテート）系樹脂等の樹脂を用いることができる。また、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン、窒化シリコン、酸化アルミニウム、窒化アルミニウム等の無機材料を用いてもよい。封止層1029を形成することで、水などの不純物による発光素子の劣化を抑制することができ好ましい。

40

#### 【0445】

また、封止層1029は、いずれか一つまたは二つであってもよく、4つ以上の封止層が形成されてもよい。封止層を多層にすることで、水などの不純物が、表示装置の外部から表示装置内部まで侵入するのを効果的に防ぐことができるため好ましい。なお、封止層が多層の場合、樹脂と無機材料とを積層させると好ましい構成である。

#### 【0446】

なお、封止基板1031は、発光素子を保護する機能を有するものであればよい。そのため、封止基板1031には、可撓性を有する基板やフィルムを用いることができる。

#### 【0447】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態や本実施の形態中の他の構成と適宜

50

組み合わせることが可能である。

【0448】

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置について、図29乃至図31を用いて説明を行う。

【0449】

なお、図29(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29(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。

【0450】

<表示装置に関する説明>

10

図29(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802という)と、画素部802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804という)と、素子の保護機能を有する回路(以下、保護回路806という)と、端子部807と、を有する。なお、保護回路806は、設けない構成としてもよい。

【0451】

駆動回路部804の一部、または全部は、画素部802と同一基板上に形成されていることが望ましい。これにより、部品数や端子数を減らすことが出来る。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。

20

【0452】

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、走査線駆動回路804a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、信号線駆動回路804b)などの駆動回路を有する。

【0453】

走査線駆動回路804aは、シフトレジスタ等を有する。走査線駆動回路804a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、走査線駆動回路804a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。走査線駆動回路804aは、走査信号が与えられる配線(以下、走査線GL\_\_1乃至GL\_\_Xという)の電位を制御する機能を有する。なお、走査線駆動回路804aを複数設け、複数の走査線駆動回路804aにより、走査線GL\_\_1乃至GL\_\_Xを分割して制御してもよい。または、走査線駆動回路804a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、走査線駆動回路804aは、別の信号を供給することも可能である。

30

【0454】

信号線駆動回路804bは、シフトレジスタ等を有する。信号線駆動回路804b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。信号線駆動回路804b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、信号線駆動回路804b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、信号線駆動回路804bは、データ信号が与えられる配線(以下、データ線DL\_\_1乃至DL\_\_Yという)の電位を制御する機能を有する。または、信号線駆動回路804b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、信号線駆動回路804bは、別の信号を供給することも可能である。

40

【0455】

信号線駆動回路804b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。

50

信号線駆動回路 804b 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信号線駆動回路 804b を構成してもよい。

#### 【0456】

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、走査線駆動回路 804a 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<sub>m</sub> (m は X 以下の自然数) を介して走査線駆動回路 804a からパルス信号が入力され、走査線 GL<sub>m</sub> の電位に応じてデータ線 DL<sub>n</sub> (n は Y 以下の自然数) を介して信号線駆動回路 804b からデータ信号が入力される。

10

#### 【0457】

図 29 (A) に示す保護回路 806 は、例えば、走査線駆動回路 804a 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、信号線駆動回路 804b 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、走査線駆動回路 804a 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、信号線駆動回路 804b と端子部 807 との間の配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。

#### 【0458】

20

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。

#### 【0459】

図 29 (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、走査線駆動回路 804a に保護回路 806 を接続した構成、または信号線駆動回路 804b 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。

30

#### 【0460】

また、図 29 (A) においては、走査線駆動回路 804a と信号線駆動回路 804b 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、走査線駆動回路 804a のみを形成し、別途用意された信号線駆動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。

#### 【0461】

< 画素回路の構成例 >

図 29 (A) に示す複数の画素回路 801 は、例えば、図 29 (B) に示す構成とすることができる。

40

#### 【0462】

図 29 (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。

#### 【0463】

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 (データ線 DL<sub>n</sub>) 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 (走査線 GL<sub>m</sub>) に電氣的に接続される。

#### 【0464】

トランジスタ 852 は、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。

#### 【0465】

50

容量素子 8 6 2 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 V L \_\_ a という）に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 8 5 2 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。

【 0 4 6 6 】

容量素子 8 6 2 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。

【 0 4 6 7 】

トランジスタ 8 5 4 のソース電極及びドレイン電極の一方は、電位供給線 V L \_\_ a に電氣的に接続される。さらに、トランジスタ 8 5 4 のゲート電極は、トランジスタ 8 5 2 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。

【 0 4 6 8 】

発光素子 8 7 2 のアノード及びカソードの一方は、電位供給線 V L \_\_ b に電氣的に接続され、他方は、トランジスタ 8 5 4 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。

【 0 4 6 9 】

発光素子 8 7 2 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。

【 0 4 7 0 】

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 4 7 1 】

図 2 9 ( B ) の画素回路 8 0 1 を有する表示装置では、例えば、図 2 9 ( A ) に示す走査線駆動回路 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 4 7 2 】

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。

【 0 4 7 3 】

また、画素回路に、トランジスタのしきい値電圧等の変動の影響を補正する機能を持たせてもよい。図 3 0 ( A ) ( B ) 及び図 3 1 ( A ) ( B ) に画素回路の一例を示す。

【 0 4 7 4 】

図 3 0 ( A ) に示す画素回路は、6 つのトランジスタ（トランジスタ 3 0 3 \_\_ 1 乃至 3 0 3 \_\_ 6 ）と、容量素子 3 0 4 と、発光素子 3 0 5 と、を有する。また、図 3 0 ( A ) に示す画素回路には、配線 3 0 1 \_\_ 1 乃至 3 0 1 \_\_ 5、並びに配線 3 0 2 \_\_ 1 及び配線 3 0 2 \_\_ 2 が電氣的に接続されている。なお、トランジスタ 3 0 3 \_\_ 1 乃至 3 0 3 \_\_ 6 については、例えば P チャネル型のトランジスタを用いることができる。

【 0 4 7 5 】

図 3 0 ( B ) に示す画素回路は、図 3 0 ( A ) に示す画素回路に、トランジスタ 3 0 3 \_\_ 7 を追加した構成である。また、図 3 0 ( B ) に示す画素回路には、配線 3 0 1 \_\_ 6 及び配線 3 0 1 \_\_ 7 が電氣的に接続されている。ここで、配線 3 0 1 \_\_ 5 と配線 3 0 1 \_\_ 6 とは、それぞれ電氣的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 3 0 3 \_\_ 7 については、例えば P チャネル型のトランジスタを用いることができる。

【 0 4 7 6 】

図 3 1 ( A ) に示す画素回路は、6 つのトランジスタ（トランジスタ 3 0 8 \_\_ 1 乃至 3 0 8 \_\_ 6 ）と、容量素子 3 0 4 と、発光素子 3 0 5 と、を有する。また、図 3 1 ( A ) に示す画素回路には、配線 3 0 6 \_\_ 1 乃至 3 0 6 \_\_ 3、並びに配線 3 0 7 \_\_ 1 乃至 3 0 7 \_\_ 3 が電氣的に接続されている。ここで配線 3 0 6 \_\_ 1 と配線 3 0 6 \_\_ 3 とは、それぞれ電氣的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 3 0 8 \_\_ 1 乃至 3 0 8 \_\_ 6 については、例えば P チャネル型のトランジスタを用いることができる。

10

20

30

40

50

## 【0477】

図31(B)に示す画素回路は、2つのトランジスタ(トランジスタ309\_1及びトランジスタ309\_2)と、2つの容量素子(容量素子304\_1及び容量素子304\_2)と、発光素子305と、を有する。また、図31(B)に示す画素回路には、配線311\_1乃至配線311\_3、配線312\_1、及び配線312\_2が電氣的に接続されている。また、図31(B)に示す画素回路の構成とすることで、例えば、電圧入力-電流駆動方式(CVCC方式ともいう)とすることができる。なお、トランジスタ309\_1及び309\_2については、例えばPチャネル型のトランジスタを用いることができる。

## 【0478】

10

また、本発明の一態様の発光素子は、表示装置の画素に能動素子を有するアクティブマトリクス方式、または、表示装置の画素に能動素子を有しないパッシブマトリクス方式のそれぞれの方式に適用することができる。

## 【0479】

アクティブマトリクス方式では、能動素子(アクティブ素子、非線形素子)として、トランジスタだけでなく、さまざまな能動素子(アクティブ素子、非線形素子)を用いることが出来る。例えば、MIM(Metal Insulator Metal)、又はTFD(Thin Film Diode)などを用いることも可能である。これらの素子は、製造工程が少ないため、製造コストの低減、又は歩留まりの向上を図ることができる。または、これらの素子は、素子のサイズが小さいため、開口率を向上させることができ、低消費電力化や高輝度化をはかることが出来る。

20

## 【0480】

アクティブマトリクス方式以外のものとして、能動素子(アクティブ素子、非線形素子)を用いないパッシブマトリクス型を用いることも可能である。能動素子(アクティブ素子、非線形素子)を用いないため、製造工程が少ないため、製造コストの低減、又は歩留まりの向上を図ることができる。または、能動素子(アクティブ素子、非線形素子)を用いないため、開口率を向上させることができ、低消費電力化、又は高輝度化などを行うことが出来る。

## 【0481】

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。

30

## 【0482】

## (実施の形態7)

本実施の形態においては、本発明の一態様の発光素子を有する表示装置、及び該表示装置に入力装置を取り付けた電子機器について、図32乃至図36を用いて説明を行う。

## 【0483】

## &lt;タッチパネルに関する説明1&gt;

なお、本実施の形態において、電子機器の一例として、表示装置と、入力装置とを合わせたタッチパネル2000について説明する。また、入力装置の一例として、タッチセンサを有する場合について説明する。

40

## 【0484】

図32(A)(B)は、タッチパネル2000の斜視図である。なお、図32(A)(B)において、明瞭化のため、タッチパネル2000の代表的な構成要素を示す。

## 【0485】

タッチパネル2000は、表示装置2501とタッチセンサ2595とを有する(図32(B)参照)。また、タッチパネル2000は、基板2510、基板2570、及び基板2590を有する。なお、基板2510、基板2570、及び基板2590はいずれも可撓性を有する。ただし、基板2510、基板2570、及び基板2590のいずれか一つまたは全てが可撓性を有さない構成としてもよい。

## 【0486】

50

表示装置 2501 は、基板 2510 上に複数の画素及び該画素に信号を供給することができる複数の配線 2511 を有する。複数の配線 2511 は、基板 2510 の外周部にまで引き回され、その一部が端子 2519 を構成している。端子 2519 は FPC 2509 (1) と電氣的に接続する。また、複数の配線 2511 は、信号線駆動回路 2503s (1) からの信号を複数の画素に供給することができる。

【0487】

基板 2590 は、タッチセンサ 2595 と、タッチセンサ 2595 と電氣的に接続する複数の配線 2598 とを有する。複数の配線 2598 は、基板 2590 の外周部に引き回され、その一部は端子を構成する。そして、該端子は FPC 2509 (2) と電氣的に接続される。なお、図 32 (B) では明瞭化のため、基板 2590 の裏面側 (基板 2510 と対向する面側) に設けられるタッチセンサ 2595 の電極や配線等を実線で示している。

10

【0488】

タッチセンサ 2595 として、例えば静電容量方式のタッチセンサを適用できる。静電容量方式としては、表面型静電容量方式、投影型静電容量方式等がある。

【0489】

投影型静電容量方式としては、主に駆動方式の違いから自己容量方式、相互容量方式などがある。相互容量方式を用いると同時多点検出が可能となるため好ましい。

【0490】

なお、図 32 (B) に示すタッチセンサ 2595 は、投影型静電容量方式のタッチセンサを適用した構成である。

20

【0491】

なお、タッチセンサ 2595 には、指等の検知対象の近接または接触を検知することができる、様々なセンサを適用することができる。

【0492】

投影型静電容量方式のタッチセンサ 2595 は、電極 2591 と電極 2592 とを有する。電極 2591 は、複数の配線 2598 のいずれかと電氣的に接続し、電極 2592 は複数の配線 2598 の他のいずれかと電氣的に接続する。

【0493】

電極 2592 は、図 32 (A) (B) に示すように、一方向に繰り返し配置された複数の四辺形が角部で接続される形状を有する。

30

【0494】

電極 2591 は四辺形であり、電極 2592 が延在する方向と交差する方向に繰り返し配置されている。

【0495】

配線 2594 は、電極 2592 を挟む二つの電極 2591 と電氣的に接続する。このとき、電極 2592 と配線 2594 の交差部の面積ができるだけ小さくなる形状が好ましい。これにより、電極が設けられていない領域の面積を低減でき、透過率のバラツキを低減できる。その結果、タッチセンサ 2595 を透過する光の輝度のバラツキを低減することができる。

40

【0496】

なお、電極 2591 及び電極 2592 の形状はこれに限定されず、様々な形状を取りうる。例えば、複数の電極 2591 をできるだけ隙間が生じないように配置し、絶縁層を介して電極 2592 を、電極 2591 と重ならない領域ができるように離間して複数設ける構成としてもよい。このとき、隣接する二つの電極 2592 の間に、これらとは電氣的に絶縁されたダミー電極を設けると、透過率の異なる領域の面積を低減するため好ましい。

【0497】

<表示装置に関する説明>

次に、図 33 (A) を用いて、表示装置 2501 の詳細について説明する。図 33 (A

50

)は、図32(B)に示す一点鎖線X1 - X2間の断面図に相当する。

【0498】

表示装置2501は、マトリクス状に配置された複数の画素を有する。該画素は表示素子と、該表示素子を駆動する画素回路とを有する。

【0499】

以下の説明においては、白色の光を射出する発光素子を表示素子に適用する場合について説明するが、表示素子はこれに限定されない。例えば、隣接する画素毎に射出する光の色が異なるように、発光色が異なる発光素子を適用してもよい。

【0500】

基板2510及び基板2570としては、例えば、水蒸気の透過率が $1 \times 10^{-5} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下、好ましくは $1 \times 10^{-6} \text{ g} \cdot \text{m}^{-2} \cdot \text{day}^{-1}$ 以下である可撓性を有する材料を好適に用いることができる。または、基板2510の熱膨張率と、基板2570の熱膨張率とが、およそ等しい材料を用いると好適である。例えば、線膨張率が $1 \times 10^{-3} / \text{K}$ 以下、好ましくは $5 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下、より好ましくは $1 \times 10^{-5} / \text{K}$ 以下である材料を好適に用いることができる。

10

【0501】

なお、基板2510は、発光素子への不純物の拡散を防ぐ絶縁層2510aと、可撓性基板2510bと、絶縁層2510a及び可撓性基板2510bを貼り合わせる接着層2510cと、を有する積層体である。また、基板2570は、発光素子への不純物の拡散を防ぐ絶縁層2570aと、可撓性基板2570bと、絶縁層2570a及び可撓性基板2570bを貼り合わせる接着層2570cと、を有する積層体である。

20

【0502】

接着層2510c及び接着層2570cとしては、例えば、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド(ナイロン、アラミド等)、ポリイミド、ポリカーボネートまたはアクリル、ウレタン、エポキシを用いることができる。また、シロキサン結合を有する樹脂を含む材料を用いることができる。

【0503】

また、基板2510と基板2570との間に封止層2560を有する。封止層2560は、空気より大きい屈折率を有すると好ましい。また、図33(A)に示すように、封止層2560側に光を取り出す場合は、封止層2560は光学的な接合層を兼ねることができる。

30

【0504】

また、封止層2560の外周部にシール材を形成してもよい。当該シール材を用いることにより、基板2510、基板2570、封止層2560、及びシール材で囲まれた領域に発光素子2550Rを有する構成とすることができる。なお、封止層2560として、不活性気体(窒素やアルゴン等)を充填してもよい。また、当該不活性気体内に、乾燥剤を設けて、水分等を吸着させる構成としてもよい。あるいは、アクリルやエポキシ等の樹脂によって充填してもよい。また、上述のシール材としては、例えば、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、シール材に用いる材料としては、水分や酸素を透過しない材料を用いると好適である。

40

【0505】

また、表示装置2501は、画素2502Rを有する。また、画素2502Rは発光モジュール2580Rを有する。

【0506】

画素2502Rは、発光素子2550Rと、発光素子2550Rに電力を供給することができるトランジスタ2502tとを有する。なお、トランジスタ2502tは、画素回路の一部として機能する。また、発光モジュール2580Rは、発光素子2550Rと、着色層2567Rとを有する。

【0507】

発光素子2550Rは、下部電極と、上部電極と、下部電極と上部電極の間にEL層と

50

を有する。発光素子 2 5 5 0 R として、例えば、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示す発光素子を適用することができる。

【 0 5 0 8 】

また、下部電極と上部電極との間で、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。

【 0 5 0 9 】

また、封止層 2 5 6 0 が光を取り出す側に設けられている場合、封止層 2 5 6 0 は、発光素子 2 5 5 0 R と着色層 2 5 6 7 R に接する。

【 0 5 1 0 】

着色層 2 5 6 7 R は、発光素子 2 5 5 0 R と重なる位置にある。これにより、発光素子 2 5 5 0 R が発する光の一部は着色層 2 5 6 7 R を透過して、図中に示す矢印の方向の発光モジュール 2 5 8 0 R の外部に射出される。

10

【 0 5 1 1 】

また、表示装置 2 5 0 1 には、光を射出する方向に遮光層 2 5 6 7 B M が設けられる。遮光層 2 5 6 7 B M は、着色層 2 5 6 7 R を囲むように設けられている。

【 0 5 1 2 】

着色層 2 5 6 7 R としては、特定の波長領域の光を透過する機能を有していればよく、例えば、赤色の波長領域の光を透過するカラーフィルタ、緑色の波長領域の光を透過するカラーフィルタ、青色の波長領域の光を透過するカラーフィルタ、黄色の波長領域の光を透過するカラーフィルタなどを用いることができる。各カラーフィルタは、様々な材料を用いて、印刷法、インクジェット法、フォトリソグラフィ技術を用いたエッチング方法などで形成することができる。

20

【 0 5 1 3 】

また、表示装置 2 5 0 1 には、絶縁層 2 5 2 1 が設けられる。絶縁層 2 5 2 1 はトランジスタ 2 5 0 2 t を覆う。なお、絶縁層 2 5 2 1 は、画素回路に起因する凹凸を平坦化するための機能を有する。また、絶縁層 2 5 2 1 に不純物の拡散を抑制できる機能を付与してもよい。これにより、不純物の拡散によるトランジスタ 2 5 0 2 t 等の信頼性の低下を抑制できる。

【 0 5 1 4 】

また、発光素子 2 5 5 0 R は、絶縁層 2 5 2 1 の上方に形成される。また、発光素子 2 5 5 0 R が有する下部電極には、該下部電極の端部に重なる隔壁 2 5 2 8 が設けられる。なお、基板 2 5 1 0 と、基板 2 5 7 0 との間隔を制御するスペーサを、隔壁 2 5 2 8 上に形成してもよい。

30

【 0 5 1 5 】

走査線駆動回路 2 5 0 3 g ( 1 ) は、トランジスタ 2 5 0 3 t と、容量素子 2 5 0 3 c とを有する。なお、駆動回路を画素回路と同一の工程で同一基板上に形成することができる。

【 0 5 1 6 】

また、基板 2 5 1 0 上には、信号を供給することができる配線 2 5 1 1 が設けられる。また、配線 2 5 1 1 上には、端子 2 5 1 9 が設けられる。また、端子 2 5 1 9 には、F P C 2 5 0 9 ( 1 ) が電氣的に接続される。また、F P C 2 5 0 9 ( 1 ) は、ビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を供給する機能を有する。なお、F P C 2 5 0 9 ( 1 ) にはプリント配線基板 ( P W B ) が取り付けられていても良い。

40

【 0 5 1 7 】

また、表示装置 2 5 0 1 には、様々な構造のトランジスタを適用することができる。図 3 3 ( A ) においては、ボトムゲート型のトランジスタを適用する場合について、例示しているが、これに限定されず、例えば、図 3 3 ( B ) に示す、トップゲート型のトランジスタを表示装置 2 5 0 1 に適用する構成としてもよい。

【 0 5 1 8 】

また、トランジスタ 2 5 0 2 t 及びトランジスタ 2 5 0 3 t の極性については、特に限

50

定はなく、Nチャネル型およびPチャネル型のトランジスタを有する構造、Nチャネル型のトランジスタまたはPチャネル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2502t及び2503t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、14族の半導体（例えば、ケイ素を有する半導体）、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2502t及びトランジスタ2503tのいずれか一方または双方に、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。当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、Sn、Hf、またはNdを表す）等が挙げられる。

10

#### 【0519】

<タッチセンサに関する説明>

次に、図33(C)を用いて、タッチセンサ2595の詳細について説明する。図33(C)は、図32(B)に示す一点鎖線X3-X4間の断面図に相当する。

#### 【0520】

タッチセンサ2595は、基板2590上に千鳥状に配置された電極2591及び電極2592と、電極2591及び電極2592を覆う絶縁層2593と、隣り合う電極2591を電氣的に接続する配線2594とを有する。

#### 【0521】

20

電極2591及び電極2592は、透光性を有する導電材料を用いて形成する。透光性を有する導電性材料としては、酸化インジウム、インジウム錫酸化物、インジウム亜鉛酸化物、酸化亜鉛、ガリウムを添加した酸化亜鉛などの導電性酸化物を用いることができる。なお、グラフェンを含む膜を用いることもできる。グラフェンを含む膜は、例えば膜状に形成された酸化グラフェンを含む膜を還元して形成することができる。還元する方法としては、熱を加える方法等を挙げることができる。

#### 【0522】

例えば、透光性を有する導電性材料を基板2590上にスパッタリング法により成膜した後、フォトリソグラフィ法等の様々なパターン形成技術により、不要な部分を除去して、電極2591及び電極2592を形成することができる。

30

#### 【0523】

また、絶縁層2593に用いる材料としては、例えば、アクリル、エポキシなどの樹脂、シロキサン結合を有する樹脂の他、酸化シリコン、酸化窒化シリコン、酸化アルミニウムなどの無機絶縁材料を用いることもできる。

#### 【0524】

また、電極2591に達する開口が絶縁層2593に設けられ、配線2594が隣接する電極2591と電氣的に接続する。透光性の導電性材料は、タッチパネルの開口率を高めることができるため、配線2594に好適に用いることができる。また、電極2591及び電極2592より導電性の高い材料は、電気抵抗を低減できるため配線2594に好適に用いることができる。

40

#### 【0525】

電極2592は、一方向に延在し、複数の電極2592がストライプ状に設けられている。また、配線2594は電極2592と交差して設けられている。

#### 【0526】

一对の電極2591が1つの電極2592を挟んで設けられる。また、配線2594は一对の電極2591を電氣的に接続している。

#### 【0527】

なお、複数の電極2591は、1つの電極2592と必ずしも直交する方向に配置される必要はなく、0度より大きく90度未満の角度をなすように配置されてもよい。

#### 【0528】

50

また、配線 2598 は、電極 2591 または電極 2592 と電氣的に接続される。また、配線 2598 の一部は、端子として機能する。配線 2598 としては、例えば、アルミニウム、金、白金、銀、ニッケル、チタン、タングステン、クロム、モリブデン、鉄、コバルト、銅、またはパラジウム等の金属材料や、該金属材料を含む合金材料を用いることができる。

【0529】

なお、絶縁層 2593 及び配線 2594 を覆う絶縁層を設けて、タッチセンサ 2595 を保護してもよい。

【0530】

また、接続層 2599 は、配線 2598 と FPC 2509 (2) を電氣的に接続させる。

10

【0531】

接続層 2599 としては、異方性導電フィルム (ACF: Anisotropic Conductive Film) や、異方性導電ペースト (ACP: Anisotropic Conductive Paste) などを用いることができる。

【0532】

< タッチパネルに関する説明 2 >

次に、図 34 (A) を用いて、タッチパネル 2000 の詳細について説明する。図 34 (A) は、図 32 (A) に示す一点鎖線 X5 - X6 間の断面図に相当する。

【0533】

20

図 34 (A) に示すタッチパネル 2000 は、図 33 (A) で説明した表示装置 2501 と、図 33 (C) で説明したタッチセンサ 2595 と、を貼り合わせた構成である。

【0534】

また、図 34 (A) に示すタッチパネル 2000 は、図 33 (A) 及び図 33 (C) で説明した構成の他、接着層 2597 と、反射防止層 2567p と、を有する。

【0535】

接着層 2597 は、配線 2594 と接して設けられる。なお、接着層 2597 は、タッチセンサ 2595 が表示装置 2501 に重なるように、基板 2590 を基板 2570 に貼り合わせている。また、接着層 2597 は、透光性を有すると好ましい。また、接着層 2597 としては、熱硬化性樹脂、または紫外線硬化樹脂を用いることができる。例えば、

30

【0536】

反射防止層 2567p は、画素に重なる位置に設けられる。反射防止層 2567p として、例えば円偏光板を用いることができる。

【0537】

次に、図 34 (A) に示す構成と異なる構成のタッチパネルについて、図 34 (B) を用いて説明する。

【0538】

図 34 (B) は、タッチパネル 2001 の断面図である。図 34 (B) に示すタッチパネル 2001 は、図 34 (A) に示すタッチパネル 2000 と、表示装置 2501 に対するタッチセンサ 2595 の位置が異なる。ここでは異なる構成について詳細に説明し、同様の構成を用いることができる部分は、タッチパネル 2000 の説明を援用する。

40

【0539】

着色層 2567R は、発光素子 2550R と重なる位置にある。また、図 34 (B) に示す発光素子 2550R は、トランジスタ 2502t が設けられている側に光を射出する。これにより、発光素子 2550R が発する光の一部は、着色層 2567R を透過して、図中に示す矢印の方向の発光モジュール 2580R の外部に射出される。

【0540】

また、タッチセンサ 2595 は、表示装置 2501 の基板 2510 側に設けられている

50

。

【 0 5 4 1 】

接着層 2 5 9 7 は、基板 2 5 1 0 と基板 2 5 9 0 の間にあり、表示装置 2 5 0 1 とタッチセンサ 2 5 9 5 を貼り合わせる。

【 0 5 4 2 】

図 3 4 ( A ) ( B ) に示すように、発光素子から射出される光は、基板 2 5 1 0 及び基板 2 5 7 0 のいずれか一方または双方を通して射出されればよい。

【 0 5 4 3 】

< タッチパネルの駆動方法に関する説明 >

次に、タッチパネルの駆動方法の一例について、図 3 5 ( A ) ( B ) を用いて説明を行う。

10

【 0 5 4 4 】

図 3 5 ( A ) は、相互容量方式のタッチセンサの構成を示すブロック図である。図 3 5 ( A ) では、パルス電圧出力回路 2 6 0 1、電流検出回路 2 6 0 2 を示している。なお、図 3 5 ( A ) では、パルス電圧が与えられる電極 2 6 2 1 を X 1 - X 6 として、電流の変化を検知する電極 2 6 2 2 を Y 1 - Y 6 として、それぞれ 6 本の配線で例示している。また、図 3 5 ( A ) は、電極 2 6 2 1 と、電極 2 6 2 2 とが重畳することで形成される容量 2 6 0 3 を示している。なお、電極 2 6 2 1 と電極 2 6 2 2 とはその機能を互いに置き換えてもよい。

20

【 0 5 4 5 】

パルス電圧出力回路 2 6 0 1 は、X 1 - X 6 の配線に順にパルス印加するための回路である。X 1 - X 6 の配線にパルス電圧が印加されることで、容量 2 6 0 3 を形成する電極 2 6 2 1 と電極 2 6 2 2 との間に電界が生じる。この電極間に生じる電界が遮蔽等により容量 2 6 0 3 の相互容量に変化を生じさせることを利用して、被検知体の近接、または接触を検出することができる。

【 0 5 4 6 】

電流検出回路 2 6 0 2 は、容量 2 6 0 3 での相互容量の変化による、Y 1 - Y 6 の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y 1 - Y 6 の配線では、被検知体の近接、または接触がないと検出される電流値に変化はないが、検出する被検知体の近接、または接触により相互容量が減少する場合には電流値が減少する変化を検出する。なお電流の検出は、積分回路等を用いて行えばよい。

30

【 0 5 4 7 】

次に、図 3 5 ( B ) には、図 3 5 ( A ) で示す相互容量方式のタッチセンサにおける入出力波形のタイミングチャートを示す。図 3 5 ( B ) では、1 フレーム期間で各行列での被検知体の検出を行う。また図 3 5 ( B ) では、被検知体を検出しない場合 ( 非タッチ ) と被検知体を検出する場合 ( タッチ ) との 2 つの場合について示している。なお、図 3 5 ( B ) では、Y 1 - Y 6 の配線で検出される電流値に対応する電圧値の波形を示している。

。

【 0 5 4 8 】

X 1 - X 6 の配線には、順にパルス電圧が与えられ、該パルス電圧にしたがって Y 1 - Y 6 の配線での波形が変化する。被検知体の近接または接触がない場合には、X 1 - X 6 の配線の電圧の変化に応じて Y 1 - Y 6 の波形が一様に変化する。一方、被検知体が近接または接触する箇所では、電流値が減少するため、これに対応する電圧値の波形も変化する。

40

【 0 5 4 9 】

このように、相互容量の変化を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

【 0 5 5 0 】

< センサ回路に関する説明 >

また、図 3 5 ( A ) ではタッチセンサとして配線の交差部に容量 2 6 0 3 のみを設ける

50

パッシブマトリクス型のタッチセンサの構成を示したが、トランジスタと容量とを有するアクティブマトリクス型のタッチセンサとしてもよい。アクティブマトリクス型のタッチセンサに含まれるセンサ回路の一例を図36に示す。

【0551】

図36に示すセンサ回路は、容量2603と、トランジスタ2611と、トランジスタ2612と、トランジスタ2613とを有する。

【0552】

トランジスタ2613はゲートに信号G2が与えられ、ソースまたはドレインの一方に電圧VRESが与えられ、他方が容量2603の一方の電極およびトランジスタ2611のゲートと電氣的に接続する。トランジスタ2611は、ソースまたはドレインの一方がトランジスタ2612のソースまたはドレインの一方と電氣的に接続し、他方に電圧VSSが与えられる。トランジスタ2612は、ゲートに信号G1が与えられ、ソースまたはドレインの他方が配線MLと電氣的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

【0553】

次に、図36に示すセンサ回路の動作について説明する。まず、信号G2としてトランジスタ2613をオン状態とする電位が与えられることで、トランジスタ2611のゲートが接続されるノードnに電圧VRESに対応した電位が与えられる。次に、信号G2としてトランジスタ2613をオフ状態とする電位が与えられることで、ノードnの電位が保持される。

【0554】

続いて、指等の被検知体の近接または接触により、容量2603の相互容量が変化することに伴い、ノードnの電位がVRESから変化する。

【0555】

読み出し動作は、信号G1にトランジスタ2612をオン状態とする電位を与える。ノードnの電位に応じてトランジスタ2611に流れる電流、すなわち配線MLに流れる電流が変化する。この電流を検出することにより、被検知体の近接または接触を検出することができる。

【0556】

トランジスタ2611、トランジスタ2612、及びトランジスタ2613としては、酸化物半導体層をチャネル領域が形成される半導体層に用いることが好ましい。とくにトランジスタ2613にこのようなトランジスタを適用することにより、ノードnの電位を長期間に亘って保持することが可能となり、ノードnにVRESを供給しなおす動作（リフレッシュ動作）の頻度を減らすことができる。

【0557】

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。

【0558】

（実施の形態8）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する表示モジュール及び電子機器について、図37乃至図40を用いて説明を行う。

【0559】

<表示モジュールに関する説明>

図37に示す表示モジュール8000は、上部カバー8001と下部カバー8002との間に、FPC8003に接続されたタッチセンサ8004、FPC8005に接続された表示装置8006、フレーム8009、プリント基板8010、バッテリー8011を有する。

【0560】

本発明の一態様の発光素子は、例えば、表示装置8006に用いることができる。

【0561】

上部カバー 8001 及び下部カバー 8002 は、タッチセンサ 8004 及び表示装置 8006 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。

【0562】

タッチセンサ 8004 は、抵抗膜方式または静電容量方式のタッチセンサを表示装置 8006 に重畳して用いることができる。また、表示装置 8006 の対向基板（封止基板）に、タッチセンサ機能を持たせるようにすることも可能である。また、表示装置 8006 の各画素内に光センサを設け、光学式のタッチセンサとすることも可能である。

【0563】

フレーム 8009 は、表示装置 8006 の保護機能の他、プリント基板 8010 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 8009 は、放熱板としての機能を有していてもよい。

10

【0564】

プリント基板 8010 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 8011 による電源であってもよい。バッテリー 8011 は、商用電源を用いる場合には、省略可能である。

【0565】

また、表示モジュール 8000 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。

【0566】

20

< 電子機器に関する説明 >

図 38 (A) 乃至図 38 (G) は、電子機器を示す図である。これらの電子機器は、筐体 9000、表示部 9001、スピーカ 9003、操作キー 9005（電源スイッチ、又は操作スイッチを含む）、接続端子 9006、センサ 9007（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、におい又は赤外線を測定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。また、センサ 9007 は、脈拍センサや指紋センサ等のように生体情報を測定する機能を有してもよい。

【0567】

図 38 (A) 乃至図 38 (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 38 (A) 乃至図 38 (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 38 (A) 乃至図 38 (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。

30

40

【0568】

図 38 (A) 乃至図 38 (G) に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0569】

図 38 (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。

50

## 【0570】

図38(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38(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。

10

## 【0571】

図38(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の使用者は、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。使用者は、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。

20

## 【0572】

図38(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9200は、移動電話、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。

30

## 【0573】

図38(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38(E)が携帯情報端末9201を展開した状態の斜視図であり、図38(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38(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。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。

40

## 【0574】

また、電子機器としては、例えば、テレビジョン装置(テレビ、又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)、ゴーグル型

50

ディスプレイ（ヘッドマウントディスプレイ）、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。

【０５７５】

図３９（Ａ）にテレビジョン装置の一例を示す。テレビジョン装置９３００は、筐体９０００に表示部９００１が組み込まれている。ここでは、スタンド９３０１により筐体９０００を支持した構成を示している。

【０５７６】

図３９（Ａ）に示すテレビジョン装置９３００の操作は、筐体９０００が備える操作スイッチや、別体のリモコン操作機９３１１により行うことができる。または、表示部９００１にタッチセンサを備えていてもよく、指等で表示部９００１に触れることで操作してもよい。リモコン操作機９３１１は、当該リモコン操作機９３１１から出力する情報を表示する表示部を有していてもよい。リモコン操作機９３１１が備える操作キー又はタッチパネルにより、チャンネルや音量の操作を行うことができ、表示部９００１に表示される映像を操作することができる。

【０５７７】

なお、テレビジョン装置９３００は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができる。また、モデムを介して有線又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）又は双方向（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。

【０５７８】

また、本発明の一態様の電子機器又は照明装置は可撓性を有するため、家屋やビルの内壁もしくは外壁、又は、自動車の内装もしくは外装の曲面に沿って組み込むことも可能である。

【０５７９】

図３９（Ｂ）に自動車９７００の外観を示す。図３９（Ｃ）に自動車９７００の運転席を示す。自動車９７００は、車体９７０１、車輪９７０２、ダッシュボード９７０３、ライト９７０４等を有する。本発明の一態様の表示装置又は発光装置等は、自動車９７００の表示部などに用いることができる。例えば、図３９（Ｃ）に示す表示部９７１０乃至表示部９７１５に本発明の一態様の表示装置又は発光装置等を設けることができる。

【０５８０】

表示部９７１０と表示部９７１１は、自動車のフロントガラスに設けられた表示装置である。本発明の一態様の表示装置又は発光装置等は、電極や配線を、透光性を有する導電性材料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とすることができる。表示部９７１０や表示部９７１１がシースルー状態であれば、自動車９７００の運転時にも視界の妨げになることがない。よって、本発明の一態様の表示装置又は発光装置等を自動車９７００のフロントガラスに設置することができる。なお、表示装置又は発光装置等を駆動するためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料を用いた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よい。

【０５８１】

表示部９７１２はピラー部分に設けられた表示装置である。例えば、車体に設けられた撮像手段からの映像を表示部９７１２に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。表示部９７１３はダッシュボード部分に設けられた表示装置である。例えば、車体に設けられた撮像手段からの映像を表示部９７１３に映し出すことによって、ダッシュボードで遮られた視界を補完することができる。すなわち、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。また、見えない部分を補完する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。

【０５８２】

また、図３９（Ｄ）は、運転席と助手席にベンチシートを採用した自動車の室内を示し

10

20

30

40

50

ている。表示部 9721 は、ドア部に設けられた表示装置である。例えば、車体に設けられた撮像手段からの映像を表示部 9721 に映し出すことによって、ドアで遮られた視界を補完することができる。また、表示部 9722 は、ハンドルに設けられた表示装置である。表示部 9723 は、ベンチシートの座面の中央部に設けられた表示装置である。なお、表示装置を座面や背もたれ部分などに設置して、当該表示装置を、当該表示装置の発熱を熱源としたシートヒーターとして利用することもできる。

#### 【0583】

表示部 9714、表示部 9715、または表示部 9722 はナビゲーション情報、スピードメーターやタコメーター、走行距離、給油量、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。また、表示部に表示される表示項目やレイアウトなどは、使用者の好みに合わせて適宜変更することができる。なお、上記情報は、表示部 9710 乃至表示部 9713、表示部 9721、表示部 9723 にも表示することができる。また、表示部 9710 乃至表示部 9715、表示部 9721 乃至表示部 9723 は照明装置として用いることも可能である。また、表示部 9710 乃至表示部 9715、表示部 9721 乃至表示部 9723 は加熱装置として用いることも可能である。

#### 【0584】

また、本発明の一態様の電子機器は、二次電池を有していてもよく、非接触電力伝送を用いて、二次電池を充電することができると好ましい。

#### 【0585】

二次電池としては、例えば、ゲル状電解質を用いるリチウムポリマー電池（リチウムイオンポリマー電池）等のリチウムイオン二次電池、リチウムイオン電池、ニッケル水素電池、ニカド電池、有機ラジカル電池、鉛蓄電池、空気二次電池、ニッケル亜鉛電池、銀亜鉛電池などが挙げられる。

#### 【0586】

本発明の一態様の電子機器は、アンテナを有していてもよい。アンテナで信号を受信することで、表示部で映像や情報等の表示を行うことができる。また、電子機器が二次電池を有する場合、アンテナを、非接触電力伝送に用いてもよい。

#### 【0587】

図 40 (A) (B) に示す表示装置 9500 は、複数の表示パネル 9501 と、軸部 9511 と、軸受部 9512 と、を有する。また、複数の表示パネル 9501 は、表示領域 9502 と、透光性を有する領域 9503 と、を有する。

#### 【0588】

また、複数の表示パネル 9501 は、可撓性を有する。また、隣接する 2 つの表示パネル 9501 は、それらの一部が互いに重なるように設けられる。例えば、隣接する 2 つの表示パネル 9501 の透光性を有する領域 9503 を重ね合わせることができる。複数の表示パネル 9501 を用いることで、大画面の表示装置とすることができる。また、使用状況に応じて、表示パネル 9501 を巻き取ることが可能であるため、汎用性に優れた表示装置とすることができる。

#### 【0589】

また、図 40 (A) (B) においては、表示領域 9502 が隣接する表示パネル 9501 で離間する状態を図示しているが、これに限定されず、例えば、隣接する表示パネル 9501 の表示領域 9502 を隙間なく重ねあわせることで、連続した表示領域 9502 としてもよい。

#### 【0590】

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素子は、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。

## 【 0 5 9 1 】

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 5 9 2 】

(実施の形態 9)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を有する発光装置について、図 4 1 及び図 4 2 を用いて説明する。

## 【 0 5 9 3 】

本実施の形態で示す、発光装置 3 0 0 0 の斜視図を図 4 1 ( A ) に、図 4 1 ( A ) に示す一点鎖線 E - F 間に相当する断面図を図 4 1 ( B ) に、それぞれ示す。なお、図 4 1 ( A ) において、図面の煩雑さを避けるために、構成要素の一部を破線で表示している。

10

## 【 0 5 9 4 】

図 4 1 ( A ) ( B ) に示す発光装置 3 0 0 0 は、基板 3 0 0 1 と、基板 3 0 0 1 上の発光素子 3 0 0 5 と、発光素子 3 0 0 5 の外周に設けられた第 1 の封止領域 3 0 0 7 と、第 1 の封止領域 3 0 0 7 の外周に設けられた第 2 の封止領域 3 0 0 9 と、を有する。

## 【 0 5 9 5 】

また、発光素子 3 0 0 5 からの発光は、基板 3 0 0 1 及び基板 3 0 0 3 のいずれか一方または双方から射出される。図 4 1 ( A ) ( B ) においては、発光素子 3 0 0 5 からの発光が下方側 ( 基板 3 0 0 1 側 ) に射出される構成について説明する。

## 【 0 5 9 6 】

20

また、図 4 1 ( A ) ( B ) に示すように、発光装置 3 0 0 0 は、発光素子 3 0 0 5 が第 1 の封止領域 3 0 0 7 と、第 2 の封止領域 3 0 0 9 とに、囲まれて配置される二重封止構造である。二重封止構造とすることで、発光素子 3 0 0 5 側に入り込む外部の不純物 ( 例えば、水、酸素など ) を、好適に抑制することができる。ただし、第 1 の封止領域 3 0 0 7 及び第 2 の封止領域 3 0 0 9 を、必ずしも設ける必要はない。例えば、第 1 封止領域 3 0 0 7 のみの構成としてもよい。

## 【 0 5 9 7 】

なお、図 4 1 ( B ) において、第 1 の封止領域 3 0 0 7 及び第 2 の封止領域 3 0 0 9 は、基板 3 0 0 1 及び基板 3 0 0 3 と接して設けられる。ただし、これに限定されず、例えば、第 1 の封止領域 3 0 0 7 及び第 2 の封止領域 3 0 0 9 の一方または双方は、基板 3 0 0 1 の上方に形成される絶縁膜、あるいは導電膜と接して設けられる構成としてもよい。または、第 1 の封止領域 3 0 0 7 及び第 2 の封止領域 3 0 0 9 の一方または双方は、基板 3 0 0 3 の下方に形成される絶縁膜、あるいは導電膜と接して設けられる構成としてもよい。

30

## 【 0 5 9 8 】

基板 3 0 0 1 及び基板 3 0 0 3 としては、それぞれ先の実施の形態 3 に記載の基板 2 0 0 と、基板 2 2 0 と同様の構成とすればよい。発光素子 3 0 0 5 としては、先の実施の形態に記載の発光素子と同様の構成とすればよい。

## 【 0 5 9 9 】

第 1 の封止領域 3 0 0 7 としては、ガラスを含む材料 ( 例えば、ガラスフリット、ガラスリボン等 ) を用いればよい。また、第 2 の封止領域 3 0 0 9 としては、樹脂を含む材料を用いればよい。第 1 の封止領域 3 0 0 7 として、ガラスを含む材料を用いることで、生産性や封止性を高めることができる。また、第 2 の封止領域 3 0 0 9 として、樹脂を含む材料を用いることで、耐衝撃性や耐熱性を高めることができる。ただし、第 1 の封止領域 3 0 0 7 と、第 2 の封止領域 3 0 0 9 とは、これに限定されず、第 1 の封止領域 3 0 0 7 が樹脂を含む材料で形成され、第 2 の封止領域 3 0 0 9 がガラスを含む材料で形成されてもよい。

40

## 【 0 6 0 0 】

また、上述のガラスフリットとしては、例えば、酸化マグネシウム、酸化カルシウム、酸化ストロンチウム、酸化バリウム、酸化セシウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸

50

化ホウ素、酸化バナジウム、酸化亜鉛、酸化テルル、酸化アルミニウム、二酸化珪素、酸化鉛、酸化スズ、酸化リン、酸化ルテニウム、酸化ロジウム、酸化鉄、酸化銅、二酸化マンガン、酸化モリブデン、酸化ニオブ、酸化チタン、酸化タングステン、酸化ビスマス、酸化ジルコニウム、酸化リチウム、酸化アンチモン、ホウ酸鉛ガラス、リン酸スズガラス、バナジン酸塩ガラス又はホウケイ酸ガラス等を含む。赤外光を吸収させるため、少なくとも一種以上の変移金属を含むことが好ましい。

【0601】

また、上述のガラスフリットとしては、例えば、基板上にフリットペーストを塗布し、これに加熱処理、またはレーザ照射などを行う。フリットペーストには、上記ガラスフリットと、有機溶媒で希釈した樹脂（バインダとも呼ぶ）とが含まれる。また、ガラスフリットにレーザ光の波長の光を吸収する吸収剤を添加したものをを用いても良い。また、レーザとして、例えば、Nd:YAGレーザや半導体レーザなどを用いることが好ましい。また、レーザ照射の際のレーザの照射形状は、円形でも四角形でもよい。

10

【0602】

また、上述の樹脂を含む材料としては、例えば、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド（ナイロン、アラミド等）、ポリイミド、ポリカーボネートまたはアクリル、ウレタン、エポキシを用いることができる。また、シロキサン結合を有する樹脂を含む材料を用いることができる。

【0603】

なお、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009のいずれか一方または双方にガラスを含む材料を用いる場合、当該ガラスを含む材料と、基板3001との熱膨張率が近いことが好ましい。上記構成とすることで、熱応力によりガラスを含む材料または基板3001にクラックが入るのを抑制することができる。

20

【0604】

例えば、第1の封止領域3007にガラスを含む材料を用い、第2の封止領域3009に樹脂を含む材料を用いる場合、以下の優れた効果を有する。

【0605】

第2の封止領域3009は、第1の封止領域3007よりも、発光装置3000の外周部に近い側に設けられる。発光装置3000は、外周部に向かうにつれ、外力等による歪みが大きくなる。よって、歪みが大きくなる発光装置3000の外周部側、すなわち第2の封止領域3009に、樹脂を含む材料によって封止し、第2の封止領域3009よりも内側に設けられる第1の封止領域3007にガラスを含む材料を用いて封止することで、外力等の歪みが生じて発光装置3000が壊れにくくなる。

30

【0606】

また、図41(B)に示すように、基板3001、基板3003、第1の封止領域3007、及び第2の封止領域3009に囲まれた領域には、第1の領域3011が形成される。また、基板3001、基板3003、発光素子3005、及び第1の封止領域3007に囲まれた領域には、第2の領域3013が形成される。

【0607】

第1の領域3011及び第2の領域3013としては、例えば、希ガスまたは窒素ガス等の不活性ガスが充填されていると好ましい。あるいは、アクリルやエポキシ等の樹脂が充填されていると好ましい。なお、第1の領域3011及び第2の領域3013としては、大気圧状態よりも減圧状態であると好ましい。

40

【0608】

また、図41(B)に示す構成の変形例を図41(C)に示す。図41(C)は、発光装置3000の変形例を示す断面図である。

【0609】

図41(C)は、基板3003の一部に凹部を設け、該凹部に乾燥剤3018を設ける構成である。それ以外の構成については、図41(B)に示す構成と同じである。

【0610】

50

乾燥剤 3018 としては、化学吸着によって水分等を吸着する物質、または物理吸着によって水分等を吸着する物質を用いることができる。例えば、乾燥剤 3018 として用いることができる物質としては、アルカリ金属の酸化物、アルカリ土類金属の酸化物（酸化カルシウムや酸化バリウム等）、硫酸塩、金属ハロゲン化物、過塩素酸塩、ゼオライト、シリカゲル等が挙げられる。

【0611】

次に、図 41 (B) に示す発光装置 3000 の変形例について、図 42 (A) (B) (C) (D) を用いて説明する。なお、図 42 (A) (B) (C) (D) は、図 41 (B) に示す発光装置 3000 の変形例を説明する断面図である。

【0612】

図 42 (A) (B) (C) (D) に示す発光装置は、第 2 の封止領域 3009 を設けずに、第 1 の封止領域 3007 とした構成である。また、図 42 (A) (B) (C) (D) に示す発光装置は、図 41 (B) に示す第 2 の領域 3013 の代わりに領域 3014 を有する。

【0613】

領域 3014 としては、例えば、ポリエステル、ポリオレフィン、ポリアミド（ナイロン、アラミド等）、ポリイミド、ポリカーボネートまたはアクリル、ウレタン、エポキシを用いることができる。また、シロキサン結合を有する樹脂を含む材料を用いることができる。

【0614】

領域 3014 として、上述の材料を用いることで、いわゆる固体封止の発光装置とすることができる。

【0615】

また、図 42 (B) に示す発光装置は、図 42 (A) に示す発光装置の基板 3001 側に、基板 3015 を設ける構成である。

【0616】

基板 3015 は、図 42 (B) に示すように凹凸を有する。凹凸を有する基板 3015 を、発光素子 3005 の光を取り出す側に設ける構成とすることで、発光素子 3005 からの光の取出し効率を向上させることができる。なお、図 42 (B) に示すような凹凸を有する構造の代わりに、拡散板として機能する基板を設けてもよい。

【0617】

また、図 42 (C) に示す発光装置は、図 42 (A) に示す発光装置が基板 3001 側から光を取り出す構造であったのに対し、基板 3003 側から光を取り出す構造である。

【0618】

図 42 (C) に示す発光装置は、基板 3003 側に基板 3015 を有する。それ以外の構成は、図 42 (B) に示す発光装置と同様である。

【0619】

また、図 42 (D) に示す発光装置は、図 42 (C) に示す発光装置の基板 3003、3015 を設けずに、基板 3016 を設ける構成である。

【0620】

基板 3016 は、発光素子 3005 の近い側に位置する第 1 の凹凸と、発光素子 3005 の遠い側に位置する第 2 の凹凸と、を有する。図 42 (D) に示す構成とすることで、発光素子 3005 からの光の取出し効率をさらに、向上させることができる。

【0621】

したがって、本実施の形態に示す構成を実施することにより、水分や酸素などの不純物による発光素子の劣化が抑制された発光装置を実現することができる。または、本実施の形態に示す構成を実施することにより、光取出し効率の高い発光装置を実現することができる。

【0622】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態に示す構成と適宜組み合わせること

10

20

30

40

50

ができる。

【0623】

(実施の形態10)

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子を様々な照明装置及び電子機器に適用する一例について、図43及び図44を用いて説明する。

【0624】

本発明の一態様の発光素子を、可撓性を有する基板上に作製することで、曲面を有する発光領域を有する電子機器、照明装置を実現することができる。

【0625】

また、本発明の一態様を適用した発光装置は、自動車の照明にも適用することができ、例えば、ダッシュボードや、フロントガラス、天井等に照明を設置することもできる。

10

【0626】

図43(A)は、多機能端末3500の一方の面の斜視図を示し、図43(B)は、多機能端末3500の他方の面の斜視図を示している。多機能端末3500は、筐体3502に表示部3504、カメラ3506、照明3508等が組み込まれている。本発明の一態様の発光装置を照明3508に用いることができる。

【0627】

照明3508は、本発明の一態様の発光装置を用いることで、面光源として機能する。したがって、LEDに代表される点光源と異なり、指向性が少ない発光が得られる。例えば、照明3508とカメラ3506とを組み合わせる用いる場合、照明3508を点灯または点滅させて、カメラ3506により撮像することができる。照明3508としては、面光源としての機能を有するため、自然光の下で撮影したような写真を撮影することができる。

20

【0628】

なお、図43(A)、(B)に示す多機能端末3500は、図38(A)乃至図38(G)に示す電子機器と同様に、様々な機能を有することができる。

【0629】

また、筐体3502の内部に、スピーカ、センサ(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、におい又は赤外線を測定する機能を含むもの)、マイクロフォン等を有することができる。また、多機能端末3500の内部に、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、多機能端末3500の向き(縦か横か)を判断して、表示部3504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。

30

【0630】

表示部3504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3504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3504に近赤外光を発光するバックライト又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。なお、表示部3504に本発明の一態様の発光装置を適用してもよい。

40

【0631】

図43(C)は、防犯用のライト3600の斜視図を示している。ライト3600は、筐体3602の外側に照明3608を有し、筐体3602には、スピーカ3610等が組み込まれている。本発明の一態様の発光装置を照明3608に用いることができる。

【0632】

ライト3600としては、例えば、照明3608を握持する、掴持する、または保持することで発光することができる。また、筐体3602の内部には、ライト3600からの発光方法を制御できる電子回路を備えていてもよい。該電子回路としては、例えば、1回または間欠的に複数回、発光が可能なような回路としてもよいし、発光の電流値を制御することで発光の光量が調整可能なような回路としてもよい。また、照明3608の発光と

50

同時に、スピーカ 3 6 1 0 から大音量の警報音が出力されるような回路を組み込んでもよい。

【 0 6 3 3 】

ライト 3 6 0 0 としては、あらゆる方向に発光することが可能なため、例えば、暴漢等に向けて光、または光と音で威嚇することができる。また、ライト 3 6 0 0 にデジタルスチルカメラ等のカメラ、撮影機能を有する機能を備えてもよい。

【 0 6 3 4 】

図 4 4 は、発光素子を室内の照明装置 8 5 0 1 として用いた例である。なお、発光素子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 8 5 0 2 を形成することもできる。本実施の形態で示す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 8 5 0 3 を備えても良い。また、照明装置 8 5 0 1、8 5 0 2、8 5 0 3 に、タッチセンサを設けて、電源のオンまたはオフを行ってもよい。

【 0 6 3 5 】

また、発光素子をテーブルの表面側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 8 5 0 4 とすることができる。なお、その他の家具の一部に発光素子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。

【 0 6 3 6 】

以上のようにして、本発明の一態様の発光装置を適用して照明装置及び電子機器を得ることができる。なお、適用できる照明装置及び電子機器は、本実施の形態に示したものに限らず、あらゆる分野の電子機器に適用することが可能である。

【 0 6 3 7 】

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

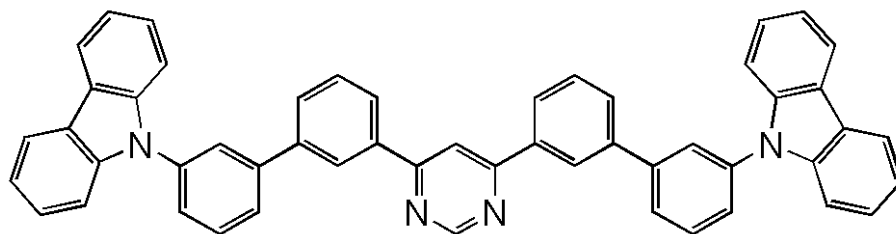
【実施例 1】

【 0 6 3 8 】

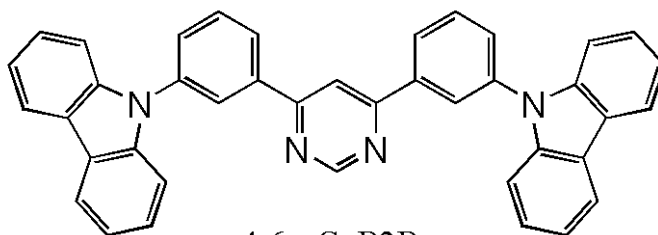
本実施例では、本発明の一態様である発光素子に用いることができる化合物の発光特性について測定した結果を示す。本実施例で使用した化合物の構造と略称を以下に示す。

【 0 6 3 9 】

【化 1 0】



4,6mCzBP2Pm



4,6mCzP2Pm

【 0 6 4 0 】

< 測定サンプルの作製 >

化合物の吸収特性及び発光特性の測定を行うため、石英基板上に真空蒸着法により薄膜サンプルを作製した。また、石英セル中に溶液サンプルを作製した。

【0641】

薄膜サンプル1としては、9,9'-[ピリミジン-4,6-ジイルビス(ビフェニル-3,3'-ジイル)]ビス(9H-カルバゾール)(略称:4,6mCzBP2Pm)を厚さが50nmになるように蒸着した。

【0642】

薄膜サンプル2としては、4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)を、厚さが50nmになるように蒸着した。

10

【0643】

溶液サンプル1としては、トルエンに4,6mCzBP2Pmを溶解させた。溶液サンプル2としては、トルエンに4,6mCzP2Pmを溶解させた。

【0644】

<吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果>

薄膜およびトルエン溶液中における、4,6mCzBP2Pmの吸収スペクトル及び発光スペクトルを図45に、4,6mCzP2Pmの吸収スペクトル及び発光スペクトルを図46に、それぞれ示す。

【0645】

吸収スペクトルの測定には紫外可視分光光度計(日本分光株式会社製、V550型)を用いた。トルエン溶液の吸収スペクトルは、トルエン溶液を石英セルに入れて測定し、この吸収スペクトルから、石英セルを用いて測定したトルエンの吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルである。また、薄膜の吸収スペクトルは、石英基板上の薄膜サンプルの吸収スペクトルから、石英基板の吸収スペクトルを差し引いた吸収スペクトルである。

20

【0646】

発光スペクトルの測定にはPL-EL測定装置(浜松ホトニクス社製)を用いた。トルエン溶液の発光スペクトルは、トルエン溶液を石英セルに入れて測定した。薄膜の発光スペクトルは、石英基板上の薄膜サンプルを測定した。

【0647】

なお、吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定は、室温(23℃)に保たれた雰囲気で行った。

30

【0648】

図45に示すように、4,6mCzBP2Pmのトルエン溶液中の吸収スペクトルの極大波長は、340nm及び297nmであり、薄膜の吸収スペクトルの極大波長は、343nm及び294nmであった。すなわち、4,6mCzBP2Pmの吸収スペクトルの極大波長は、トルエン溶液中及び薄膜において、同程度の波長である。

【0649】

一方、4,6mCzBP2Pmのトルエン溶液中の発光スペクトルの極大波長は、346nm、361nm、及び448nm付近であり、薄膜の発光スペクトルの極大波長は、419nm付近であった。すなわち、4,6mCzBP2Pmの発光スペクトルの形状および極大波長は、溶液と薄膜とで大きく変化しており、薄膜においては、340nm乃至370nm付近に発光の極大が観測されない結果となっている。

40

【0650】

溶液においては、4,6mCzBP2Pmは、トルエン溶媒中に分散されているため、4,6mCzBP2Pm同士の相互作用が小さい。一方、薄膜においては、4,6mCzBP2Pmの分子間は密であり、4,6mCzBP2Pm同士の相互作用が溶液中より大きい。すなわち、溶液と薄膜とにおいて、発光スペクトルが大きく変化する原因は、薄膜においては分子同士の相互作用の影響によって、4,6mCzBP2Pmの二分子間で形成する励起錯体からの発光が観測されているためである。

【0651】

50

また、図 4 6 に示すように、4, 6 m C z P 2 P m のトルエン溶液中の吸収スペクトルの極大波長は、339 nm 及び 292 nm であり、薄膜の吸収スペクトルの極大波長は、342 nm 及び 296 nm であった。すなわち、4, 6 m C z P 2 P m の吸収スペクトルの極大波長は、トルエン溶液中及び薄膜において、同程度の波長である。

【0652】

また、4, 6 m C z P 2 P m のトルエン溶液中の発光スペクトルの極大波長は、431 nm 付近であり、薄膜の発光スペクトルの極大波長は、440 nm 付近であった。すなわち、4, 6 m C z P 2 P m の発光スペクトルの極大波長は、溶液と薄膜とで、同程度の波長である。

【0653】

4, 6 m C z P 2 P m においても、薄膜では分子間が密であるが、溶液と薄膜とにおいて、発光スペクトルの変化が小さいことから、4, 6 m C z P 2 P m においては、分子間の相互作用が小さく、励起錯体は形成されない結果が得られた。

【0654】

すなわち、本発明の一態様に係る化合物は、2つの分子間の相互作用により、励起錯体を形成する機能を有する。このとき、溶液中における発光スペクトルと、薄膜における発光スペクトルとで、発光スペクトルの極大値が30 nm 以上変化する場合がある。

【0655】

以上のように、電子過剰型複素芳香族骨格であるカルバゾール骨格と、電子不足型複素芳香族骨格であるピリミジン骨格とが、m - フェニレン基を有するビフェニルジイル基を介して結合することで、一種類の化合物、すなわち同一の分子構造を有する2つの分子で励起錯体を形成しやすくなることが分かった。ただし、本発明の一態様においては、一種類の化合物において2つの分子で励起錯体を形成できる化合物であれば、この分子構造に限らず他の化合物を用いても良い。

【0656】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施の形態および他の実施例と適宜組み合わせることができる。

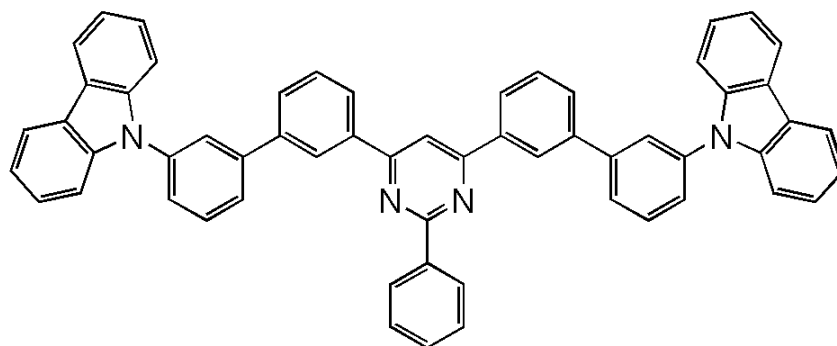
【実施例 2】

【0657】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子に用いることができる化合物の発光特性について測定した結果を示す。本実施例で使用した化合物の構造と略称を以下に示す。

【0658】

【化 1 1】



2Ph-4,6mCzBP2Pm

【0659】

< 測定サンプルの作製 >

化合物の吸収特性及び発光特性の測定を行うため、石英基板上に真空蒸着法により薄膜サンプルを作製した。また、石英セル中に溶液サンプルを作製した。

【0660】

薄膜サンプル 3 としては、9, 9' - [ ( 2 - フェニル - ピリミジン - 4, 6 - ジイル

10

20

30

40

50

〕ビス(ピフェニル-3,3'-ジイル)〕ビス(9H-カルバゾール)(略称:2Ph-4,6mCzBP2Pm)を厚さが50nmになるように蒸着した。

【0661】

溶液サンプル3としては、トルエンに2Ph-4,6mCzBP2Pmを溶解させた。

【0662】

<吸収スペクトル及び発光スペクトルの測定結果>

薄膜およびトルエン溶液中における、2Ph-4,6mCzBP2Pmの吸収スペクトル及び発光スペクトルを図47にそれぞれ示す。なお、吸収スペクトルおよび発光スペクトルの測定方法は、実施例1と同様である。

【0663】

図47に示すように、2Ph-4,6mCzBP2Pmのトルエン溶液中の吸収スペクトルの極大波長は、344nm及び330nmであり、薄膜の吸収スペクトルの極大波長は、340nm及び328nmであった。すなわち、2Ph-4,6mCzBP2Pmの吸収スペクトルの極大波長は、トルエン溶液中及び薄膜において、同程度の波長である。

【0664】

一方、2Ph-4,6mCzBP2Pmはトルエン溶液中で発光スペクトルが測定できないほど微弱であったが、薄膜では発光スペクトルが測定でき、該薄膜における発光スペクトルの極大波長は、418nm付近であった。すなわち、2Ph-4,6mCzBP2Pmの発光特性は、溶液と薄膜とで大きく変化する結果であった。

【0665】

溶液においては、2Ph-4,6mCzBP2Pmは、トルエン溶媒中に分散されているため、2Ph-4,6mCzBP2Pm同士の相互作用が小さい。一方、薄膜においては、2Ph-4,6mCzBP2Pmの分子間は密であり、2Ph-4,6mCzBP2Pm同士の相互作用が溶液中より大きい。すなわち、溶液と薄膜とにおいて、発光特性が大きく変化する原因は、薄膜においては分子同士の相互作用の影響によって、2Ph-4,6mCzBP2Pmの二分子間で形成する励起錯体からの発光が観測されているためである。

【0666】

以上のように、電子過剰型骨格であるカルバゾール骨格と、電子不足型複素芳香族骨格であるピリミジン骨格とが、m-フェニレンを有するピフェニルジイル基を介して結合することで、一種類の化合物、すなわち同一の分子構造を有する2つの分子で励起錯体を形成しやすくなることが分かった。ただし、本発明の一態様においては、一種類の化合物において2つの分子で励起錯体を形成できる化合物であれば、この分子構造に限らず他の化合物を用いても良い。

【0667】

以上、本実施例に示す構成は、他の実施の形態および他の実施例と適宜組み合わせることができる。

【符号の説明】

【0668】

100 EL層  
101 電極  
101a 導電層  
101b 導電層  
101c 導電層  
102 電極  
103 電極  
103a 導電層  
103b 導電層  
104 電極  
104a 導電層

10

20

30

40

50

1 0 4 b	導電層	
1 0 6	発光ユニット	
1 0 8	発光ユニット	
1 0 9	発光ユニット	
1 1 0	発光ユニット	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	電子輸送層	
1 1 4	電子注入層	
1 1 5	電荷発生層	10
1 1 6	正孔注入層	
1 1 7	正孔輸送層	
1 1 8	電子輸送層	
1 1 9	電子注入層	
1 2 0	発光層	
1 2 1	ホスト材料	
1 2 2	ゲスト材料	
1 2 3 B	発光層	
1 2 3 G	発光層	
1 2 3 R	発光層	20
1 3 0	発光層	
1 3 1	ホスト材料	
1 3 2	ゲスト材料	
1 4 0	発光層	
1 4 1	ホスト材料	
1 4 2	ゲスト材料	
1 4 5	隔壁	
1 5 0	発光素子	
1 5 2	発光素子	
1 7 0	発光層	30
1 8 0	発光層	
1 8 0 a	発光層	
1 8 0 b	発光層	
2 0 0	基板	
2 2 0	基板	
2 2 1 B	領域	
2 2 1 G	領域	
2 2 1 R	領域	
2 2 2 B	領域	
2 2 2 G	領域	40
2 2 2 R	領域	
2 2 3	遮光層	
2 2 4 B	光学素子	
2 2 4 G	光学素子	
2 2 4 R	光学素子	
2 5 0	発光素子	
2 5 2	発光素子	
2 5 4	発光素子	
2 6 0 a	発光素子	
2 6 0 b	発光素子	50

2 6 2 a	発光素子	
2 6 2 b	発光素子	
3 0 1 _ 1	配線	
3 0 1 _ 5	配線	
3 0 1 _ 6	配線	
3 0 1 _ 7	配線	
3 0 2 _ 1	配線	
3 0 2 _ 2	配線	
3 0 3 _ 1	トランジスタ	
3 0 3 _ 6	トランジスタ	10
3 0 3 _ 7	トランジスタ	
3 0 4	容量素子	
3 0 4 _ 1	容量素子	
3 0 4 _ 2	容量素子	
3 0 5	発光素子	
3 0 6 _ 1	配線	
3 0 6 _ 3	配線	
3 0 7 _ 1	配線	
3 0 7 _ 3	配線	
3 0 8 _ 1	トランジスタ	20
3 0 8 _ 6	トランジスタ	
3 0 9 _ 1	トランジスタ	
3 0 9 _ 2	トランジスタ	
3 1 1 _ 1	配線	
3 1 1 _ 3	配線	
3 1 2 _ 1	配線	
3 1 2 _ 2	配線	
6 0 0	表示装置	
6 0 1	信号線駆動回路部	
6 0 2	画素部	30
6 0 3	走査線駆動回路部	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	領域	
6 0 7 a	封止層	
6 0 7 b	封止層	
6 0 7 c	封止層	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C	
6 1 0	素子基板	40
6 1 1	トランジスタ	
6 1 2	トランジスタ	
6 1 3	下部電極	
6 1 4	隔壁	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	上部電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 1	光学素子	
6 2 2	遮光層	
6 2 3	トランジスタ	50

6 2 4	トランジスタ	
6 8 3	液滴吐出装置	
6 8 4	液滴	
6 8 5	組成物を含む層	
8 0 1	画素回路	
8 0 2	画素部	
8 0 4	駆動回路部	
8 0 4 a	走査線駆動回路	
8 0 4 b	信号線駆動回路	
8 0 6	保護回路	10
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	
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	20
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	下部電極	
1 0 2 4 G	下部電極	
1 0 2 4 R	下部電極	
1 0 2 4 Y	下部電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 6	上部電極	30
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 8 B	発光層	
1 0 2 8 G	発光層	
1 0 2 8 R	発光層	
1 0 2 8 Y	発光層	
1 0 2 9	封止層	
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	40
1 0 3 4 G	着色層	
1 0 3 4 R	着色層	
1 0 3 4 Y	着色層	
1 0 3 5	遮光層	
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	
1 4 0 0	液滴吐出装置	50

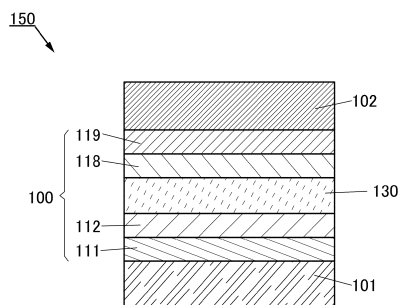
1 4 0 2	基板	
1 4 0 3	液滴吐出手段	
1 4 0 4	撮像手段	
1 4 0 5	ヘッド	
1 4 0 7	制御手段	
1 4 0 6	空間	
1 4 0 8	記憶媒体	
1 4 0 9	画像処理手段	
1 4 1 0	コンピュータ	
1 4 1 1	マーカ	10
1 4 1 2	ヘッド	
1 4 1 3	材料供給源	
1 4 1 4	材料供給源	
2 0 0 0	タッチパネル	
2 0 0 1	タッチパネル	
2 5 0 1	表示装置	
2 5 0 2 R	画素	
2 5 0 2 t	トランジスタ	
2 5 0 3 c	容量素子	
2 5 0 3 g	走査線駆動回路	20
2 5 0 3 s	信号線駆動回路	
2 5 0 3 t	トランジスタ	
2 5 0 9	F P C	
2 5 1 0	基板	
2 5 1 0 a	絶縁層	
2 5 1 0 b	可撓性基板	
2 5 1 0 c	接着層	
2 5 1 1	配線	
2 5 1 9	端子	
2 5 2 1	絶縁層	30
2 5 2 8	隔壁	
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 7 0 a	絶縁層	
2 5 7 0 b	可撓性基板	
2 5 7 0 c	接着層	40
2 5 8 0 R	発光モジュール	
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	接続層	50

2 6 0 1	パルス電圧出力回路	
2 6 0 2	電流検出回路	
2 6 0 3	容量	
2 6 1 1	トランジスタ	
2 6 1 2	トランジスタ	
2 6 1 3	トランジスタ	
2 6 2 1	電極	
2 6 2 2	電極	
3 0 0 0	発光装置	
3 0 0 1	基板	10
3 0 0 3	基板	
3 0 0 5	発光素子	
3 0 0 7	封止領域	
3 0 0 9	封止領域	
3 0 1 1	領域	
3 0 1 3	領域	
3 0 1 4	領域	
3 0 1 5	基板	
3 0 1 6	基板	
3 0 1 8	乾燥剤	20
3 5 0 0	多機能端末	
3 5 0 2	筐体	
3 5 0 4	表示部	
3 5 0 6	カメラ	
3 5 0 8	照明	
3 6 0 0	ライト	
3 6 0 2	筐体	
3 6 0 8	照明	
3 6 1 0	スピーカ	
8 0 0 0	表示モジュール	30
8 0 0 1	上部カバー	
8 0 0 2	下部カバー	
8 0 0 3	F P C	
8 0 0 4	タッチセンサ	
8 0 0 5	F P C	
8 0 0 6	表示装置	
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	40
8 5 0 2	照明装置	
8 5 0 3	照明装置	
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	50

9 0 5 0	操作ボタン	
9 0 5 1	情報	
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	10
9 2 0 1	携帯情報端末	
9 3 0 0	テレビジョン装置	
9 3 0 1	スタンド	
9 3 1 1	リモコン操作機	
9 5 0 0	表示装置	
9 5 0 1	表示パネル	
9 5 0 2	表示領域	
9 5 0 3	領域	
9 5 1 1	軸部	
9 5 1 2	軸受部	20
9 7 0 0	自動車	
9 7 0 1	車体	
9 7 0 2	車輪	
9 7 0 3	ダッシュボード	
9 7 0 4	ライト	
9 7 1 0	表示部	
9 7 1 1	表示部	
9 7 1 2	表示部	
9 7 1 3	表示部	
9 7 1 4	表示部	30
9 7 1 5	表示部	
9 7 2 1	表示部	
9 7 2 2	表示部	
9 7 2 3	表示部	

## 【図 1】

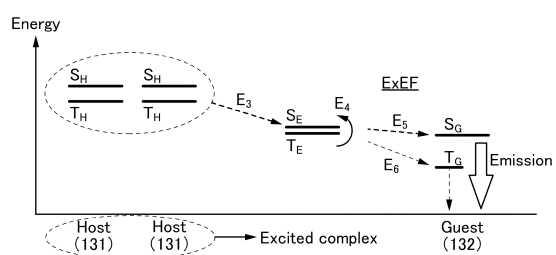
(A)



(B)

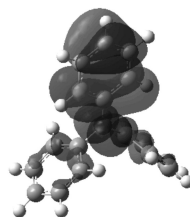


(C)

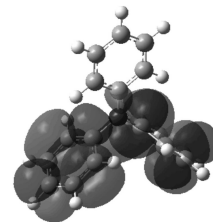


## 【図 2】

(A)

HOMO  
TPA

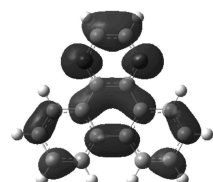
(B)

LUMO  
TPA

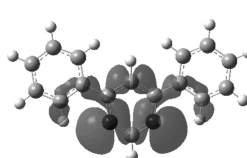
(C)

HOMO  
DBq

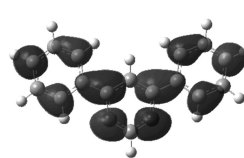
(D)

LUMO  
DBq

(E)

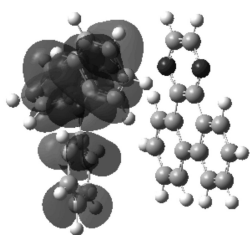
HOMO  
P2Pm

(F)

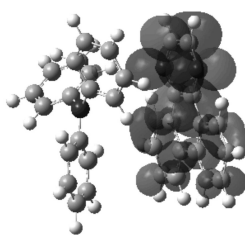
LUMO  
P2Pm

## 【図 3】

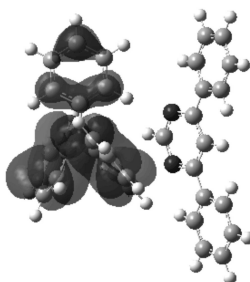
(A)

HOMO  
TPA + DBq

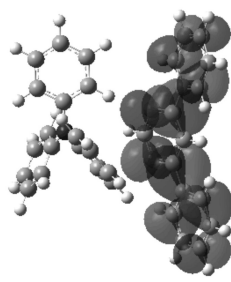
(B)

LUMO  
TPA + DBq

(C)

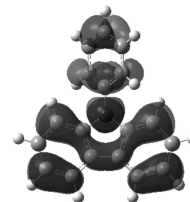
HOMO  
TPA + P2Pm

(D)

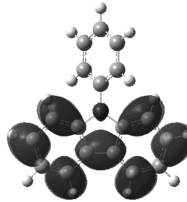
LUMO  
TPA + P2Pm

## 【図 4】

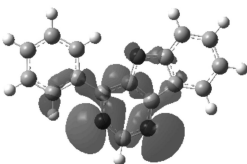
(A)

HOMO  
PCz

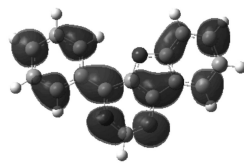
(B)

LUMO  
PCz

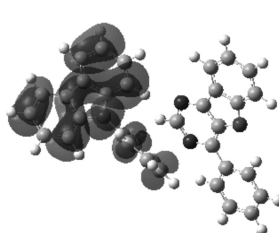
(C)

HOMO  
Bfpm

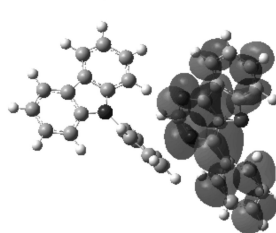
(D)

LUMO  
Bfpm

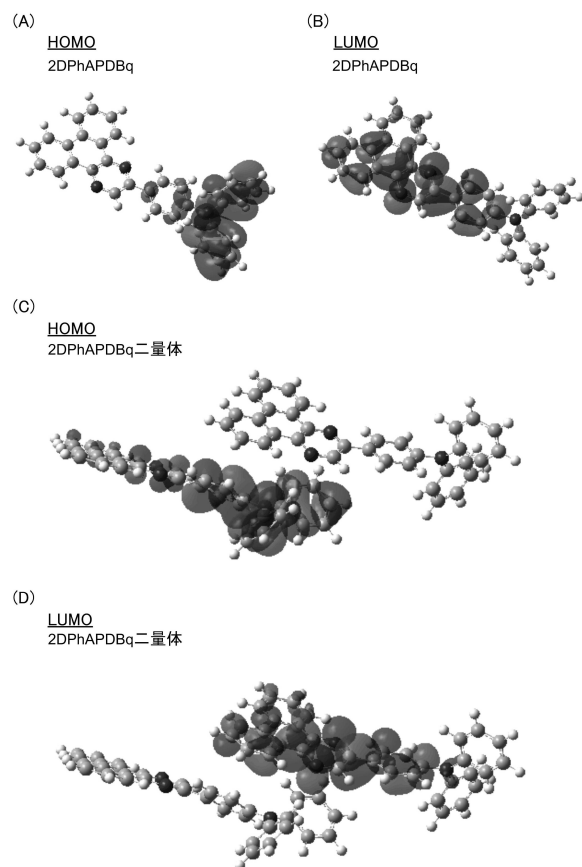
(E)

HOMO  
PCz + Bfpm

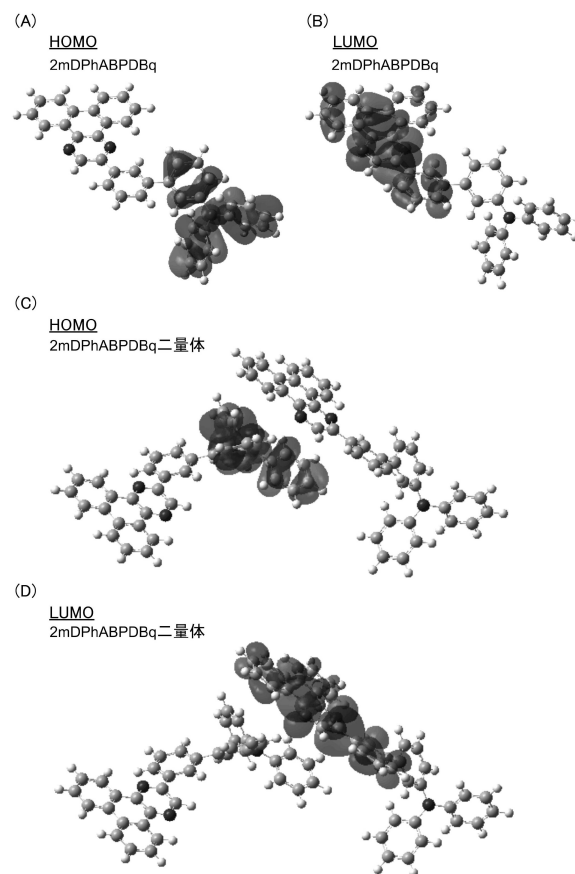
(F)

LUMO  
PCz + Bfpm

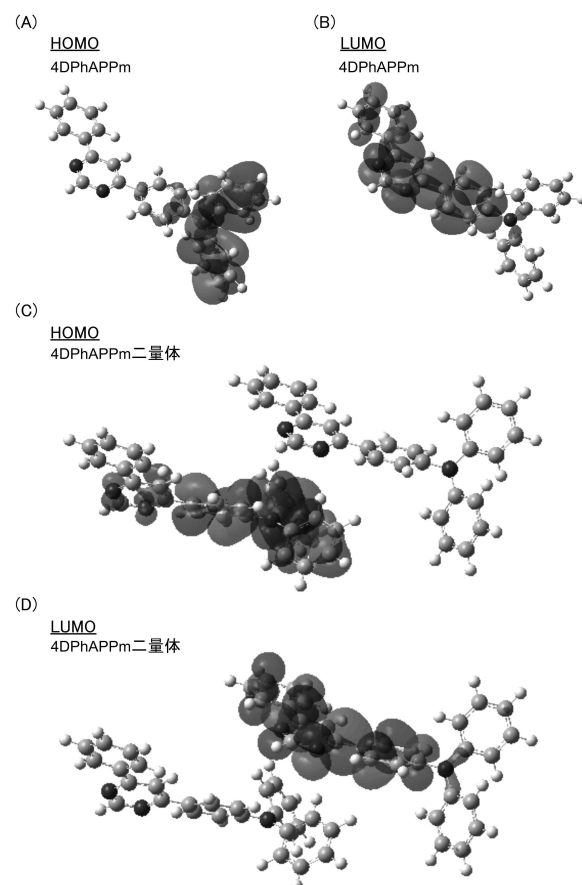
【図 5】



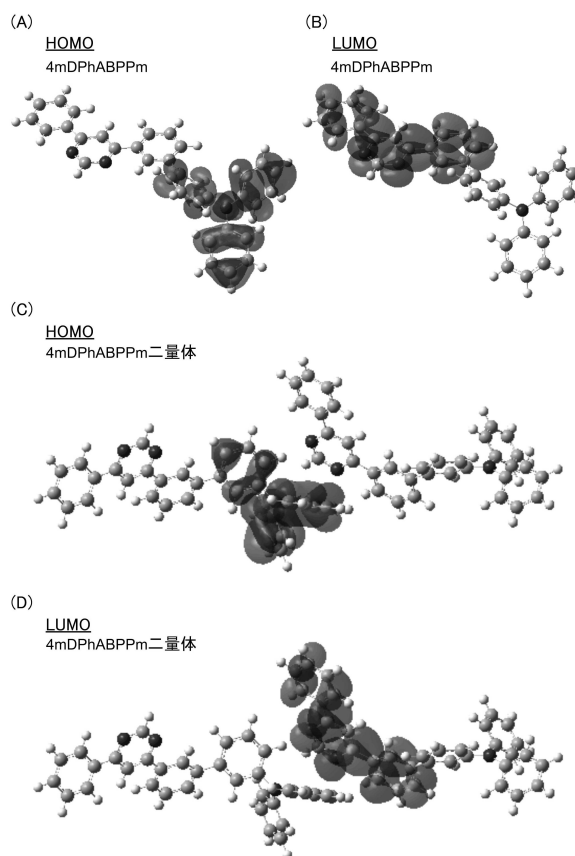
【図 6】



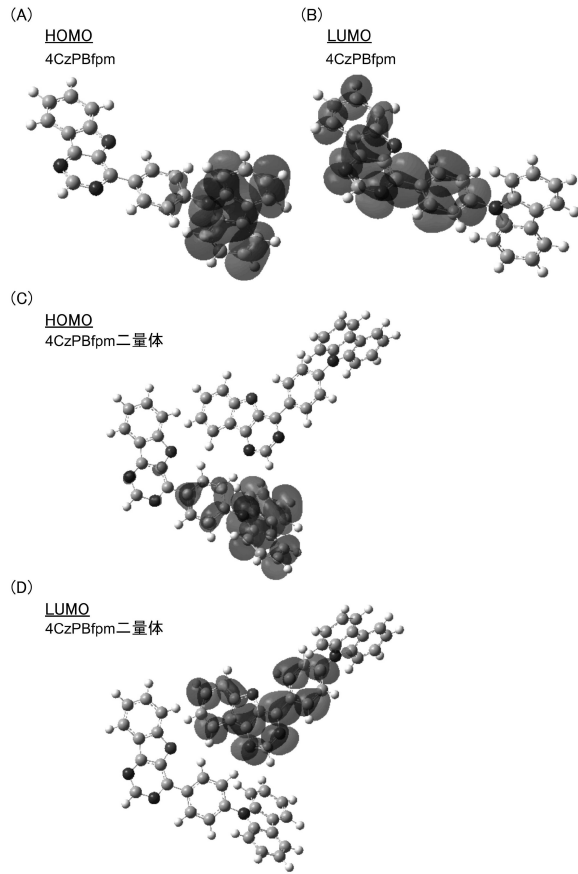
【図 7】



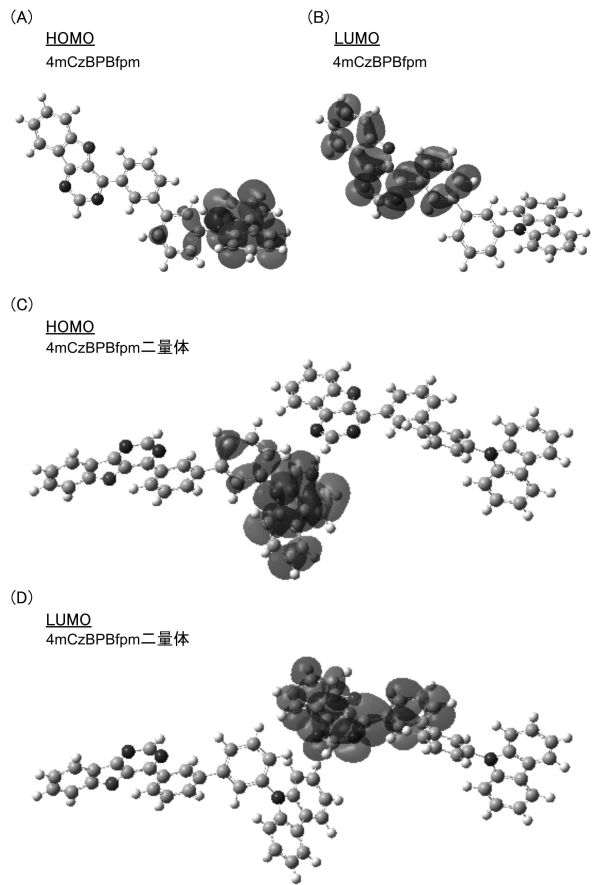
【図 8】



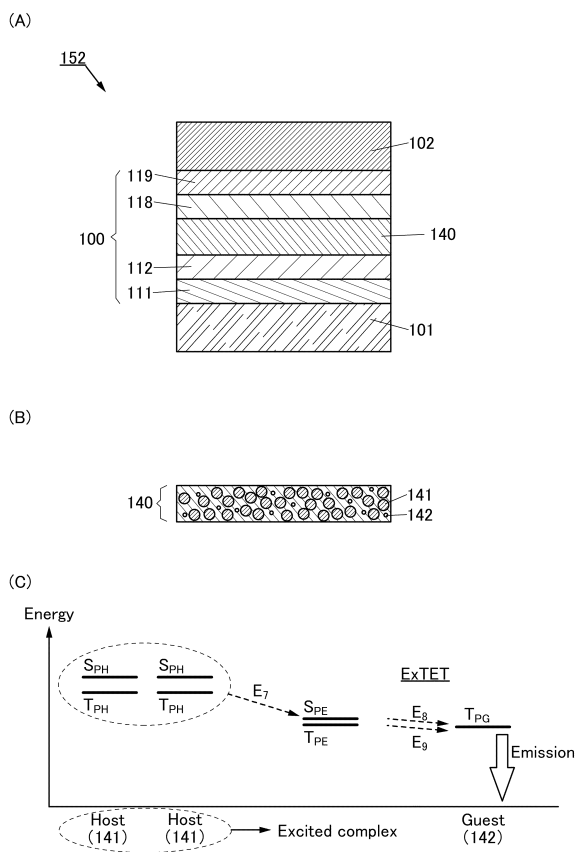
【図 9】



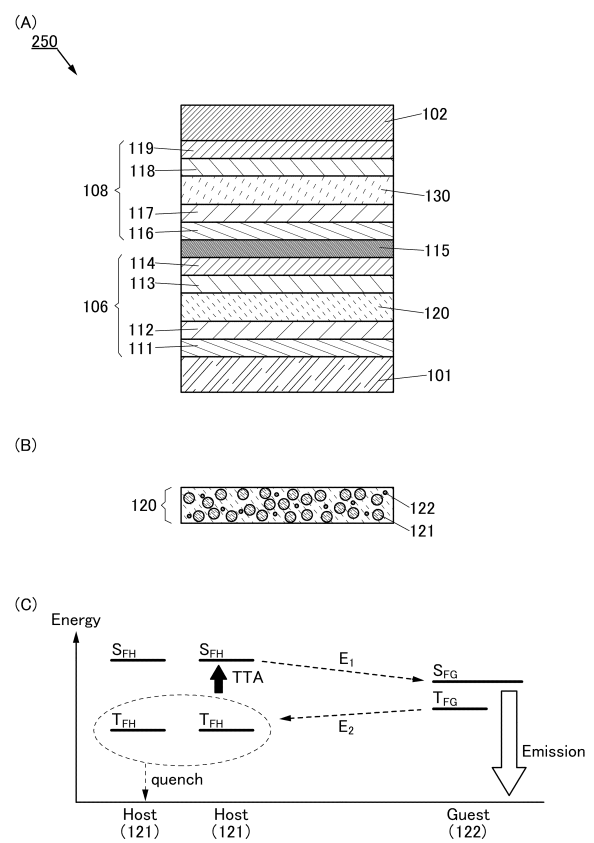
【図 10】



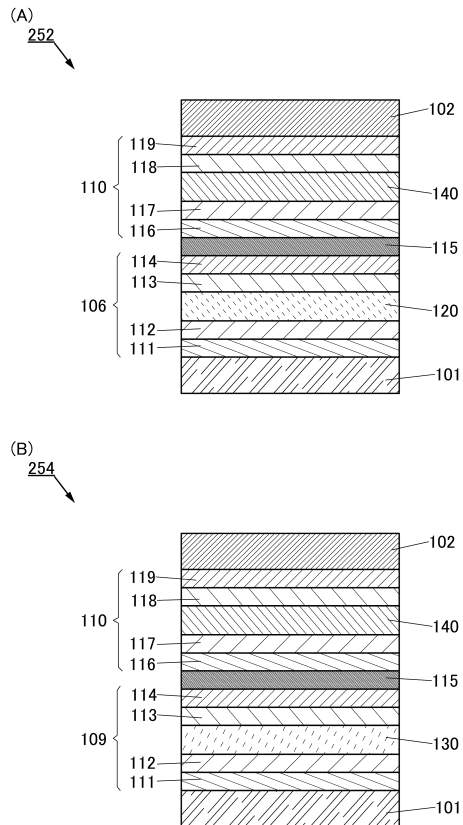
【図 11】



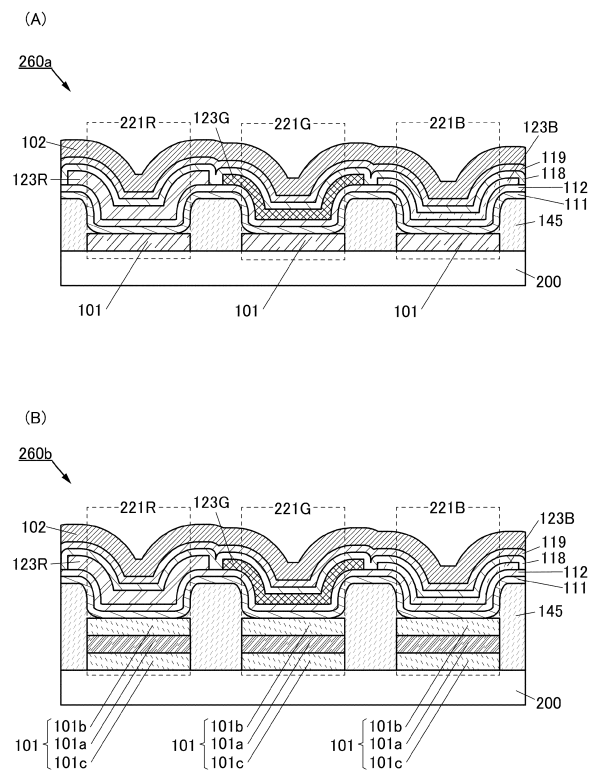
【図 12】



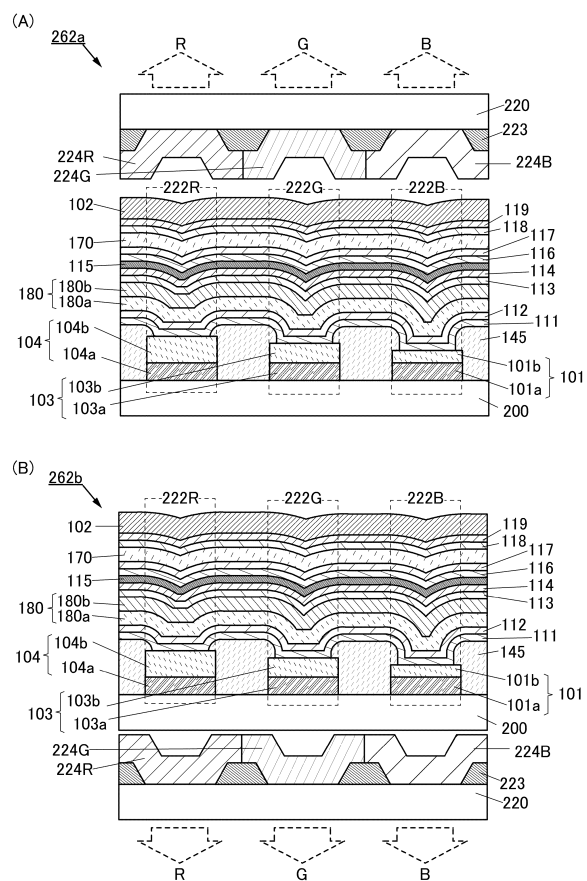
【図 13】



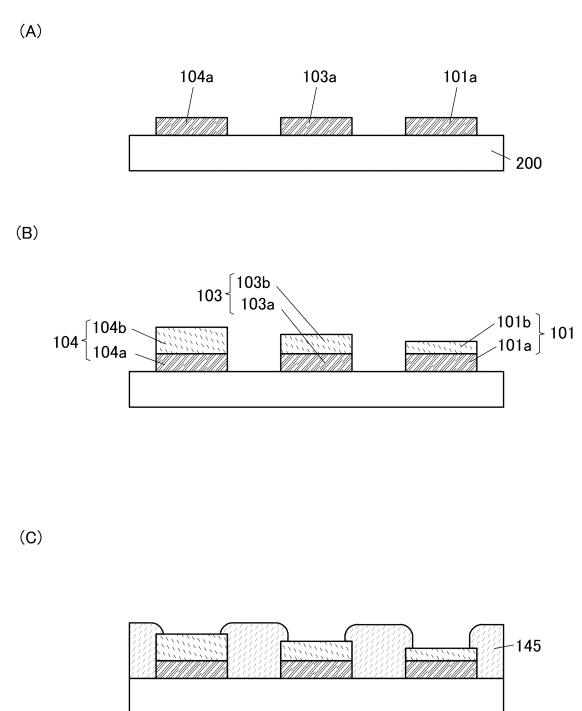
【図 14】



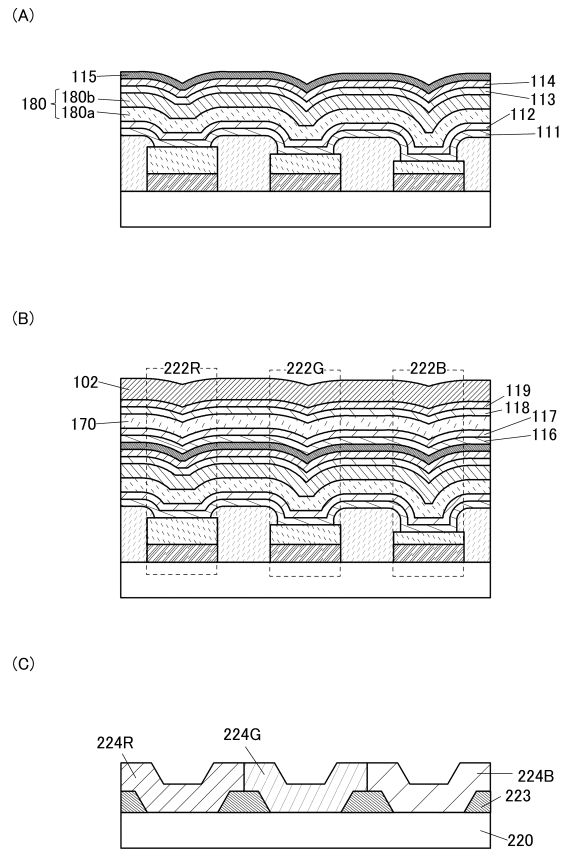
【図 15】



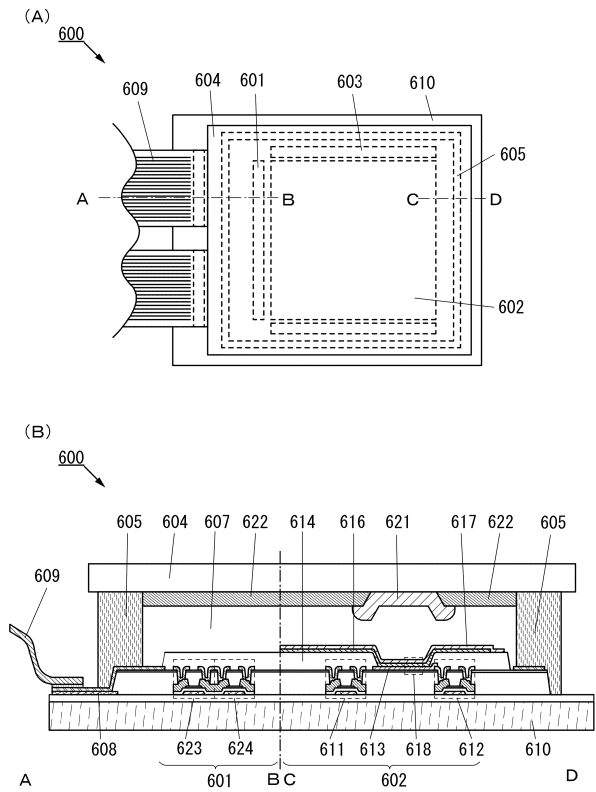
【図 16】



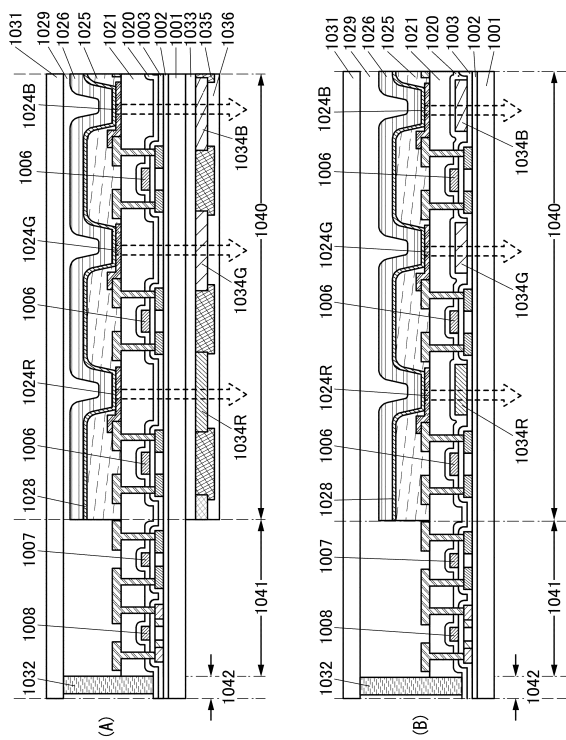
【図 17】



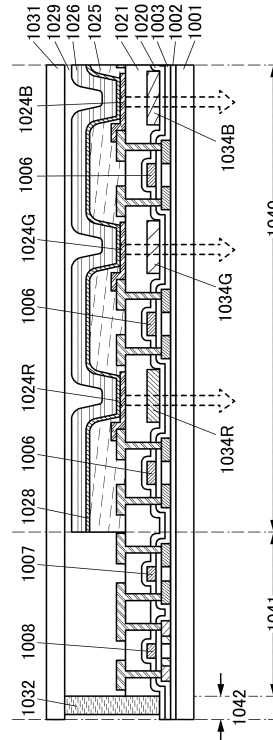
【図 18】



【図 19】

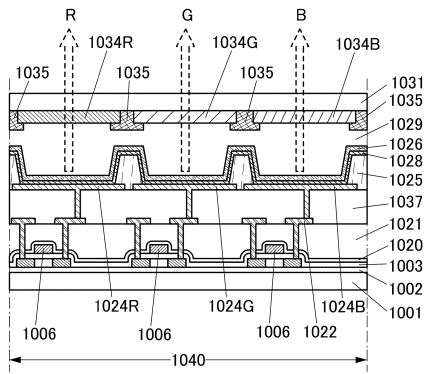


【図 20】

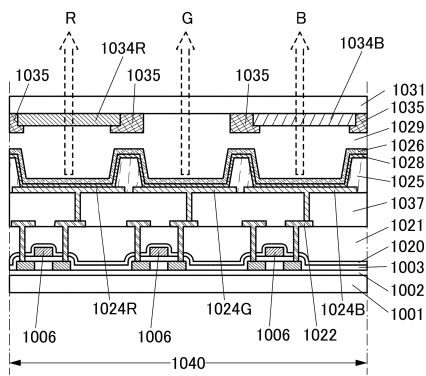


【図 2 1】

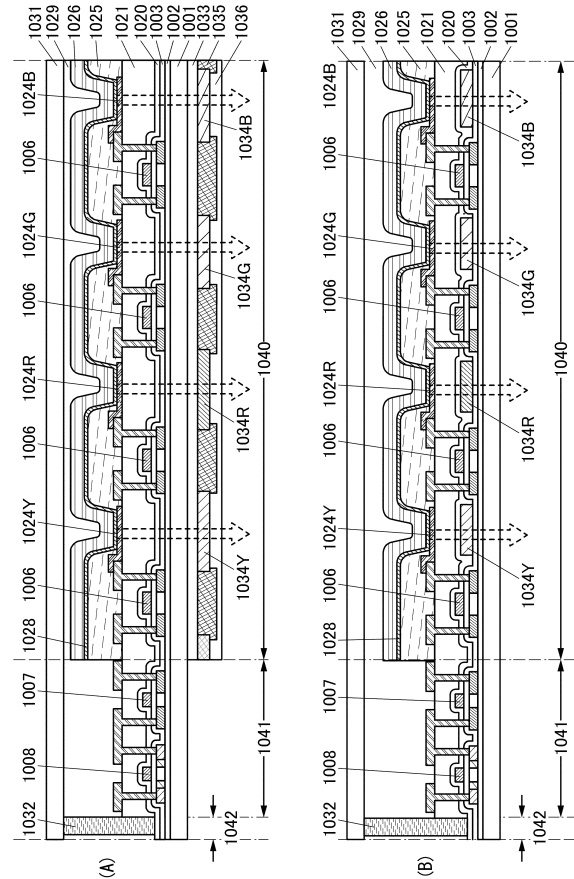
(A)



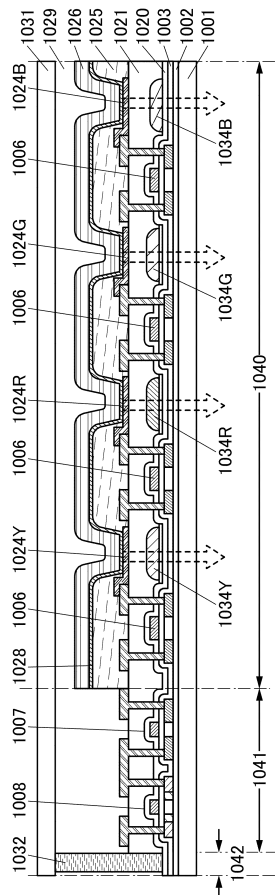
(B)



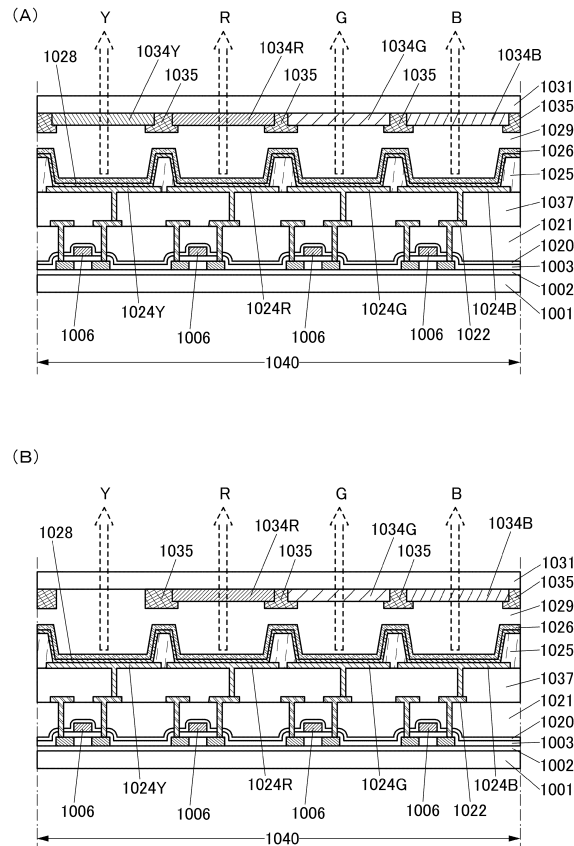
【図 2 2】



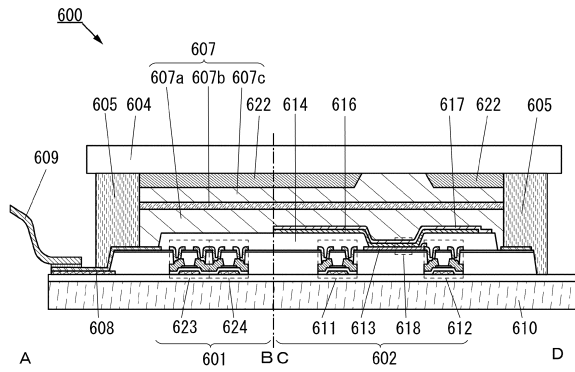
【図 2 3】



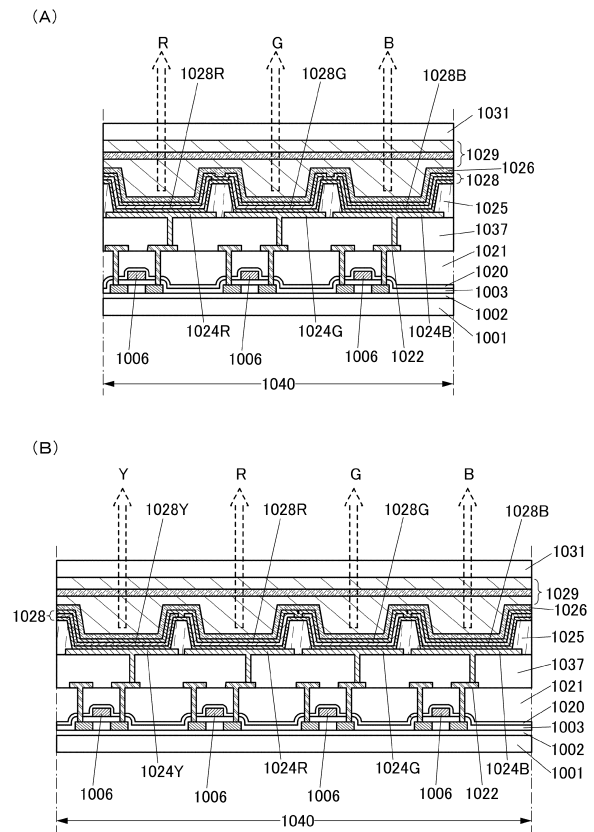
【図 2 4】



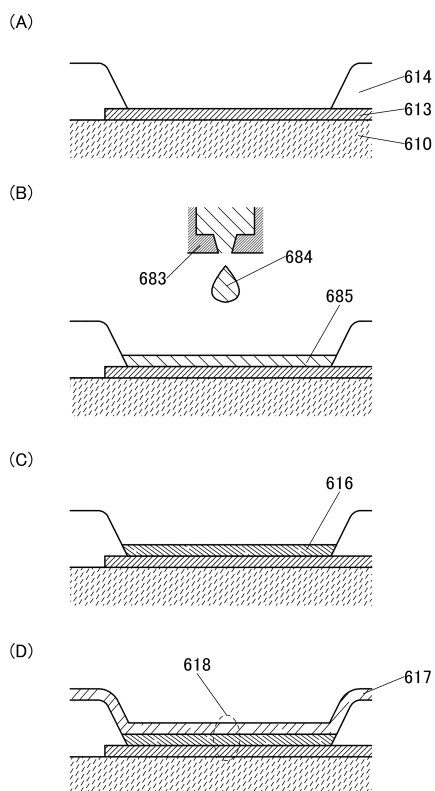
【図 25】



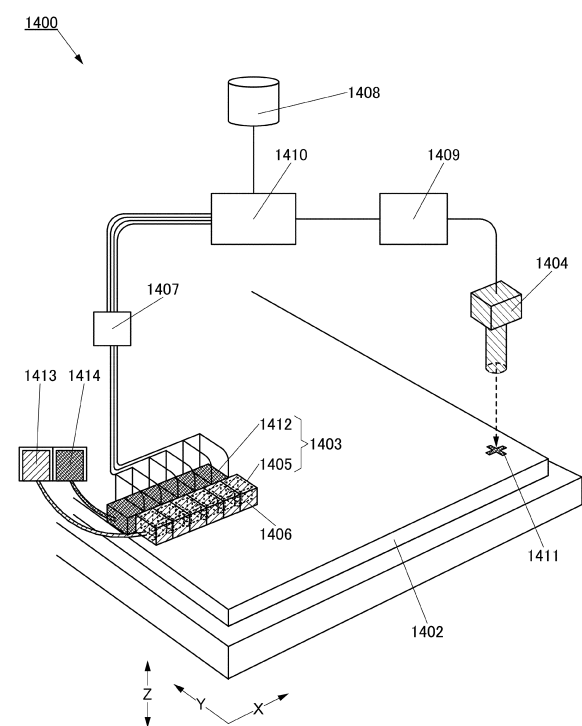
【図 26】



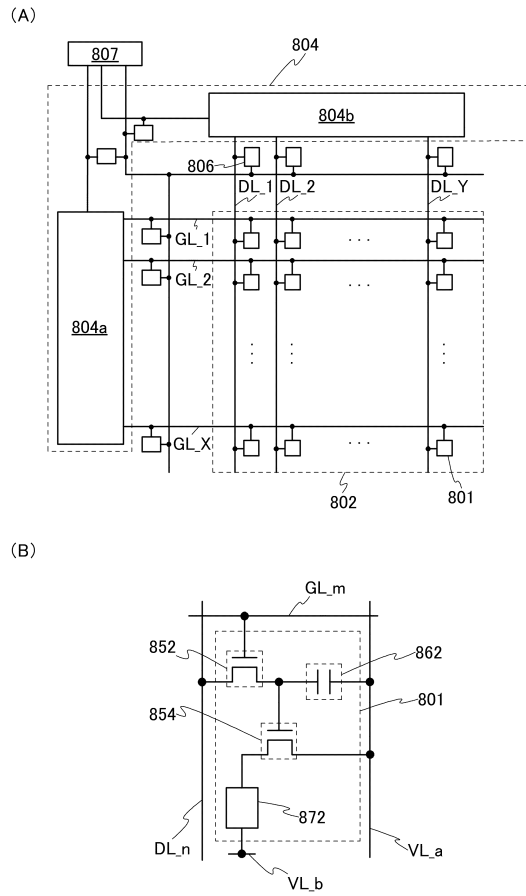
【図 27】



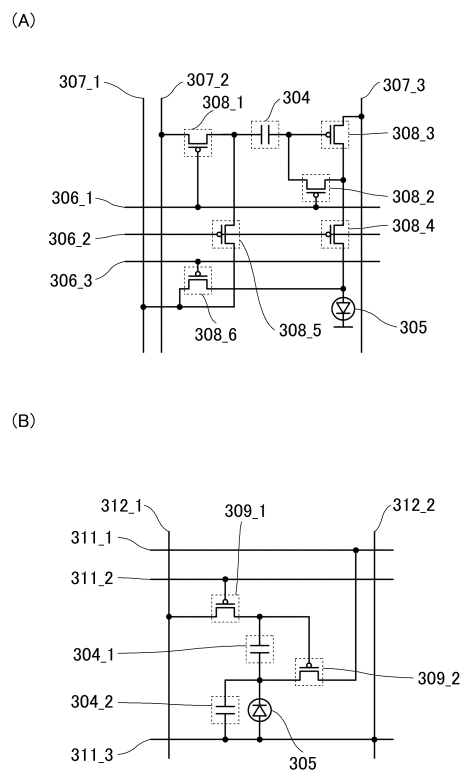
【図 28】



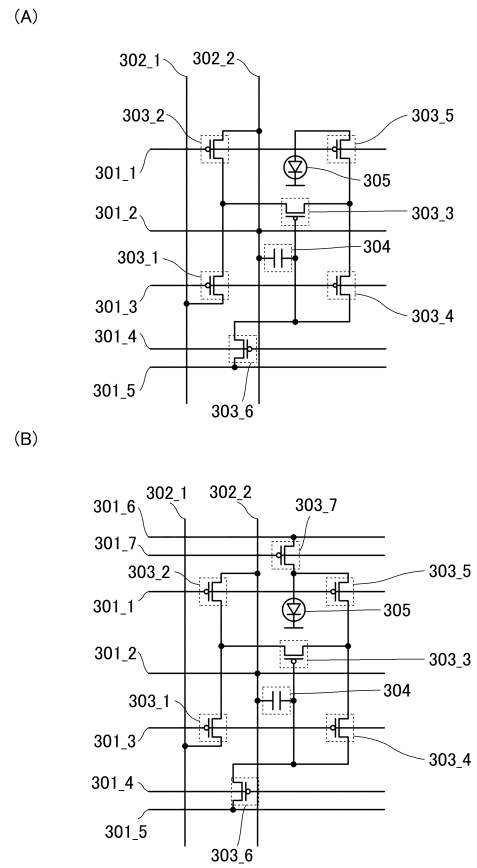
【図 29】



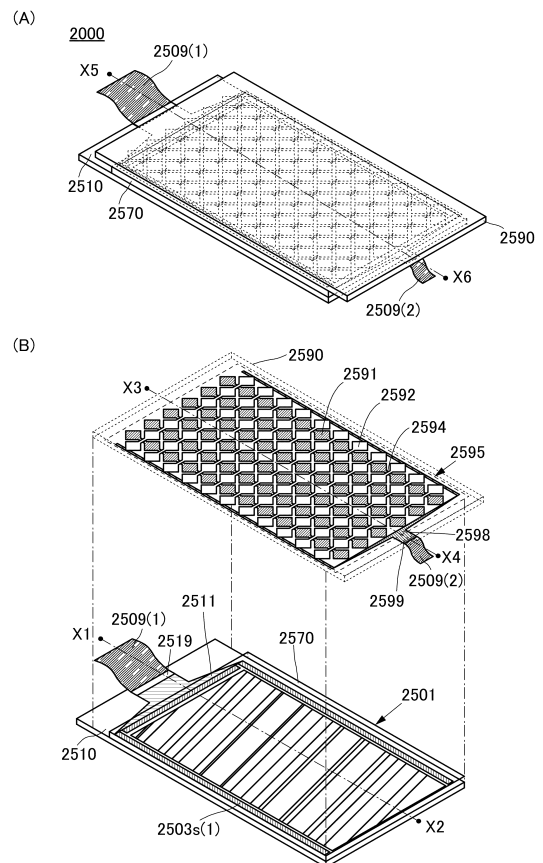
【図 31】



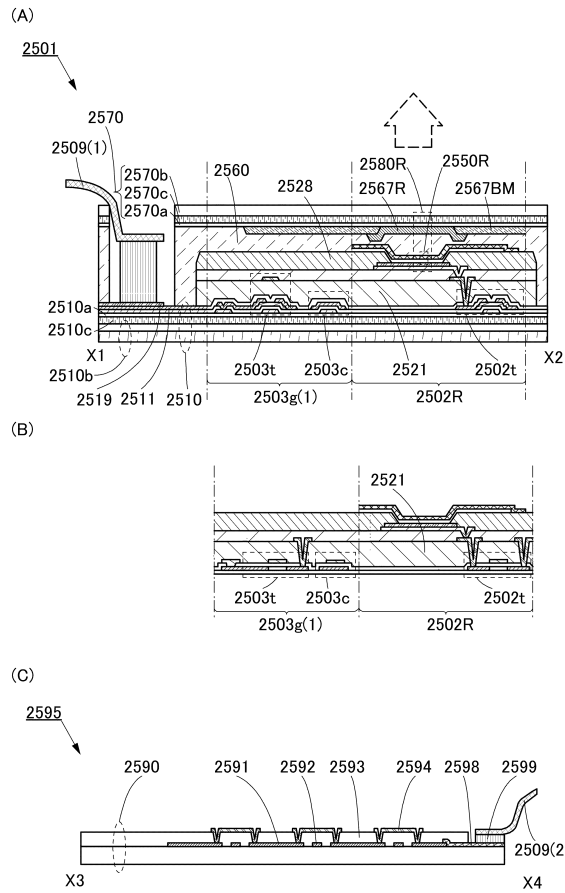
【図 30】



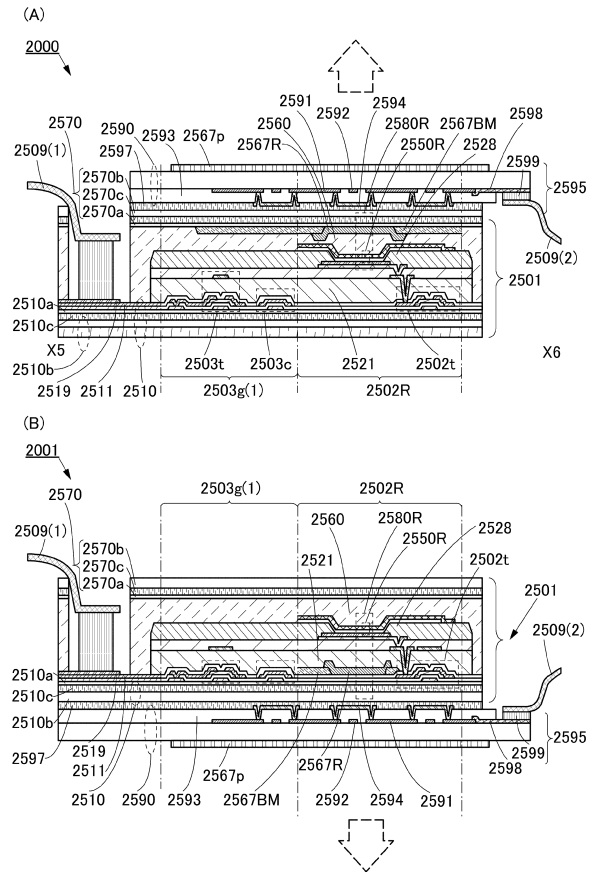
【図 32】



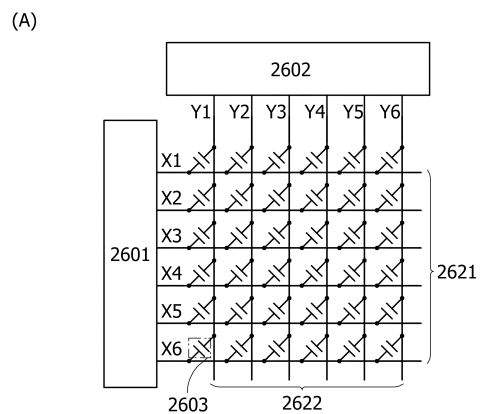
【図 3 3】



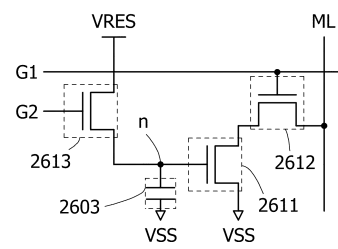
【図 3 4】



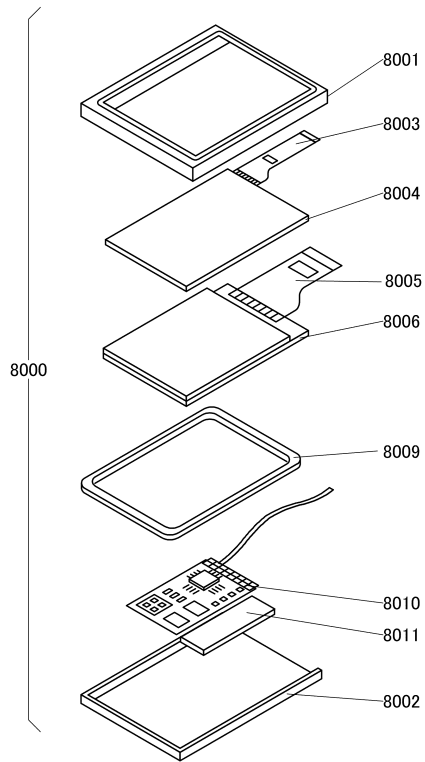
【図 3 5】



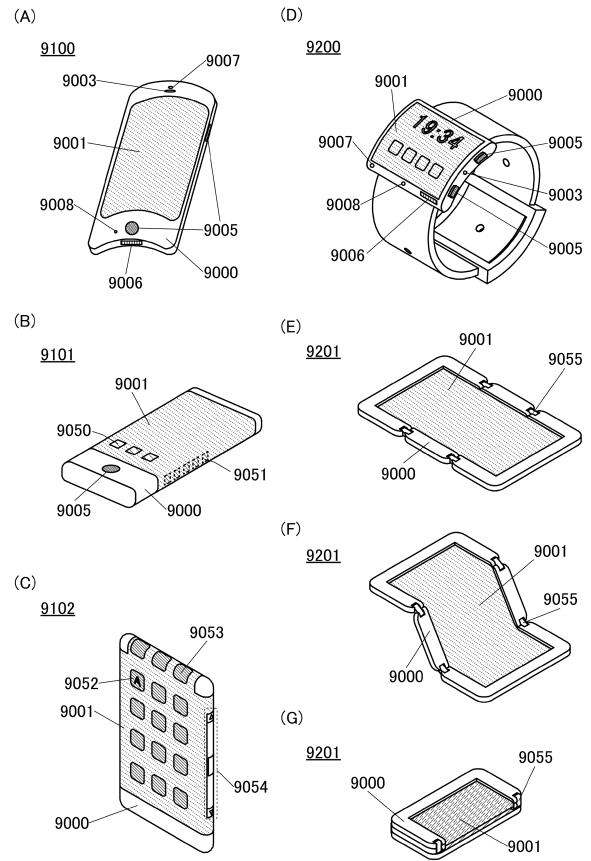
【図 3 6】



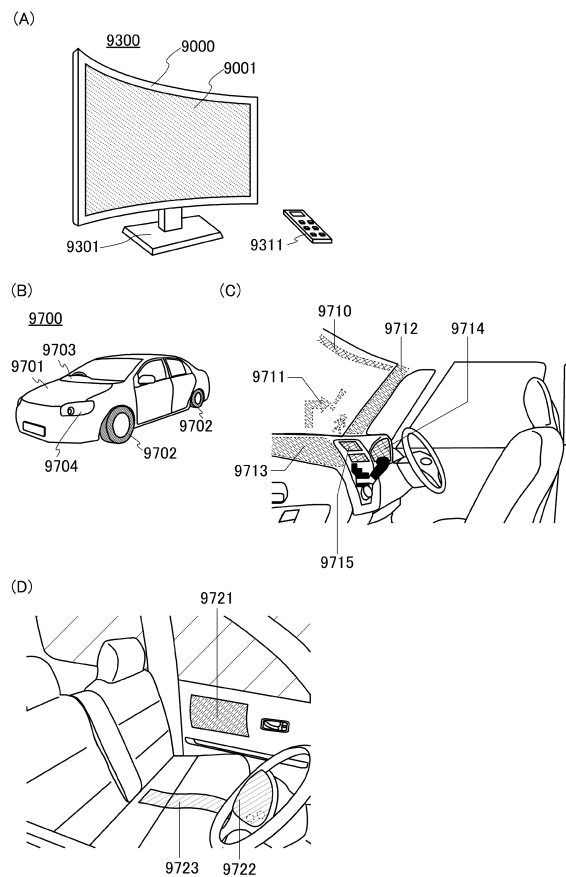
【図 37】



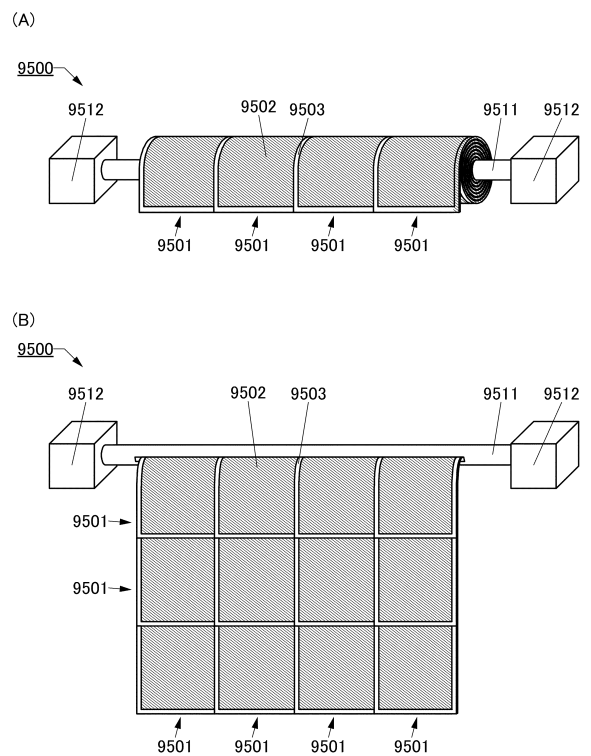
【図 38】



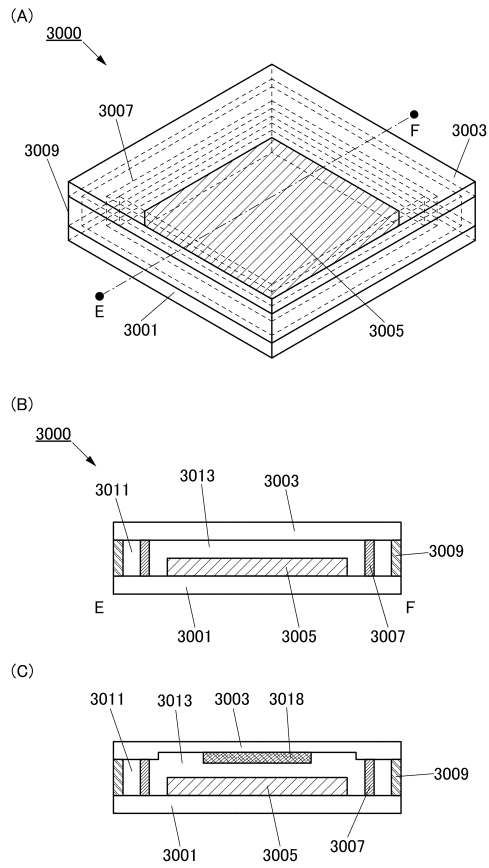
【図 39】



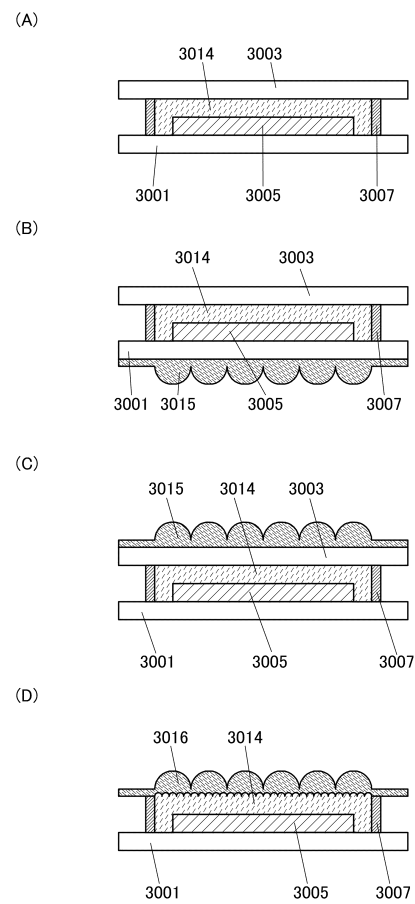
【図 40】



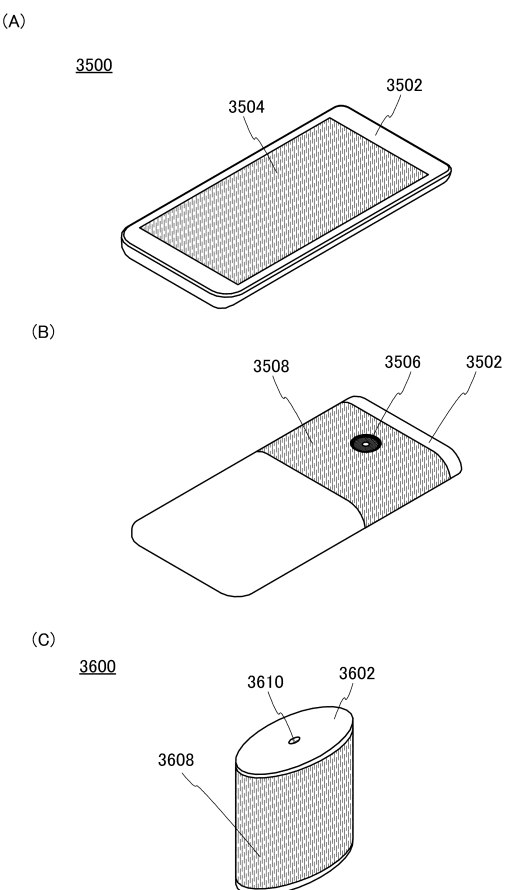
【図 4 1】



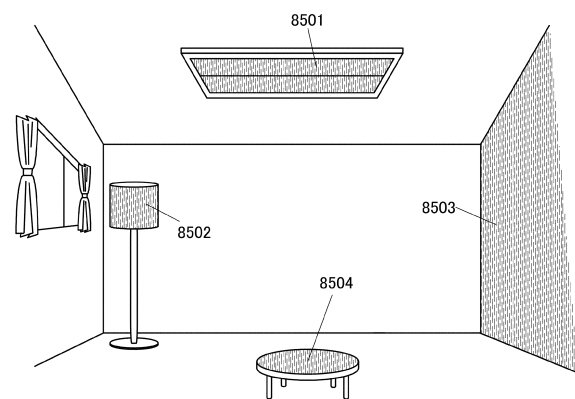
【図 4 2】



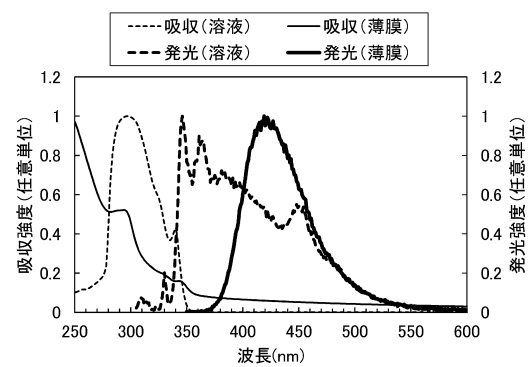
【図 4 3】



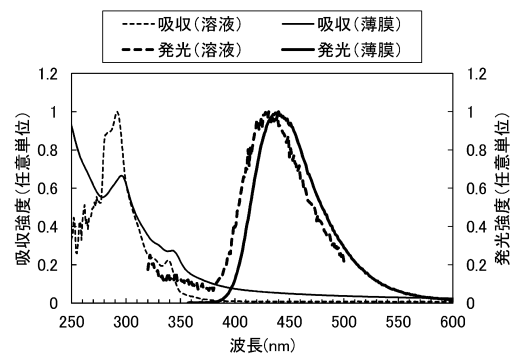
【図 4 4】



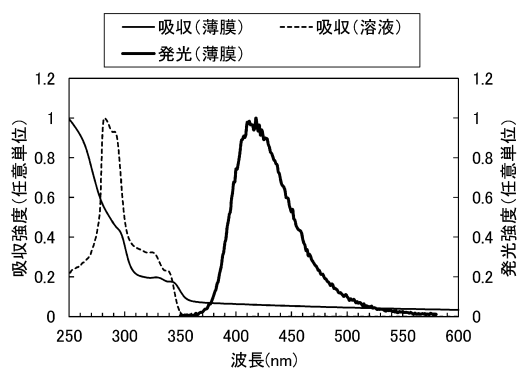
【図 4 5】



【図 4 6】



【図 4 7】



---

フロントページの続き

(58)調査した分野(Int.Cl. , DB名)

H 0 1 L	5 1 / 5 0	-	5 1 / 5 6
H 0 5 B	3 3 / 1 2		
H 0 1 L	2 7 / 3 2		
G 0 9 F	9 / 3 0		