

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第6770806号  
(P6770806)

(45) 発行日 令和2年10月21日(2020.10.21)

(24) 登録日 令和2年9月30日(2020.9.30)

(51) Int.Cl.

F 1

<b>H05B</b>	<b>33/12</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	33/12	C
<b>H01L</b>	<b>51/50</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	33/14	A
<b>H01L</b>	<b>27/32</b>	<b>(2006.01)</b>	H05B	33/12	E
			HO1L	27/32	

請求項の数 12 (全 103 頁)

(21) 出願番号 特願2016-32628 (P2016-32628)  
 (22) 出願日 平成28年2月24日 (2016.2.24)  
 (65) 公開番号 特開2016-157692 (P2016-157692A)  
 (43) 公開日 平成28年9月1日 (2016.9.1)  
 審査請求日 平成31年2月19日 (2019.2.19)  
 (31) 優先権主張番号 特願2015-35678 (P2015-35678)  
 (32) 優先日 平成27年2月25日 (2015.2.25)  
 (33) 優先権主張国・地域又は機関  
日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878  
株式会社半導体エネルギー研究所  
神奈川県厚木市長谷398番地  
 (72) 発明者 上坂 正吾  
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  
 (72) 発明者 大澤 信晴  
神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
半導体エネルギー研究所内

審査官 藤岡 善行

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】

第1の電極と、第2の電極と、前記第1の電極および前記第2の電極の間に設けられたEL層と、を有する発光素子であつて、

前記EL層は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、

前記第1の領域と前記第2の領域との間に隔壁を有し、

前記第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、

前記第2の領域は、第2の注入層と、前記第1の発光層と、前記第2の発光層と、を有し、

前記第1の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第1の電極に接する領域と、を有し、

前記第2の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第1の電極に接する領域と、を有し、

前記第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、

前記第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、

前記第2のホスト材料は、第1の化合物と、第2の化合物と、を有し、

前記第1の化合物と、前記第2の化合物と、が励起錯体を形成することができ、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第1の化合物の三重項励起エネルギー準位より低く、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第2の化合物の三重項励起

10

20

エネルギー準位より低く、

前記第1の発光材料は、前記第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、

前記第1の領域が呈することができる光の色は、前記第2の領域が呈することができる光の色と、異なる、発光素子。

## 【請求項2】

第1の電極と、第2の電極と、第3の電極と、EL層と、を有する発光素子であって、

前記EL層は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、

前記第1の領域は、前記第1の電極と前記第2の電極との間に設けられ、

前記第2の領域は、前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられ、

10

前記第1の領域と前記第2の領域との間に隔壁を有し、

前記第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、

前記第2の領域は、第2の注入層と、前記第1の発光層と、前記第2の発光層と、を有し、

前記第1の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第1の電極に接する領域と、を有し、

前記第2の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第3の電極に接する領域と、を有し、

前記第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、

前記第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、

20

前記第2のホスト材料は、第1の化合物と、第2の化合物と、を有し、

前記第1の化合物と、前記第2の化合物と、が励起錯体を形成することができ、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第1の化合物の三重項励起エネルギー準位より低く、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第2の化合物の三重項励起エネルギー準位より低く、

前記第1の発光材料は、前記第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、

前記第1の領域が呈することができる光の色は、前記第2の領域が呈することができる光の色と、異なる、発光素子。

30

## 【請求項3】

第1の電極と、第2の電極と、第3の電極と、EL層と、を有する発光素子であって、

前記EL層は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、

前記第1の領域と前記第2の領域との間に隔壁を有し、

前記第1の領域は、前記第1の電極と前記第2の電極との間に設けられ、

前記第2の領域は、前記第2の電極と前記第3の電極との間に設けられ、

前記第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、

前記第2の領域は、第2の注入層と、前記第1の発光層と、前記第2の発光層と、を有し、

前記第1の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第2の電極に接する領域と、を有し、

前記第2の注入層は、前記隔壁上に接する領域と、前記第2の電極に接する領域と、を有し、

前記第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、

前記第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、

前記第2のホスト材料は、第1の化合物と、第2の化合物と、を有し、

前記第1の化合物と、前記第2の化合物と、が励起錯体を形成することができ、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第1の化合物の三重項励起エネルギー準位より低く、

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第2の化合物の三重項励起

40

50

エネルギー準位より低く、

前記第1の発光材料は、前記第2の発光材料と異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、

前記第1の領域が呈することができる光の色は、前記第2の領域が呈することができる光の色と、異なる、発光素子。

## 【請求項4】

請求項2または請求項3において、

前記第1の電極と、前記第3の電極と、が同じ材料を有する領域を有する、発光素子。

## 【請求項5】

請求項1乃至請求項4のいずれか一項において、

10

前記第1の注入層の導電率は、前記第2の注入層の導電率と異なる、発光素子。

## 【請求項6】

請求項1乃至請求項5のいずれか一項において、

前記第1の発光材料は、紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有し、

前記第2の発光材料は、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する、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のホスト材料の一重項励起エネルギー準位は、前記第1の発光材料の一重項励起エネルギー準位より高く、

20

前記第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、前記第1の発光材料の三重項励起エネルギー準位より低い、発光素子。

## 【請求項8】

請求項1乃至請求項7のいずれか一項において、

前記第1の発光層と、前記第2の発光層、とが接する領域を有する、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、

前記第1の発光材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有し、

前記第2の発光材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有する、発光素子。

30

## 【請求項10】

請求項1乃至請求項9のいずれか一項に記載の発光素子と、カラーフィルタ及びトランジスタの少なくとも一と、を有する表示装置。

## 【請求項11】

請求項10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と、を有する電子機器。

## 【請求項12】

請求項10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と、を有する照明装置。

40

## 【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

50

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。

【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】

また、上述の発光素子を表示装置に用いる場合、画素中の各副画素にそれぞれ互いに異なる色を発光する機能を有するEL層を設ける方法 (以下、塗り分け方式と呼ぶ) と、画素中の副画素に例えば白色を発光する機能を有する共通のEL層を設け、各副画素にそれぞれ異なる色の光を透過する機能を有するカラーフィルタを設ける方法 (以下、カラーフィルタ方式と呼ぶ) がある。

【0006】

カラーフィルタ方式の利点としては、全副画素でEL層を共通とすることができますため、塗り分け方式と比較して、EL層の材料の損失が少なく、またEL層形成時のパターン形成に要するコストを少なくできるため、表示装置を低コストで高い生産性をもって製造できることが挙げられる。次に、塗り分け方式においては、各副画素のEL層の材料が互いに混入することを防ぐために、各副画素間に余白が必要となるが、カラーフィルタ方式では当該余白が不要であるため、より画素の密度が高く高精細な表示装置を実現することが挙げられる。

【0007】

上記発光素子は、EL層に含まれる発光性の物質の種類によって、様々な発光色を提供することができる。特に、照明装置、及びカラーフィルタ方式の表示装置への応用を考えた場合、白色発光またはそれに近い色の発光が高効率で得られる発光素子が求められている。また、消費電力の少ない発光素子が求められている。

【0008】

発光素子の発光効率を向上させるためには、発光素子からの光の取り出し効率を向上させることが重要である。発光素子からの光の取り出し効率を向上させるために、一対の電極間で光の共振効果を利用した微小光共振器 (マイクロキャビティ) 構造を採用し、特定波長における光強度を増加させる方法が提案されている (例えば、特許文献1参照)。

【0009】

また、白色を発光する発光素子として、複数のEL層の間に電荷発生層を設ける素子 (タンデム素子ともいう) が提案されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0010】

【特許文献1】特開2012-182127号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0011】

タンデム素子は、異なる発光色を有する発光材料をそれぞれ異なるEL層に用いることができるため、白色発光素子を作製するのに好適である。しかしながら、タンデム素子は成膜層数が多いため、製造工程が多く製造コストが高いという課題がある。

10

20

30

40

50

**【0012】**

また、フルカラー表示が可能な表示装置を製造する方法として、塗り分け方式では、微細な開口を有するシャドウマスクを用いて必要な副画素のみに該発光層を蒸着する工程が必要であるため、シャドウマスクの開口部を所望の位置に配置（アライメントともいう）する精度が高く要求される。また、発光層を必要な副画素に塗り分けるときに、隣接する副画素に発光性の物質が混入する場合があるため、表示装置の製造における歩留りが低下するという課題がある。また、高精細な表示が可能な表示装置においては、さらに高いアライメント精度が要求されるため、表示装置の製造における歩留りが低下し、製造コストが増大するという課題がある。

**【0013】**

これに対して、カラーフィルタ方式では、上記のような微細な開口を有するシャドウマスクが不要なため、表示装置を高い生産性をもって製造することができる。しかしながら、カラーフィルタ方式では、白色発光する発光層を、各副画素に共通に成膜するため、各副画素に必要なない色の発光も含んでしまう。そのため、カラーフィルタ方式は、塗り分け方式と比べて、光の利用効率が悪いという課題がある。

**【0014】**

また、光取り出し効率を向上する手段であるマイクロキャビティ構造は、各副画素に必要な発光色に適するよう電極間の光学距離を調整するため、EL層及び電極の膜厚を調整する必要があり、副画素を作り分けるためのフォトマスクまたはシャドウマスクが必要となる。したがって、表示装置の製造における歩留りが低下し、製造コストが増大するという課題がある。

**【0015】**

そのため、生産性の優れた発光素子が求められている。白色を呈する発光素子の発光効率を高めることが求められている。また、光の利用効率が高い発光素子が求められている。

**【0016】**

したがって、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、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、複数の発光層を有するEL層を含む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、成膜工程数が比較的少なく、製造しやす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。

**【0017】**

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】****【0018】**

本発明の一態様は、EL層が有する注入層を異ならせることで、キャリア再結合領域を制御し、複数の発光層を有するEL層から呈する発光の発光色を制御することが可能な発光素子である。

**【0019】**

また、本発明の一態様は、複数の発光層を有するEL層を含む発光素子において、比較的少ない成膜層数で製造可能な発光素子である。

**【0020】**

したがって、本発明の一態様は、第1の電極と、第2の電極と、第1の電極および第2の電極の間に設けられたEL層と、を有する発光素子であって、EL層は、第1の領域と

10

20

30

40

50

、第2の領域と、を有し、第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第2の領域は、第2の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の注入層は、第1の電極に接する領域を有し、第2の注入層は、第1の電極に接する領域を有し、第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、第1の発光材料は、第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、第1の領域が呈することができる光の色は、第2の領域が呈することができる光の色と、異なる発光素子である。

#### 【0021】

また、本発明の他の一態様は、第1の電極と、第2の電極と、第3の電極と、EL層と、を有する発光素子であって、EL層は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、第1の領域は、第1の電極と、第2の電極との間に設けられ、第2の領域は、第2の電極と、第3の電極との間に設けられ、第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第2の領域は、第2の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の注入層は、第1の電極に接する領域を有し、第2の注入層は、第3の電極に接する領域を有し、第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、第1の発光材料は、第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、第1の領域が呈することができる光の色は、第2の領域が呈することができる光の色と、異なる発光素子である。

10

#### 【0022】

また、本発明の他の一態様は、第1の電極と、第2の電極と、第3の電極と、EL層と、を有する発光素子であって、EL層は、第1の領域と、第2の領域と、を有し、第1の領域は、第1の電極と、第2の電極との間に設けられ、第2の領域は、第2の電極と、第3の電極との間に設けられ、第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第2の領域は、第2の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の注入層は、第2の電極に接する領域を有し、第2の注入層は、第2の電極に接する領域を有し、第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、第1の発光材料は、第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、第1の領域が呈することができる光の色は、第2の領域が呈することができる光の色と、異なる発光素子である。

20

#### 【0023】

また、本発明の他の一態様は、第1の電極と、第2の電極と、第3の電極と、EL層と、を有する発光素子であって、EL層は、第1の領域と、第2の領域と、第3の領域と、を有し、第1の領域、及び第2の領域は、第1の電極と、第2の電極との間に設けられ、第3の領域は、第2の電極と、第3の電極との間に設けられ、第1の電極は、可視光を透過する機能を有する第1の導電膜を有し、第3の電極は、可視光を透過する機能を有する第2の導電膜を有し、第1の領域は、第1の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第2の領域は、第2の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第3の領域は、第2の注入層と、第1の発光層と、第2の発光層と、を有し、第1の領域において、第1の注入層は、第1の電極に接する領域を有し、第2の領域において、第2の注入層は、第1の電極に接する領域を有し、第3の領域において、第3の注入層は、第2の電極に接する領域を有し、第1の発光層は、第1の発光材料と、第1のホスト材料と、を有し、第2の発光層は、第2の発光材料と、第2のホスト材料と、を有し、第1の発光材料は、第2の発光材料とは異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有し、第2の導電膜は、第1の導電膜より、膜厚が厚い領域を有し、第2の注入層は、第1の注入層より、膜厚が厚い領域を有し、第3の領域が呈する光は、第2の領域が呈する光より、発光スペクトルのピーク波長が長波長であり、第2の領域が呈する光は、第1の領域が呈する光より、発光スペクトルのピーク波長が長波長である発光素子である。

30

40

50

**【 0 0 2 4 】**

また、上記構成において、第1の領域が呈する発光は、400 nm以上480 nm未満の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有し、第2の領域が呈する発光は、480 nm以上580 nm未満の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有し、第3の領域が呈する発光は、580 nm以上740 nm以下の波長領域に少なくとも一つの発光スペクトルピークを有すると好ましい。

**【 0 0 2 5 】**

また、上記各構成において、第1の電極と、第3の電極と、が同じ材料を有する領域を有する発光素子が好ましい。

**【 0 0 2 6 】**

また、上記各構成において、第1の注入層は、第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、を有し、第2の注入層は、第2のアクセプター材料と、第2のドナー材料と、有すると好ましい。

10

**【 0 0 2 7 】**

また、上記各構成において、第1の注入層は、第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、を有し、第2の注入層は、第1のアクセプター材料と、第2のドナー材料と、を有すると好ましい。

**【 0 0 2 8 】**

また、上記各構成において、第1の注入層は、第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、を有し、第2の注入層は、第2のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、有すると好ましい。

20

**【 0 0 2 9 】**

また、上記各構成において、第1の注入層は、第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、を有し、第2の注入層は、第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、を有し、第1の注入層が有する第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、の混合比は、第2の注入層が有する第1のアクセプター材料と、第1のドナー材料と、の混合比と異なると好ましい。

**【 0 0 3 0 】**

また、上記各構成において、第1のドナー材料のHOMO準位は、第2のドナー材料のHOMO準位と異なると好ましい。

30

**【 0 0 3 1 】**

また、上記各構成において、EL層は、キャリア輸送層を有し、キャリア輸送層は、第1の注入層と接する領域を有し、キャリア輸送層は、第2の注入層と接する領域を有し、キャリア輸送層は、キャリア輸送性材料を有し、キャリア輸送性材料のHOMO準位は、第1のドナー材料のHOMO準位と、第2のドナー材料のHOMO準位と、の間に位置すると好ましい。

**【 0 0 3 2 】**

また、上記各構成において、EL層は、キャリア輸送層を有し、キャリア輸送層は、第1の注入層と接する領域を有し、キャリア輸送層は、第2の注入層と接する領域を有し、キャリア輸送層は、キャリア輸送性材料を有し、キャリア輸送性材料のHOMO準位は、第1のドナー材料のHOMO準位または第2のドナー材料のHOMO準位の一方と等しく、第1のドナー材料のHOMO準位または第2のドナー材料のHOMO準位の他方と異なると好ましい。

40

**【 0 0 3 3 】**

また、上記各構成において、第1の注入層の導電率は、第2の注入層の導電率と異なると好ましい。

**【 0 0 3 4 】**

また、上記各構成において、第1の発光材料は、紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有し、第2の発光材料は、緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる、少なくとも一つ

50

の波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有すると好ましい。

【0035】

また、上記各構成において、第1のホスト材料の一重項励起エネルギー準位は、第1の発光材料の一重項励起エネルギー準位より高く、第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、第1の発光材料の三重項励起エネルギー準位より低いと好ましい。

【0036】

また、上記各構成において、第2のホスト材料は、第1の化合物と、第2の化合物と、を有し、第1の化合物と、第2の化合物と、が励起錯体を形成すると好ましい。

【0037】

また、上記構成において、第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、第1の化合物の三重項励起エネルギー準位より低く、第1のホスト材料の三重項励起エネルギー準位は、第2の化合物の三重項励起エネルギー準位より低いと好ましい。 10

【0038】

また、上記各構成において、第1の発光層と、第2の発光層、とが接する領域を有する発光素子が好ましい。

【0039】

また、上記各構成において、第1の発光材料は、一重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有し、第2の発光材料は、三重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有すると好ましい。

【0040】

また、本発明の他の一態様は、上記各構成の発光素子と、カラーフィルタ及びトランジスタの少なくとも一と、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ー、例えばFPC（Flexible printed circuit）、TCP（Tape Carrier Package）が取り付けられた表示モジュール、TCPの後にプリント配線板が設けられた表示モジュール、または発光素子にCOG（Chip On Glass）方式によりIC（集積回路）が直接実装された表示モジュールも発光装置を含む場合がある。 20 30

【発明の効果】

【0041】

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、本発明の一態様では、発光効率が高い発光素子を提供することができる。または、複数の発光層を有するEL層を含む新規な発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様では、成膜工程数が比較的少なく、製造しやすい発光素子を提供することができる。または、本発明の一態様では、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、本発明の一態様では、新規な発光装置を提供することができる。または、本発明の一態様では、新規な表示装置を提供することができる。 40

【0042】

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】

【0043】

【図1】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。

【図2】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。 50

- 【図3】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図4】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図5】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図6】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7】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8】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図9】本発明の一態様の発光素子のエネルギー準位の相関を説明する模式図。
- 【図10】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図11】本発明の一態様の発光素子の断面模式図。
- 【図12】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。 10
- 【図13】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。
- 【図14】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。
- 【図15】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。
- 【図16】本発明の一態様の表示装置を説明する断面模式図。
- 【図17】本発明の一態様の表示装置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断面模式図。
- 【図19】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20】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21】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22】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す斜視図。 20
- 【図23】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24】本発明の一態様のタッチパネルの一例を示す断面図。
- 【図25】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26】本発明の一態様に係るタッチセンサの回路図。
- 【図27】本発明の一態様の表示モジュールを説明する斜視図。
- 【図28】本発明の一態様の電子機器について説明する図。
- 【図29】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30】本発明の一態様の発光装置を説明する断面図。
- 【図31】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32】本発明の一態様の照明装置について説明する図。 30
- 【図33】実施例に係る、試料の電流密度 - 電圧特性を説明する図。
- 【図34】実施例に係る、試料の電流密度 - 電圧特性を説明する図。
- 【図35】実施例に係る、試料の電流密度 - 電圧特性を説明する図。
- 【図36】実施例に係る、発光素子を説明する断面模式図。
- 【図37】実施例に係る、発光素子の電流効率 - 輝度特性を説明する図。
- 【図38】実施例に係る、発光素子の輝度 - 電圧特性を説明する図。
- 【図39】実施例に係る、発光素子の電界発光スペクトルを説明する図。
- 【図40】実施例に係る、発光素子の電流効率 - 輝度特性を説明する図。
- 【図41】実施例に係る、発光素子の輝度 - 電圧特性を説明する図。
- 【図42】実施例に係る、発光素子の電界発光スペクトルを説明する図。 40
- 【発明を実施するための形態】
- 【0044】
- 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。
- 【0045】
- 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、図面等に開示された位置、大きさ、範囲などに限定されない。 50

## 【0046】

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。

## 【0047】

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。

## 【0048】

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。

## 【0049】

また、本明細書等において、一重項励起状態は、励起エネルギーを有する一重項状態のことである。また、一重項励起エネルギー準位の最も低い準位(S1準位)は、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、三重項励起エネルギー準位の最も低い準位(T1準位)は、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。

## 【0050】

また、本明細書等において蛍光材料とは、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材料である。燐光材料とは、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材料である。換言すると燐光材料とは、三重項励起エネルギーを可視光へ変換可能な材料の一つである。

## 【0051】

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。

## 【0052】

また、色とは、一般に色相(単色光の波長に相当)、彩度(あざやかさ即ち白みを帯びていない度合)および明度(明るさ即ち光の強弱)の三要素によって規定される。また、本明細書等において色とは、上述の三要素のうちのいずれか一つの要素のみ、または任意で選んだ2つの要素のみを示してもよい。また、本明細書において、2つの光の色が異なるとは、上述の三要素のうちいずれか少なくとも一つが異なることをいい、さらに、2つの光のスペクトルの形状若しくは各ピークの相対強度の分布が異なることをも含む。

## 【0053】

また、本明細書等において、青色の波長領域とは、400nm以上480nm未満の波長領域であり、青色の発光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。また、緑色の波長領域とは、480nm以上580nm未満の波長領域であり、緑色の発光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。また、赤色の波長領域とは、580nm以上740nm以下の波長領域であり、赤色の発光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。

## 【0054】

## (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7を用いて以下説明する。

## 【0055】

## &lt;発光素子の構成例1&gt;

まず、本発明の一態様の発光素子の構成について、図1を用いて、以下説明する。

## 【0056】

図1は、本発明の一態様の発光素子250の断面模式図である。

10

20

30

40

50

**【0057】**

発光素子250は、一対の電極（電極101及び電極102）を有し、該一対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150を有する。

**【0058】**

また、発光素子250は、領域210a及び領域210bを有する。領域210aにおいて、EL層100は、電極101に接するキャリア注入層111aを有し、領域210bにおいて、EL層100は、電極101に接するキャリア注入層111bを有する。

**【0059】**

また、図1に示すEL層100は、発光層150、キャリア注入層111a、111bの他に、キャリア輸送層112、キャリア輸送層118、及びキャリア注入層119等の機能層を有する。また、発光層150は、少なくとも発光層120および発光層130を有する。

**【0060】**

なお、本実施の形態においては、一対の電極のうち、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250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、正孔注入層と、正孔輸送層と、発光層と、電子輸送層と、電子注入層と、が積層する順番とすればよい。したがって、キャリア注入層111a、111bが、正孔注入層であっても電子注入層であってもよい。また、キャリア輸送層112、キャリア輸送層118、及びキャリア注入層119は、それぞれ正孔輸送層、電子輸送層、及び電子注入層であってもよく、または電子輸送層、正孔輸送層、及び正孔注入層であってもよい。

**【0061】**

なお、EL層100の構成は、図1に示す構成に限定されず、キャリア輸送層112、キャリア輸送層118、及びキャリア注入層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。または、EL層100は、キャリア（正孔もしくは電子）の注入障壁を低減する、キャリア（正孔もしくは電子）の輸送性を向上する、キャリア（正孔もしくは電子）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。

**【0062】**

本発明の一態様の発光素子250においては、一対の電極（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、注入されたキャリア（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。発光材料を有する発光層150において、キャリア（電子及び正孔）が再結合し、励起子が形成されると、発光層150が有する発光材料が励起状態となり、発光材料から発光が得られる。

**【0063】**

したがって、キャリア（電子及び正孔）の再結合する領域（キャリア再結合領域ともいう）が、発光層150内に分布するよう制御することが、発光効率を高める上で重要な。また、発光層150内でキャリアが再結合することで、発光層150内に発光材料が発光する領域（発光領域ともいう）を形成される。

**【0064】**

発光素子250のように、発光層150が発光層120及び発光層130という少なくとも2つの発光層を有するとき、図1で示すように、発光領域180は発光層120及び発光層130内の領域に分布する。このとき、発光層120および発光層130のうち、一方の発光層でより多くのキャリアが再結合する場合、発光領域180は該一方の発光層により多く分布するため、該一方の発光層からの発光が多くなり、他方の発光層からの発光が少なくなる。または、双方の発光層でバランスよくキャリアが再結合する場合、発光

10

20

30

40

50

領域 180 は双方の発光層にバランスよく分布するため、双方の発光層が呈する発光をバランスよく得ることが可能となる。

#### 【 0 0 6 5 】

発光素子のキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域は、正孔注入層と、正孔輸送層と、発光層と、電子輸送層と、電子注入層と、におけるキャリア（電子及び正孔）注入性およびキャリア輸送性によって、影響を受ける。そのため、該キャリア注入性およびキャリア輸送性を制御することで、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することができる。中でも、一対の電極の一方と接するキャリア注入層のキャリア注入性及びキャリア輸送性は、キャリア再結合領域及び発光領域が分布する領域への影響が大きい。したがって、キャリア注入層のキャリア注入性またはキャリア輸送性の少なくとも一方を変化させることで、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができる。10

#### 【 0 0 6 6 】

例えば、発光素子 250において、キャリア注入層 111a のキャリア注入性を高くすることで、領域 210a における発光領域 180 を、発光層 150 内のキャリア輸送層 112 から遠く、キャリア輸送層 118 に近い領域、すなわち発光層 130 からより多くの発光が得られるよう制御することができる。また、キャリア注入層 111b のキャリア注入性を低くすることで、領域 210b における発光領域 180 を、発光層 150 内のキャリア輸送層 112 に近く、キャリア輸送層 118 から遠い領域、すなわち発光層 120 からより多くの発光が得られるよう制御することができる。20

#### 【 0 0 6 7 】

発光層 150 が有する発光層 120 と、発光層 130 と、で発光色が異なる場合、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することで、一方の発光層が呈する発光色を強めることができる。すなわち、領域 210a と領域 210b とが呈する発光を、互いに異なる発光色または発光スペクトルを有する発光にすることができる。また、領域 210a と領域 210b とで、異なる色の発光を取り出すことが必要な場合、上記構成によって領域 210a と領域 210b とで、それぞれ所望の発光色になるよう、発光領域 180 を制御することで、光の取り出し効率を向上させることができる。

#### 【 0 0 6 8 】

キャリア注入層 111a、111b が正孔注入層である場合、キャリア注入層 111a、111b として、例えば、電極 101 の仕事関数と同程度または小さいイオン化ポテンシャルを有する材料を用いることで、電極 101 からキャリア注入層 111a、111b への正孔注入性を向上させることができる。また、キャリア注入層 111a、111b として、例えば、電極 101 の仕事関数より大きいイオン化ポテンシャルを有する材料を用いることで、電極 101 とキャリア注入層 111a、111b との界面に正孔注入障壁が生じるため、電極 101 からキャリア注入層 111a、111b の正孔注入性を低下させることができる。30

#### 【 0 0 6 9 】

すなわち、本発明の一態様は、キャリア注入層 111a とキャリア注入層 111b とが、互いに異なるイオン化ポテンシャルを有する材料を有することで、キャリア注入層 111a およびキャリア注入層 111b のキャリア注入性を、互いに異なる注入性にすることができる発光素子である。または、本発明の一態様は、キャリア注入層 111a とキャリア注入層 111b とが、互いに異なる最高被占軌道（Highest Occupied Molecular Orbital、HOMOともいう）準位を有する材料を有することで、キャリア注入層 111a およびキャリア注入層 111b の正孔注入性を、互いに異なる注入性にすることができる発光素子である。または、本発明の一態様は、キャリア注入層 111a とキャリア注入層 111b とが、互いに異なる最低空軌道（Lowest Unoccupied Molecular Orbital、LUMOともいう）準位を有する材料を有することで、キャリア注入層 111a およびキャリア注入層 111b の電子注入性を、互いに異なる注入性にすることができる発光素子である。そうすること4050

で、発光素子 250 の領域 210a と領域 210b とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができるとため、好ましい。

#### 【0070】

また、キャリア注入層 111a、111b が正孔注入層である場合、キャリア注入層 111a、111b として、例えば、キャリア輸送層 112 に用いる材料より HOMO 準位が低い材料を用いることで、キャリア注入層 111a、111b からキャリア輸送層 112 への正孔輸送性を向上させることができる。または、キャリア輸送層 112 に用いる材料より HOMO 準位が高い材料を用いることで、キャリア注入層 111a、111b とキャリア輸送層 112 との界面に正孔注入障壁が生じるため、キャリア注入層 111a、111b からキャリア輸送層 112 への正孔輸送性を低下させることができる。

10

#### 【0071】

また、キャリア注入層 111a、111b が電子注入層である場合、キャリア注入層 111a、111b として、例えば、キャリア輸送層 112 に用いる材料より LUMO 準位が高い材料を用いることで、キャリア注入層 111a、111b からキャリア輸送層 112 への電子輸送性を向上させることができる。または、キャリア輸送層 112 に用いる材料より LUMO 準位が低い材料を用いることで、キャリア注入層 111a、111b とキャリア輸送層 112 との界面で電子注入障壁が生じるため、キャリア注入層 111a、111b からキャリア輸送層 112 への電子輸送性を低下させることができる。

#### 【0072】

すなわち、本発明の一態様は、キャリア輸送層 112 が有する材料の HOMO 準位が、キャリア注入層 111a が有する材料の HOMO 準位と、キャリア注入層 111b が有する材料の HOMO 準位と、の間に位置する発光素子である。または、キャリア輸送層 112 が有する材料の HOMO 準位が、キャリア注入層 111a が有する材料の HOMO 準位もしくはキャリア注入層 111b が有する材料の HOMO 準位の一方と等しく、他方と異なる発光素子である。そうすることで、領域 210a と領域 210b とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができるとため、好ましい。

20

#### 【0073】

または、本発明の一態様は、キャリア輸送層 112 が有する材料の LUMO 準位が、キャリア注入層 111a が有する材料の LUMO 準位と、キャリア注入層 111b が有する材料の LUMO 準位と、の間に位置する発光素子である。または、キャリア輸送層 112 が有する材料の LUMO 準位が、キャリア注入層 111a が有する材料の LUMO 準位もしくはキャリア注入層 111b が有する材料の LUMO 準位の一方と等しく、他方と異なる発光素子である。そうすることで、領域 210a と領域 210b とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができるとため、好ましい。

30

#### 【0074】

また、キャリア注入層 111a の導電率は、キャリア注入層 111b の導電率と異なることが好ましい。そうすることで、キャリア注入層 111a と、キャリア注入層 111b とのキャリア輸送性を互いに異なるキャリア輸送性とすることができます、領域 210a と領域 210b とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができます。

40

#### 【0075】

キャリア注入層 111a、111b が電子注入層である場合、キャリア注入層 111a、111b としては、電極 101 からの電子注入性が高い材料を有すると好ましい。例えば、第 1 族金属、第 2 族金属、またはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。

#### 【0076】

また、キャリア注入層 111a、111b に、有機材料（アクセプター材料）と電子供与体（ドナー材料）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該有機材料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、該有機材料としては、発生した電子の輸送に優れた材料（電子輸送

50

性材料)であることが好ましく、具体的には、金属錯体及び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、有機材料に対し電子供与性を示す材料であればよい。具体的には、第1族金属、第2族金属、またはこれらの酸化物などを挙げができる。

【0077】

また、電子注入層として機能するキャリア注入層111a、111bが該複合材料で構成される場合、電子輸送性材料(アクセプター材料)を変えることで、電子注入層の電子注入性を変化させることができる。または、電子供与体(ドナー材料)を変えることで、電子注入層の電子注入性を変化させることができる。または、電子輸送性材料(アクセプター材料)と、電子供与体(ドナー材料)との混合比を変化させることで、電子注入層の電子注入性を変化させることができる。

10

【0078】

また、キャリア注入層111a、111bが正孔注入層である場合、キャリア注入層111a、111bとしては、電極101からの正孔注入性が高い材料を用いればよい。例えば、遷移金属酸化物、フタロシアニン誘導体、または芳香族アミンなどによって形成されると好ましい。

【0079】

また、正孔注入層として機能するキャリア注入層111a、111bに、ドナー材料としての機能を有する正孔輸送性材料と、電子受容体(アクセプター材料)とを含む複合材料を用いることができる。該複合材料は、アクセプター材料によって正孔輸送性材料(ドナー材料)から電子が引き抜かれて正孔(ホール)が発生するため、正孔注入性および正孔輸送性に優れる。

20

【0080】

また、正孔注入層として機能するキャリア注入層111a、111bが正孔輸送性材料(ドナー材料)と、アクセプター材料とを含む複合材料で構成される場合、正孔輸送性材料(ドナー材料)を変えることで、正孔注入層の正孔注入性を変化させることができる。または、アクセプター材料を変えることで、正孔注入層の正孔注入性を変化させることができる。または、正孔輸送性材料(ドナー材料)とアクセプター材料との混合比を変化させることで、正孔注入層の正孔注入性を変化させることができる。

【0081】

30

以上のように、本発明の一態様は、EL層が少なくとも2つの発光層を有し、第1の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第1のドナー材料とを有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第2のアクセプター材料と第2のドナー材料とを有する第2の注入層を有する発光素子である。または、本発明の一態様は、EL層が少なくとも2つの発光層を有し、第1の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第1のドナー材料とを有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第2のドナー材料とを有する第2の注入層を有する発光素子である。または、本発明の一態様は、EL層が少なくとも2つの発光層を有し、第1の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第1のドナー材料とを有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第2のアクセプター材料と第1のドナー材料とを有する第2の注入層を有する発光素子である。または、本発明の一態様は、EL層が少なくとも2つの発光層を有し、第1の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第1のドナー材料とを有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第1のアクセプター材料と第1のドナー材料との混合比は、第2の注入層が有する第1のアクセプター材料と第1のドナー材料との混合比と異なる発光素子である。そうすることで、第1の領域と第2の領域とで、キャリア再結合領域及び発光領域が分布する領域を互いに異なる領域とすることができる。その結果、第1の領域のEL層が呈する発光色と第2の領域のEL層が呈する発光色とで、互いに異なる発光色にすることができる。

40

【0082】

50

なお、第1の領域においてEL層が第1のドナー材料を有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第2のドナー材料を有する第2の注入層を有するとき、第1のドナー材料のHOMO準位は、第2のドナー材料のHOMO準位と異なる、ことが好ましい。または、EL層が第1の領域および第2の領域において、それぞれ第1の注入層および第2の注入層と接するキャリア輸送層を有するとき、該キャリア輸送層が有するキャリア輸送性材料のHOMO準位は、第1のドナー材料のHOMO準位と、第2のドナー材料のHOMO準位と、の間に位置する、ことが好ましい。または、EL層が第1の領域および第2の領域において、それぞれ第1の注入層および第2の注入層と接するキャリア輸送層を有するとき、該キャリア輸送層が有するキャリア輸送性材料のHOMO準位は、第1のドナー材料のHOMO準位または第2のドナー材料のHOMO準位の一方と等しく、他方と異なることが好ましい。このとき、これら注入層及びキャリア輸送層は、それぞれ正孔注入層及び正孔輸送層として機能するため、HOMO準位の違いによって、陽極から正孔注入層への正孔注入性、または正孔注入層から正孔輸送層への正孔注入性を異なる正孔注入性とすることができ、第1の領域と第2の領域とで、キャリア再結合領域及び発光領域が分布する領域を互いに異なる領域とすることができます。その結果、第1の領域のEL層が呈する発光色と第2の領域のEL層が呈する発光色とで、互いに異なる発光色にすることができる。10

#### 【0083】

また、第1の領域においてEL層が第1のアクセプター材料を有する第1の注入層を有し、第2の領域においてEL層が第2のアクセプター材料を有する第2の注入層を有するとき、第1のアクセプター材料のLUMO準位は、第2のアクセプター材料のLUMO準位と異なる、ことが好ましい。または、EL層が第1の領域および第2の領域において、それぞれ第1の注入層および第2の注入層と接するキャリア輸送層を有するとき、該キャリア輸送層が有するキャリア輸送性材料のLUMO準位は、第1のアクセプター材料のLUMO準位と、第2のアクセプター材料のLUMO準位と、の間に位置する、ことが好ましい。または、EL層が第1の領域および第2の領域において、それぞれ第1の注入層および第2の注入層と接するキャリア輸送層を有するとき、該キャリア輸送層が有するキャリア輸送性材料のLUMO準位は、第1のアクセプター材料のLUMO準位または第2のアクセプター材料のLUMO準位の一方と等しく、他方と異なることが好ましい。このとき、これら注入層及びキャリア輸送層は、それぞれ電子注入層及び電子輸送層として機能するため、LUMO準位の違いによって、陰極から電子注入層への電子注入性、または、電子注入層から電子輸送層への電子注入性を異なる電子注入性とすることができます、第1の領域と第2の領域とで、キャリア再結合領域及び発光領域が分布する領域を互いに異なる領域とすることができます。したがって、第1の領域のEL層が呈する発光色と第2の領域のEL層が呈する発光色とで、互いに異なる発光色にすることができる。20

#### 【0084】

##### <発光素子の構成例2>

次に、図1に示す発光素子250と異なる構成例について、図2(A)を用いて、以下説明を行う。30

#### 【0085】

図2(A)は、本発明の一態様の発光素子を示す断面模式図である。なお、図2(A)において、図1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。40

#### 【0086】

図2(A)で示す発光素子252は、電極101、電極102、電極103、及びEL層100を有する。EL層100は、少なくとも発光層150を有し、発光層150は、発光層120および発光層130を有する。また、EL層100は、電極101と電極102とでEL層100が挟持される領域210aと、電極103と電極102とでEL層100が挟持される領域210bとを有する。また、EL層100は、領域210aにお50

いて、電極 101 に接するキャリア注入層 111a を有し、領域 210b において、電極 103 に接するキャリア注入層 111b を有する。

【0087】

すなわち、発光素子 252 は、領域 210a における電極 101 と、電極 101 に接するキャリア注入層 111a との構成が、領域 210b における電極 103 と、電極 103 に接するキャリア注入層 111b との構成と、異なる発光素子である。

【0088】

電極 101 と電極 103 とが互いに異なる仕事関数を有する導電性材料を有するとき、キャリア注入層 111a が有する材料のイオン化ポテンシャルと電極 101 の仕事関数との差が、キャリア注入層 111b が有する材料のイオン化ポテンシャルと電極 103 の仕事関数との差と、異なる差になるよう、キャリア注入層 111a、キャリア注入層 111b、電極 101、及び電極 103 を選択すればよい。そうすることで、領域 210a と領域 210b とで互いに異なるキャリア注入性を有する発光素子を作製することができる。その結果、発光素子 252 の領域 210a と領域 210b とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができると、好ましい。

10

【0089】

発光層 150 が有する発光層 120 と、発光層 130 と、で発光色が異なる場合、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することで、一方の発光層が呈する発光色を強めることができると、すなわち、領域 210a と領域 210b とが呈する発光を異なる発光にことができる。また、領域 210a と領域 210b とで、異なる色の発光を取り出すことが必要な場合、上記構成によって領域 210a と領域 210b とで、それぞれ所望の発光色になるよう発光領域を制御することで、光の取り出し効率を向上させることができると、好ましい。

20

【0090】

なお、電極 101 の膜厚は、電極 103 の膜厚と、異なる膜厚であってもよい。その場合、電極 101 と電極 102 との光学距離を領域 210a が呈する発光の発光色に適した光学距離になるよう、また電極 102 と電極 103 との光学距離を領域 210b が呈する発光の発光色に適した光学距離になるよう、それぞれ調整することで、光取り出し効率を向上させることができ、好適である。具体的には、電極 101 乃至電極 103 が有する導電性材料の屈折率が、発光層 150 が有する材料の屈折率より小さい場合においては、電極 101 と電極 102 との光学距離が  $m_1 \cdot 1 / 2$  ( $m_1$  は自然数、 $1$  は EL 層 100 中の領域 210a が呈する光の波長、をそれぞれ表す) となるよう電極 101、電極 102 または / および EL 層 100 の膜厚を調整すればよい。もしくは、電極 102 と電極 103 との光学距離が  $m_2 \cdot 2 / 2$  ( $m_2$  は自然数、 $2$  は EL 層 100 中の領域 210b が呈する光の波長、をそれぞれ表す) となるよう電極 102、電極 103 または / および EL 層 100 の膜厚を調整すればよい。

30

【0091】

なお、発光素子 252 における他の構成については、発光素子 250 の構成を参照すればよい。

40

【0092】

<発光素子の構成例 3 >

次に、図 1 に示す発光素子 250 と異なる構成例について、図 2 (B) を用いて、以下説明を行う。

【0093】

図 2 (B) は、本発明の一態様の発光素子を示す断面模式図である。なお、図 2 (B) において、図 1 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。

【0094】

図 2 (B) で示す発光素子 254 は、電極 101、電極 102、電極 103、及び EL

50

層100を有する。EL層100は、キャリア注入層111と発光層150とを有し、発光層150は、発光層120および発光層130を有する。また、EL層100は、電極101と電極102とでEL層100が挟持される領域210aと、電極103と電極102とでEL層100が挟持される領域210bとを有する。また、EL層100は、領域210aにおいて、電極102に接するキャリア注入層119aを有し、領域210bにおいて、電極102に接するキャリア注入層119bを有する。

#### 【0095】

すなわち、発光素子254は、領域210aにおける電極101と、電極102に接するキャリア注入層119aとの構成が、領域210bにおける電極103と、電極102に接するキャリア注入層119bとの構成と異なる発光素子である。なお、発光素子254においては少なくとも、領域210aにおいてEL層100がキャリア注入層119aを有し、領域210bにおいてEL層100がキャリア注入層119bを有する構成とすればよく、電極101と電極103とは、同じであってもよい。

10

#### 【0096】

例えば、発光素子254において、キャリア注入層119aのキャリア注入性を低くすることで、領域210aにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112から遠く、キャリア輸送層118に近い領域、すなわち発光層130からより多くの発光が得られるよう制御することができる。また、キャリア注入層119bのキャリア注入性を高くすることで、領域210bにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112に近く、キャリア輸送層118から遠い領域、すなわち発光層120からより多くの発光が得られるよう制御することができる。

20

#### 【0097】

発光層150が有する発光層120と、発光層130と、で発光色が異なる場合、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することで、一方の発光層が呈する発光色を強めることができるとなる。すなわち、領域210aと領域210bとが呈する発光を異なる発光にことができる。また、領域210aと領域210bとで、異なる色の発光を取り出すことが必要な場合、上記構成によって領域210aと領域210bとで、それぞれ所望の発光色になるよう発光領域を制御することで、光の取り出し効率を向上させることができるとなる。

#### 【0098】

30

したがって、本発明の一態様は、キャリア注入層119aとキャリア注入層119bとが、互いにHOMO準位の異なる材料を有することで、キャリア注入層119aおよびキャリア注入層119bの正孔注入性を、互いに異なる注入性にすることができる発光素子である。または、本発明の一態様は、キャリア注入層119aとキャリア注入層119bとが、互いにLUMO準位の異なる材料を有することで、キャリア注入層119aおよびキャリア注入層119bの電子注入性を、互いに異なる注入性にすることができる発光素子である。そうすることで、発光素子254の領域210aと領域210bとでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができるとため、好ましい。

#### 【0099】

また、キャリア注入層119a、119bが正孔注入層である場合、キャリア注入層119a、119bとしては、例えば、キャリア輸送層118に用いる材料よりHOMO準位が低い材料を用いることで、キャリア注入層119a、119bからキャリア輸送層118への正孔輸送性を向上させることができる。または、キャリア輸送層118に用いる材料よりHOMO準位が高い材料を用いることで、キャリア注入層119a、119bとキャリア輸送層118との界面で正孔注入障壁が生じるため、キャリア注入層119a、119bからキャリア輸送層118への正孔輸送性を低下させることができる。

40

#### 【0100】

また、キャリア注入層119a、119bが電子注入層である場合、キャリア注入層119a、119bとしては、例えば、キャリア輸送層118に用いる材料よりLUMO準位が高い材料を用いることで、キャリア注入層119a、119bからキャリア輸送層1

50

18への電子輸送性を向上させることができる。または、キャリア輸送層118に用いる材料よりLUMO準位が低い材料を用いることで、キャリア注入層119a、119bとキャリア輸送層118との界面で電子注入障壁が生じるため、キャリア注入層119a、119bからキャリア輸送層118への電子輸送性を低下させることができる。

【0101】

すなわち、本発明の一態様は、キャリア輸送層118が有する材料のHOMO準位が、キャリア注入層119aが有する材料のHOMO準位と、キャリア注入層119bが有する材料のHOMO準位と、の間に位置する発光素子である。または、キャリア輸送層118が有する材料のHOMO準位が、キャリア注入層119aが有する材料のHOMO準位もしくはキャリア注入層119bが有する材料のHOMO準位の一方と等しく、他方と異なる発光素子である。そうすることで、領域210aと領域210bとでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができると、好ましい。

10

【0102】

または、本発明の一態様は、キャリア輸送層118が有する材料のLUMO準位が、キャリア注入層119aが有する材料のLUMO準位と、キャリア注入層119bが有する材料のLUMO準位と、の間に位置する発光素子である。または、キャリア輸送層118が有する材料のLUMO準位が、キャリア注入層119aが有する材料のLUMO準位もしくはキャリア注入層119bが有する材料のLUMO準位の一方と等しく、他方と異なる発光素子である。そうすることで、領域210aと領域210bとでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができると、好ましい。

20

【0103】

また、キャリア注入層119aの導電率は、キャリア注入層119bの導電率と異なることが好ましい。そうすることで、キャリア注入層119aと、キャリア注入層119bとのキャリア輸送性を互いに異なるキャリア輸送性とすることができます、領域210aと領域210bとでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を変化させることができます。

【0104】

キャリア注入層119a、119bが電子注入層である場合、発光素子250において例示したキャリア注入層111a、111bが電子注入層である場合に用いることができる材料および構成を用いることができる。また、キャリア注入層119a、119bが正孔注入層である場合、発光素子250において例示したキャリア注入層111a、111bが正孔注入層である場合に用いることができる材料および構成を用いることができる。

30

【0105】

なお、電極101の膜厚は、電極103の膜厚と、異なる膜厚であってもよい。その場合、電極101と電極102との光学距離を領域210aが呈する発光の発光色に適した光学距離になるよう、また電極102と電極103との光学距離を領域210bが呈する発光の発光色に適した光学距離になるよう、それぞれ調整することで、光取り出し効率を向上させることができ、好適である。具体的には、電極101乃至電極103が有する導電性材料の屈折率が、発光層150が有する材料の屈折率より小さい場合には、電極101と電極102との光学距離が $m_1 + 1 / 2$  ( $m_1$  は自然数、 $_1$  はEL層100中の領域210aが呈する光の波長、をそれぞれ表す) となるよう電極101、電極102または/およびEL層100の膜厚を調整すればよい。もしくは、電極102と電極103との光学距離が $m_2 + 2 / 2$  ( $m_2$  は自然数、 $_2$  はEL層100中の領域210bが呈する光の波長、をそれぞれ表す) となるよう電極102、電極103または/およびEL層100の膜厚を調整すればよい。

40

【0106】

なお、発光素子254における他の構成については、発光素子250または発光素子252の構成を参照すればよい。

【0107】

<発光素子の構成例4>

50

次に、図1に示す発光素子250と異なる構成例について、図3を用いて、以下説明を行う。

【0108】

図3は、本発明の一態様の発光素子を示す断面模式図である。なお、図3において、図1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。

【0109】

図3で示す発光素子256は、電極101、電極102、電極103、及びEL層100を有する。EL層100は、少なくとも発光層150を有し、発光層150は、発光層120および発光層130を有する。また、EL層100は、電極101と電極102とでEL層100が挟持される領域210aと、電極103と電極102とでEL層100が挟持される領域210bとを有する。また、EL層100は、領域210aにおいて、電極101に接するキャリア注入層111aと、電極102に接するキャリア注入層119aとを有し、領域210bにおいて、電極103に接するキャリア注入層111bと、電極102に接するキャリア注入層119bとを有する。

【0110】

すなわち、発光素子256は、領域210aにおける電極101と、電極101に接するキャリア注入層111aと、電極102に接するキャリア注入層119aとの構成が、領域210bにおける電極103と、電極103に接するキャリア注入層111bと、電極102に接するキャリア注入層119bとの構成と、異なる発光素子である。なお、発光素子256においては少なくとも、領域210aにおいてEL層100がキャリア注入層111a、119aを有し、領域210bにおいてEL層100がキャリア注入層111b、119bを有する構成とすればよく、電極101と電極103とは、同じであってもよい。

【0111】

例えば、発光素子256において、キャリア注入層111aのキャリア注入性を高くし、キャリア注入層119aのキャリア注入性を低くすることで、領域210aにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112から遠く、キャリア輸送層118から近い領域、すなわち発光層130からより多くの発光が得られるよう制御することができる。キャリア注入層111aとキャリア注入層119aとにおけるキャリア注入性を制御することで、効果的にキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することができる。また、キャリア注入層111bのキャリア注入性を低くし、キャリア注入層119bのキャリア注入性を高くすることで、領域210bにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112に近く、キャリア輸送層118から遠い領域、すなわち発光層120からより多くの発光が得られるよう制御することができる。キャリア注入層111bとキャリア注入層119bとにおけるキャリア注入性を制御することで、効果的にキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することができる。

【0112】

発光層150が有する発光層120と発光層130とで発光色が異なる場合、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することで、一方の発光層が呈する発光色を強めることが可能となる。すなわち、領域210aと領域210bとが呈する発光を異なる発光にすることができる。また、領域210aと領域210bとで、異なる色の発光を取り出すことが必要な場合、上記構成によって領域210aと領域210bとで、それぞれ所望の発光色になるよう発光領域を制御することで、光の取り出し効率を向上させることが可能となる。

【0113】

なお、発光素子256における他の構成については、発光素子250、発光素子252または発光素子254の構成を参照すればよい。

【0114】

10

20

30

40

50

## &lt;発光素子の構成例 5 &gt;

次に、図1に示す発光素子250と異なる構成例について図4(A)(B)を用いて以下に説明する。

## 【0115】

図4(A)(B)は、本発明の一態様の発光素子を示す断面模式図である。なお、図4(A)(B)において、図1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。

## 【0116】

図4(A)(B)は、一対の電極間に、発光層150を有する発光素子の構成例である。図4(A)に示す発光素子258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4(B)に示す発光素子260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。

10

## 【0117】

発光素子258及び発光素子260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、電極102と電極103との間、及び電極102と電極104との間に、発光層150を有する。また、電極101に接するキャリア注入層111aと、電極103および電極104に接するキャリア注入層111bと、を有する。また、キャリア輸送層112と、キャリア輸送層118と、キャリア注入層119と、を有する。また、発光層150は、発光層120と、発光層130と、を有する。

20

## 【0118】

発光層120と発光層130とは、互いに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。また、発光層120及び発光層130は、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、互いに異なる色を呈する機能を有する2種類の発光材料を用いることで、複数の発光を同時に得ることができる。特に発光層120と、発光層130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。また、発光層120または発光層130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。

30

## 【0119】

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

## 【0120】

発光素子258はトップエミッション型であるため、電極101、電極103及び電極104は、光を反射する機能を有することが好ましく、電極102は、光を透過する機能を有することが好ましい。

40

## 【0121】

また、発光素子260はボトムエミッション型であるため、電極101、電極103及び電極104は、光を透過する機能を有することが好ましく、電極102は、光を反射する機能を有することが好ましい。

## 【0122】

図4(A)に示す発光素子258、及び図4(B)に示す発光素子260は、電極101と電極102とでEL層が挟持された領域222Bと、電極102と電極103とでEL層が挟持された領域222Gと、電極102と電極104とでEL層が挟持された領域222Rとを有する。また、領域222B、領域222G、及び領域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1

50

03、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、基板200上の電極を電極101、電極103、及び電極104のように、それぞれ島状に分離することが可能となる。

【0123】

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。

【0124】

なお、キャリア注入層111aと、キャリア注入層111b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。

10

【0125】

また、キャリア注入層111aとキャリア注入層111bとが、それぞれ異なる材料を有する場合、電極101と、電極103及び電極104とで、それぞれEL層へのキャリアの注入性が異なる構成であることが好ましい。

【0126】

例えば、陽極の仕事関数より大きいイオン化ポテンシャルを有する材料をキャリア注入層111a、111bに用いた場合、陽極からEL層へ注入される正孔と、陰極からEL層へ注入される電子とが再結合する領域（再結合領域）が、比較的陽極側に密に分布する。一方で、陽極の仕事関数と同程度または小さいイオン化ポテンシャルを有する材料をキャリア注入層111a、111bに用いた場合、正孔と電子とが再結合する領域（再結合領域）は、比較的陰極側に密に分布する。

20

【0127】

また、図4(A)(B)のように、発光層150が複数の層（発光層120及び発光層130）で構成される場合、正孔または電子の注入性が変化し、発光層150内での正孔と電子とが再結合する領域が変化すると、発光層120と発光層130とが呈する光の強度の比が変化する。したがって、発光層120と発光層130とで呈する光の色が異なる場合、発光素子全体として取り出される光のスペクトルの形状（各波長成分の相対強度比）が変化することとなる。すなわち、領域222Bと、領域222G及び領域222Rとが呈する光の色を制御することが可能となる。また、領域222Bと、領域222G及び領域222Rとが呈する発光を異なる発光にすることができる。また、領域222Bと、領域222G及び領域222Rとで、異なる色の発光を取り出すことが必要な場合、上記構成によって領域222Bと、領域222G及び領域222Rとで、それぞれ所望の発光色になるよう発光領域を制御することで、光の取り出し効率を向上させることができる。

30

【0128】

例えば、発光素子258及び発光素子260において、キャリア注入層111aのキャリア注入性を低くすることで、領域222Bにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112に近く、キャリア輸送層118から遠い領域、すなわち発光層120からより多くの発光が得られるよう制御することができる。また、キャリア注入層111bのキャリア注入性を高くすることで、領域222G及び領域222Rにおける発光領域を、発光層150内のキャリア輸送層112から遠く、キャリア輸送層118に近い領域、すなわち発光層130からより多くの発光が得られるよう制御することができる。

40

【0129】

このとき、発光層120が紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する発光材料を有することで、領域222Bは青色の発光を呈する構成とすることができる。また、発光層130が緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する発光材料を有することで、領域222Gは緑色の発光を呈し、領域222Rは赤色の発光を呈する構成とすることができる。このような構成

50

を有する発光素子 258 または発光素子 260 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。なお、それぞれの発光層の膜厚は、同じであっても良いし、異なっていても良い。

#### 【 0130 】

また、発光素子 258 及び発光素子 260 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。

10

#### 【 0131 】

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。

#### 【 0132 】

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。

20

#### 【 0133 】

なお、光学素子 224R、光学素子 224G、及び光学素子 224B 上に複数の光学素子を重ねて設けてもよい。他の光学素子としては、例えば円偏光板及び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。

30

#### 【 0134 】

なお、図 4 (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。

#### 【 0135 】

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。

40

#### 【 0136 】

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。

#### 【 0137 】

さらに、発光素子 258 及び発光素子 260 は、マイクロキャビティ構造を有すると好みしい。

#### 【 0138 】

発光層 120、及び発光層 130 から射出される光は、一対の電極（例えば、電極 10

50

1 と電極 102 ) の間で共振される。また、発光層 120 及び発光層 130 は、射出される光のうち所望する波長の光の強度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 120 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 120 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 120 から射出される光の強度を強めることができる。また、電極 103 および電極 104 の反射領域から発光層 130 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 130 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 130 から射出される光の強度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 120 及び発光層 130 ）を積層する発光素子の場合、発光層 120 及び発光層 130 のそれぞれの光学距離を最適化することが好ましい。

10

#### 【 0139 】

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は困難であるため、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 120 または発光層 130 から射出される光の強度を強める光学距離を導出してもよい。また、発光層 120 および発光層 130 の発光領域を厳密に決定することは困難であるため、発光層 120 および発光層 130 の任意の領域を発光領域と仮定することで、発光層 120 および発光層 130 から射出される光の強度を強める光学距離を導出してもよい。

#### 【 0140 】

また、発光素子 258 及び発光素子 260 においては、各領域で導電膜（導電膜 101 b、導電膜 103 b、及び導電膜 104 b）の厚さを調整することで、発光層 120 及び発光層 130 から呈される光のうち所望する波長の光の強度を強めることができる。なお、各領域でキャリア注入層 111a 及びキャリア注入層 111b の厚さを異ならせることで、発光層 120 及び発光層 130 から呈される光のうち所望する波長の光の強度を強めても良い。

20

#### 【 0141 】

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 120 または発光層 130 の屈折率よりも小さい場合においては、電極 101 が有する導電膜 101 b の膜厚を、電極 101 と電極 102 との間の光学距離が  $m_B / 2$ （ $m_B$  は自然数、 $B$  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 が有する導電膜 103 b の膜厚を、電極 103 と電極 102 との間の光学距離が  $m_G / 2$ （ $m_G$  は自然数、 $G$  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 が有する導電膜 104 b の膜厚を、電極 104 と電極 102 との間の光学距離が  $m_R / 2$ （ $m_R$  は自然数、 $R$  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。

30

#### 【 0142 】

上記のように、マイクロキャビティ構造を設け、各領域の一対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、導電膜 101 b、導電膜 103 b、導電膜 104 b は、光を透過する機能を有することが好ましい。また、導電膜 101 b、導電膜 103 b、導電膜 104 b を構成する材料は、互いに同じであっても良いし、異なっていても良い。また、導電膜 101 b、導電膜 103 b、導電膜 104 b 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。

40

#### 【 0143 】

なお、図 4 (A) に示す発光素子 258、上面射出型の発光素子であるため、導電膜 101 a、導電膜 103 a、及び導電膜 104 a 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。

#### 【 0144 】

また、図 4 (B) に示す発光素子 260 は、下面射出型の発光素子であるため、導電膜 101 a、導電膜 103 a、導電膜 104 a は、光を透過する機能と、光を反射する機能

50

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。

【0145】

また、発光素子 258 及び発光素子 260 において、導電膜 101a、導電膜 103a、または導電膜 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。導電膜 101a、導電膜 103a、導電膜 104a、に同じ材料を用いる場合、発光素子 258 及び発光素子 260 の製造コストを低減できる。なお、導電膜 101a、導電膜 103a、導電膜 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い。

【0146】

以上のように、発光素子 250 で例示したキャリア注入層を有する発光素子 258 または発光素子 260 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 258 または発光素子 260 を有する表示装置は、消費電力を低減することができる。

【0147】

なお、発光素子 258 及び発光素子 260 における他の構成については、発光素子 250、発光素子 252、発光素子 254 および発光素子 256 の構成を参照すればよい。

【0148】

<発光素子の構成例 6>

次に、図 4 に示す発光素子 258、発光素子 260 と異なる構成例について図 5 (A) (B) を用いて以下に説明する。

【0149】

図 5 (A) (B) は、本発明の一態様の発光素子を示す断面模式図である。なお、図 5 (A) (B) において、図 4 (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。

【0150】

図 5 (A) (B) は、一対の電極間に、発光層 150 を有する発光素子の構成例である。図 5 (A) に示す発光素子 262 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 5 (B) に示す発光素子 264 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。

【0151】

発光素子 262 及び発光素子 264 は、基板 200 上に電極 101 と、電極 102 と、電極 103 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 との間に、発光層 150 を有する。さらに、キャリア輸送層 112 と、キャリア輸送層 118 と、キャリア注入層 119 と、を有する。また、発光層 150 は、発光層 120 と、発光層 130 と、を有する。

【0152】

発光層 120 と発光層 130 とは、互いに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。また、発光層 120 及び発光層 130 は、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、互いに異なる色を呈する機能を有する 2 種類の発光材料を用いることで、複数の発光を同時に得ることができる。特に発光層 120 と、発光層 130 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。また、発光層 120 または発光層 130 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。

【0153】

また、発光素子 262 及び発光素子 264 は、電極 101 と電極 102 とで E L 層が挟持された領域 222B および領域 222G と、電極 102 と電極 103 とで E L 層が挟持された領域 222R とを有する。領域 222B においては電極 101 に接するキャリア注

10

20

30

40

50

入層 1 1 1 a を有し、領域 2 2 2 G においては電極 1 0 1 に接するキャリア注入層 1 1 1 b を有し、領域 2 2 2 R においては電極 1 0 3 に接するキャリア注入層 1 1 1 b を有する。

〔 0 1 5 4 〕

また、図5(A)に示す発光素子262において、電極101は、導電膜101aと、導電膜101a上の導電膜101bと、導電膜101a下の導電膜101cとを有する。また、電極103は、導電膜103aと、導電膜103a上の導電膜103bと、導電膜103a下の導電膜103cとを有する。すなわち、発光素子262は、導電膜101aが、導電膜101bと、導電膜101cとで挟持された電極101の構成を有する。また、導電膜103aが、導電膜103bと、導電膜103cとで挟持された電極103の構成を有する。

【 0 1 5 5 】

発光素子262において、導電膜101bと導電膜101cとが、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良い。また、導電膜103bと導電膜103cとが、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良い。電極101および/または電極103が、導電膜101a、導電膜103aと同じ導電性材料で挟持す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。

【 0 1 5 6 】

なお、発光素子 262において、導電膜 101b または導電膜 101c、もしくは導電膜 103b または導電膜 103cにおいて、いずれか一方のみを有する構成としてもよい。

【 0 1 5 7 】

発光素子 262 はトップエミッション型であるため、電極 101 および電極 103 は、光を反射する機能を有することが好ましく、電極 102 は、光を透過する機能を有することが好ましい。

【 0 1 5 8 】

また、発光素子 264 はボトムエミッション型であるため、電極 101 および電極 103 は、光を透過する機能を有することが好ましく、電極 102 は、光を反射する機能を有することが好ましい。

【 0 1 5 9 】

また、キャリア注入層 111a とキャリア注入層 111b とが、それぞれ異なる材料を有する場合、電極 101 と電極 103 とで、それぞれ EL 層へのキャリアの注入性が異なる構成であることが好ましい。

【 0 1 6 0 】

例えば、発光素子 262 及び発光素子 264において、キャリア注入層 111a のキャリア注入性を低くすることで、領域 222B における発光領域を、発光層 150 内のキャリア輸送層 112 に近く、キャリア輸送層 118 から遠い領域、すなわち発光層 120 からより多くの発光が得られるよう制御することができる。また、キャリア注入層 111b のキャリア注入性を高くすることで、領域 222G 及び領域 222R における発光領域を、発光層 150 内のキャリア輸送層 112 から遠く、キャリア輸送層 118 に近い領域、すなわち発光層 130 からより多くの発光が得られるよう制御することができる。

[ 0 1 6 1 ]

このとき、発光層 120 が紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する発光材料を有することで、領域 222B は青色の発光を呈する構成とすることができます。また、発光層 130 が緑色、黄緑色、黄色、橙色、または赤色の中から選ばれる、少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する発光材料を有することで、領域 222G は緑色の発光を呈し、領域 222R は赤色の発光を呈する構成とすることができます。このような構成を有する発光素子 262 または発光素子 264 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ます。また、それぞれの発光層の膜厚は

、同じであっても良いし、異なっていても良い。

【0162】

また、領域222Bにおいては、電極101とキャリア注入層111aの膜厚を調整することで、電極101の反射領域から発光層120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120の発光領域までの光学距離とを、発光層120から射出される光の強度が強まるよう調整でき、領域222Bで所望する波長の光の強度を強めることができる。また、領域222Gにおいては、電極101とキャリア注入層111bの膜厚を調整することで、電極101の反射領域から発光層130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130の発光領域までの光学距離とを、発光層130から射出される光の強度が強まるよう調整でき、領域222Gで所望する波長の光の強度を強めることができる。また、領域222Rにおいては、電極103とキャリア注入層111bの膜厚を調整することで、電極103の反射領域から発光層130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130の発光領域までの光学距離とを、発光層130から射出される光の強度が強まるよう調整でき、領域222Rで所望する波長の光の強度を強めることができる。10

【0163】

さらに、発光素子262及び発光素子264は、マイクロキャビティ構造を有すると好みしい。

【0164】

発光素子262がマイクロキャビティ構造を有するとき、導電膜101bおよび導電膜103bは光を透過する機能を有することが好みしい。この場合、導電膜101bおよび導電膜103bの膜厚を調整することで、領域222B、領域222G及び領域222R各領域が呈する光の強度を強めることができる。20

【0165】

上記構成において、領域222B、領域222G、及び領域222Rにおける強める光の波長が異なるため、各領域の光学距離は互いに異なる光学距離となる。本発明の一態様の発光素子262及び発光素子264においては、領域222Bと領域222Gとで電極構造が同一であるため、パターン形成に必要なフォトマスクの枚数を減らすことができ、製造コストを低減することができる。また、領域222Gと領域222Rとでキャリア注入層111bの構造が同一であるため、パターン形成に必要なシャドウマスクの枚数を減らすことができ、製造コストを低減することができる。また、発光素子の製造における歩留りを向上させることができる。30

【0166】

なお、発光素子262および発光素子264において、電極101と電極103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。電極101と電極103に同じ材料を用いる場合、該発光素子の製造コストを低減できる。なお、電極101および電極103、または導電膜101a、101b、101c、103a、103b、及び103c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。

【0167】

以上のように、発光素子250で例示したキャリア注入層を有する発光素子262または発光素子264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。また、製造過程における成膜工程数が比較的少なく表示装置を作製することができる。すなわち、発光素子262または発光素子264を有する表示装置は、消費電力を低減することができる。また、該表示装置は製造しやすい表示装置である。40

【0168】

なお、発光素子262及び発光素子264における他の構成については、発光素子258または発光素子260の構成を参照すればよい。

【0169】

<発光素子の構成要素>

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。

50

## 【0170】

## 正孔注入層

キャリア注入層 111、111a、及び 111b、またはキャリア注入層 119、119a、及び 119b が正孔注入層である場合、正孔注入層としては、一対の電極の一方（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、また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、例えばモリブデン酸化物、バナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、及び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、例えばフタロシアニン（略称：H<sub>2</sub>PC）及び銅フタロシアニン（略称：CuPC）等の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ン誘導体及びフェニレンジアミン誘導体などが挙げられる。ポリチオフェン及びポリアニリンなどの高分子化合物を用いることもでき、例えば自己ドープされたポリチオフェンであるポリ（エチレンジオキシチオフェン）/ポリ（スチレンスルホン酸）（略称：PEDOT/PSS）などがその代表例である。

## 【0171】

正孔注入層として、正孔輸送性材料（ドナー材料）と、これに対して電子受容性を示す材料（アクセプター材料）の複合材料を有する層を用いることもできる。または、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、また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、クロラニル誘導体、及び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、及び 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（ハロゲン基またはシアノ基）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、及び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。

## 【0172】

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 × 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup> / 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、例えば芳香族アミン、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。

## 【0173】

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：DTPPA）、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：DPA3B）等を挙げることができる。

## 【0174】

また、カルバゾール誘導体としては、具体的には、例えば、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 : P C z P C A 2 ) 、 3 - [ N - ( 1 - ナフチル ) - N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) アミノ ] - 9 - フェニルカルバゾール ( 略称 : P C z P C N 1 ) 等を挙げることができる。

## 【 0175 】

また、カルバゾール誘導体としては、他に、例えば、 4 , 4 ' - ジ ( N - カルバゾリル ) ビフェニル ( 略称 : C B P ) 、 1 , 3 , 5 - トリス [ 4 - ( N - カルバゾリル ) フェニル ] ベンゼン ( 略称 : T C P B ) 、 9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール ( 略称 : C z P A ) 、 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。 10

## 【 0176 】

また、芳香族炭化水素としては、例えば、 2 - t e r t - ブチル - 9 , 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : t - B u D N A ) 、 2 - t e r t - 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 : D P P A ) 、 2 - t e r t - 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 - B u D B A ) 、 9 , 10 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : D N A ) 、 9 , 10 - ジフェニルアントラセン ( 略称 : D P A n t h ) 、 2 - t e r t - ブチルアントラセン ( 略称 : t - B u A n t h ) 、 9 , 10 - ビス ( 4 - メチル - 1 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : D M N A ) 、 2 - t e r t - 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 ( t e r t - ブチル ) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネ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

## 【 0177 】

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 : D P V B i ) 、 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 : D P V P A ) 等が挙げられる。 30

## 【 0178 】

また、例えば、ポリ ( N - ビニルカルバゾール ) ( 略称 : P V K ) 、 ポリ ( 4 - ビニルトリフェニルアミン ) ( 略称 : P V T P A ) 、 ポリ [ N - ( 4 - { N ' - [ 4 - ( 4 - ジフェニルアミノ ) フェニル ] フェニル - N ' - フェニルアミノ } フェニル ) メタクリルアミド ] ( 略称 : P T P D M A ) 、 及びポリ [ N , N ' - ビス ( 4 - ブチルフェニル ) - N , N ' - ビス ( フェニル ) ベンジジン ] ( 略称 : P o l y - T P D ) 等の高分子化合物を用いることもできる。 40

## 【 0179 】

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 : N P B または - N P D ) 、 N , N ' - ビス ( 3 - メチルフェニル ) - N , N ' - ジフェニル - [ 1 , 1 ' - ビフェニル ] - 4 , 4 ' - ジアミン ( 略称 : T P D ) 、 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 : T C T A ) 、 4 , 4 ' , 4 ' ' - トリス [ N - ( 1 - ナフチル ) - N - フェニルアミノ ] トリフェニルアミン ( 略称 : 1 ' - T N A T A ) 、 4 , 4 ' , 4 ' ' - トリス ( N , N - ジフェニルアミノ ) トリフェニルアミン ( 略称 : T D A T A ) 、 4 , 4 ' , 4 ' ' - トリス [ N - ( 3 - メチルフェニル ) - N - フェニルアミノ ] ト 50

リフェニルアミン(略称: M T D A T A )、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: B S P B )、4 - フェニル- 4' - (9 - フェニルフルオレン- 9 - イル)トリフェニルアミン(略称: B P A F L P )、4 - フェニル- 3' - (9 - フェニルフルオレン- 9 - イル)トリフェニルアミン(略称: m B P A F L P )、N - (9, 9 - ジメチル- 9 H - フルオレン- 2 - イル) - N - {9, 9 - ジメチル- 2 - [N' - フェニル- N' - (9, 9 - ジメチル- 9 H - フルオレン- 2 - イル)アミノ] - 9 H - フルオレン- 7 - イル}フェニルアミン(略称: D F L A D F L )、N - (9, 9 - ジメチル- 2 - ジフェニルアミノ- 9 H - フルオレン- 7 - イル)ジフェニルアミン(略称: D P N F )、2 - [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ]スピロ- 9, 9' - ビフルオレン(略称: D P A S F )、4 - フェニル- 4' - (9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B A 1 B P )、4, 4' - ジフェニル- 4' - (9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - イル)トリフェニルアミン(略称: P C B B i 1 B P )、4 - (1 - ナフチル) - 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 N B )、4, 4' - ジ(1 - ナフチル) - 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 N B B )、4 - フェニルジフェニル- (9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - イル)アミン(略称: P C A 1 B P )、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: P C A 2 B )、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: P C A 3 B )、N - (4 - ビフェニル) - N - (9, 9 - ジメチル- 9 H - フルオレン- 2 - イル) - 9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - アミン(略称: P C B i F )、N - (1, 1' - ビフェニル- 4 - イル) - N - [4 - (9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - イル)フェニル] - 9, 9 - ジメチル- 9 H - フルオレン- 2 - アミン(略称: P C B B i F )、9, 9 - ジメチル- N - フェニル- N - [4 - (9 - フェニル- 9 H - カルバゾール- 3 - イル)フェニル]フルオレン- 2 - アミン(略称: P C B A F )、N - フェニル- N - [4 - (9 - フェニル- 9 H - 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: P C B A S 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: P C A S F )、2, 7 - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] - スピロ- 9, 9' - ビフルオレン(略称: D P A 2 S F )、N - [4 - (9 H - 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: Y G A 1 B P )、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: Y G A 2 F )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- 9 H - カルバゾール(略称: P C P N )、3 - [4 - (9 - フェナントリル) - フェニル] - 9 - フェニル- 9 H - カルバゾール(略称: P C P P n )、3, 3' - ビス(9 - フェニル- 9 H - カルバゾール)(略称: P C C P )、1, 3 - ビス(N - カルバゾリル)ベンゼン(略称: m C P )、3, 6 - ビス(3, 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール(略称: C z T P )、4 - {3 - [3 - (9 - フェニル- 9 H - フルオレン- 9 - イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン(略称: m m D B F F L B i - I I )、4, 4', 4'' - (ベンゼン- 1, 3, 5 - トライル)トリ(ジベンゾフラン)(略称: D B F 3 P - I I )、1, 3, 5 - トリ(ジベンゾチオフェン- 4 - イル) - ベンゼン(略称: D B T 3 P - I I )、2, 8 - ジフェニル- 4 - [4 - (9 - フェニル- 9 H - フルオレン- 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: D B T F L P - I I )、4 - [4 - (9 - フェニル- 9 H - フルオレン- 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: D B T F L P - I V )、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: m D B T P T p - I I )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 10 20 30 40 50

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、これら以外の物質を用いてもよい。

### 【0180】

#### 電子注入層

キャリア注入層 111、111a、及び 111b、またはキャリア注入層 119、119a、及び 119b が電子注入層である場合、電子注入層としては、一対の電極の一方（電極 101 または電極 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、またはこれらの酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩などを用いることができる。また、電子輸送性材料と、これに対して電子供与性（ドナー性）を示す材料の複合材料を用いることもできる。電子供与性を示す材料としては、第 1 族金属、第 2 族金属、また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、例えば、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF<sub>2</sub>）、及びリチウム酸化物（LiO<sub>x</sub>）等のようなアルカリ金属、及びアルカリ土類金属、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（ErF<sub>3</sub>）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。

### 【0181】

また、電子注入層に、有機材料（アクセプター材料）と電子供与体（ドナー材料）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材料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、有機材料としては、発生した電子の輸送に優れた材料（電子輸送性材料）であることが好ましく、具体的には、例えば金属錯体及び複素芳香族化合物等の電子輸送性材料を用いることができる。電子供与体としては、有機材料に対し電子供与性を示す物質であればよい。具体的には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、及び希土類金属が好ましく、例えばリチウム、セシウム、マグネシウム、カルシウム、エルビウム、及び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及びアルカリ土類金属酸化物が好ましく、例えばリチウム酸化物、カルシウム酸化物、及び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）等の有機材料を用いることもできる。

### 【0182】

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く、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、及び金属錯体などを用いることができる。具体的には、例えば、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、またはチアゾール配位子を有する金属錯体が挙げられる。また、例えば、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、及びピリミジン誘導体などが挙げられる。

### 【0183】

具体的には、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：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が挙げられる。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を用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ビフェニル)-5-(4

10

20

30

40

50

- t e r t - プチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール(略称: P B D)、1 , 3 - ビス[5 - (p - t e r t - プチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル]ベンゼン(略称: O X D - 7)、9 - [4 - (5 - フェニル - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル)フェニル] - 9 H - カルバゾール(略称: C O 1 1)、3 - (4 - ピフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - プチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール(略称: T A Z)、2 , 2 ' , 2 ' ' - (1 , 3 , 5 - ベンゼントリイ 10 ル)トリス(1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール)(略称: T P B I)、2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル] - 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール(略称: m D B T B I m - I I)、バソフェナントロリン(略称: B p h e n)、バソキュプロイン(略称: B C P)などの複素環化合物、2 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 2 m D B T P D B q - I I)、2 - [3 ' - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 2 m D B T B P D B q - I I)、2 - [3 ' - (9 H - カルバゾール - 9 - イル)ビフェニル - 3 - イル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 2 m C z B P D B q)、2 - [4 - (3 , 6 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 9 - イル)フェニル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 2 C z P D B q - I I I)、7 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 7 m D B T P D B q - I I)、及び、6 - [3 - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル)フェニル]ジベンゾ[f , h]キノキサリン(略称: 6 m D B T P D B q - I I)、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、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、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。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。

#### 【0184】

##### 正孔輸送層

正孔輸送層は正孔輸送性材料を含む層である。キャリア輸送層112、またはキャリア輸送層118が正孔輸送層であるとき、正孔輸送性材料には正孔注入層の材料として例示した材料を使用することができる。正孔輸送層は正孔注入層に注入された正孔を発光層150へ輸送する機能を有するため、正孔注入層のHOMO準位と同じ、または近いHOMO準位を有することが好ましい。または、正孔注入層のHOMO準位より低いHOMO準位を有する正孔輸送層を用いることで、発光層150への正孔注入を抑制することができるため、発光層150におけるキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御することができる。

#### 【0185】

上記正孔輸送性材料としては、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  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

10

20

30

40

50

外の物質を用いてもよい。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。

### 【0186】

#### 電子輸送層

電子輸送層は電子注入層を経て一対の電極の他方（電極101または電極102）から注入された電子を発光層150へ輸送する機能を有する。キャリア輸送層112、または118が電子輸送層であるとき、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。電子輸送性材料としては、例えば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及び金属錯体などを用いることができる。具体的には、電子注入層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、また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、ビリミジン誘導体などが挙げられる。なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を電子輸送層として用いても構わない。また、キャリア輸送層118は、単層だけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層してもよい。

### 【0187】

また、電子輸送層と発光層150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。

### 【0188】

#### 発光層

発光層150が有する発光層120または発光層130の一方は、紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる少なくとも一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する第1の発光材料を有する。また、他方は、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一つの波長領域に発光スペクトルピークを呈する機能を有する第2の発光材料を有する。また、各発光層は、発光材料に加えて、ホスト材料を含んで構成される。ホスト材料としては、電子輸送性材料または正孔輸送性材料の一方または双方を有する構成が好ましい。

### 【0189】

また、第1の発光材料、第2の発光材料としては、一重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有する発光材料、または三重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有する発光材料を用いることができる。なお、上記発光材料としては、例えば以下が挙げられる。

### 【0190】

一重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有する発光材料としては、蛍光を発する物質が挙げられ、例えば、5,6-ビス[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-2,2'-ビピリジン（略称：PAPP2BPy）、5,6-ビス[4'-(10-フェニル-9-アントリル)ビフェニル-4-イル]-2,2'-ビピリジン（略称：PAPP2BPy）、N,N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N,N'-ジフェニルスチルベン-4,4'-ジアミン（略称：YGA2S）、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン（略称：YGA PA）、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：2YGA PA）、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）、4-(10-フェニル-9-アントリル)-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：PCBAPA）、4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-

10

20

30

40

50

- 4 ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン ( 略称 : P C B A P B A ) 、ペリレン、 2 , 5 , 8 , 1 1 - テトラ ( t e r t - ブチル ) ペリレン ( 略称 : T B P ) 、 N , N ' - 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 ( ジベンゾフラン - 2 - イル ) - N , N ' - ジフェニルピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称 : 1 , 6 F r A P r n ) 、 N , N ' - ビス ( ジベンゾチオフェン - 2 - イル ) - N , N ' - ジフェニルピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称 : 1 , 6 T h A P r n ) 、 N , N ' - ( 2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9 , 1 0 - ディルジ - 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 - 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 , 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、 5 , 1 2 - ビス ( 1 , 1 ' - ピフェニル - 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 ' , N ' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) テトラセン - 5 , 1 1 - ジアミン ( 略称 : p - m P h T D ) 、 7 , 1 4 - ジフェニル - N , N , N ' , N ' - テトラキス ( 4 - メチルフェニル ) アセナフト [ 1 , 2 - a ] フルオランテン - 3 , 1 0 - ジアミン ( 略称 : p - m P h A F D ) 、 2 - { 2 - イソプロピル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T I ) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [ 2 - ( 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : D C J T B ) 、 2 - ( 2 , 6 - ビス { 2 - [ 4 - ( ジメチルアミノ ) フェニル ] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン ) プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C M ) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [ 2 - ( 8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [ i j ] キノリジン - 9 - イル ) エテニル ] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル ( 略称 : B i s D C J T M ) 、 5 , 1 0 , 1 5 , 2 0 - テトラフェニルビスベンゾ [ 5 , 6 ] インデノ [ 1 , 2 , 3 - c d : 1 ' , 2 ' , 3 ' - 1 m ] ペリレン、などのアントラセン骨格、テトラセン骨格、クリセン骨格、フェナントレン骨格、ピレン骨格、ペリレン骨格、スチルベン骨格、アクリドン骨格、クマリン骨格、フェノキサジン骨格、フェノチアジン骨格などを有する物質を用いることができる。

## 【 0 1 9 1 】

また、三重項励起エネルギーを発光に変換できる機能を有する発光材料としては、例えば、熒光を発する物質が挙げられる。

## 【 0 1 9 2 】

10

20

30

40

50

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)-4H-1,2,4-トリアゾール-3-イル-N2]フェニル-C}イリジウム(II)（略称：Ir(mpptz-dmp)<sub>3</sub>）、トリス(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(II)（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-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(II)（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-4H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(II)（略称：Ir(ipr5btz)<sub>3</sub>）のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(II)（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-1H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(II)（略称：Ir(Prptz1-Me)<sub>3</sub>）のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム(II)（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(II)（略称：Ir(dmpimp-t-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、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(II)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(II)ピコリナート（略称：FIrpic）、ビス{2-[3',5'-ビス(トリフルオロメチル)フェニル]ピリジナト-N,C<sup>2'</sup>}イリジウム(II)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(II)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、4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、信頼性及び発光効率に優れるため、特に好ましい。

【 0 1 9 3 】

<sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( p p y ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス ( ベンゾ [ h ] キノリナト ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( b z q ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 トリス ( ベンゾ [ h ] キノリナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( b z q ) <sub>3</sub> ) 、 トリス ( 2 - フェニルキノリナト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( p q ) <sub>3</sub> ) 、 ビス ( 2 - フェニルキノリナト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( p q ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、 ビス ( 2 , 4 - ジフェニル - 1 , 3 - オキサゾラト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( d p o ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス { 2 - [ 4 ' - ( パーフルオロフェニル ) フェニル ] ピリジナト - N , C <sup>2</sup> } イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( p - P F - p h ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス ( 2 - フェニルベンゾチアゾラト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( b t ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 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 ( I I I ) ( 略称 : T b ( a c a c ) <sub>3</sub> ( P h e n ) ) のような希土類金属錯体が挙げられる。 上述した中でも、 ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、 信頼性及び発光効率に際だって優れるため、 特に好ましい。

#### 【 0 1 9 4 】

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 ( I I I ) ( 略称 : I r ( 5 m d p p m ) <sub>2</sub> ( d i b m ) ) 、 ビス [ 4 , 6 - ビス ( 3 - メチルフェニル ) ピリミジナト ] ( ジピバロイルメタナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( 5 m d p p m ) <sub>2</sub> ( d p m ) ) 、 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 ( I I I ) ( 略称 : I r ( d 1 n p m ) <sub>2</sub> ( d p m ) ) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、 ( アセチルアセトナト ) ビス ( 2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( t p p r ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 、 ビス ( 2 , 3 , 5 - トリフェニルピラジナト ) ( ジピバロイルメタナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( t p p r ) <sub>2</sub> ( d p m ) ) 、 ( アセチルアセトナト ) ビス [ 2 , 3 - ビス ( 4 - フルオロフェニル ) キノキサリナト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( F d p q ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体、 トリス ( 1 - フェニルイソキノリナト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( p i q ) <sub>3</sub> ) 、 ビス ( 1 - フェニルイソキノリナト - N , C <sup>2</sup> ) イリジウム ( I I I ) アセチルアセトナート ( 略称 : I r ( p i q ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ) 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 - 21 H , 23 H - ポルフィリン白金 ( I I ) ( 略称 : P t O E P ) のような白金錯体、 トリス ( 1 , 3 - ジフェニル - 1 , 3 - プロパンジオナト ) ( モノフェナントロリン ) ユーロピウム ( I I I ) ( 略称 : E u ( D B M ) <sub>3</sub> ( P h e n ) ) 、 トリス [ 1 - ( 2 - テノイル ) - 3 , 3 , 3 - トリフルオロアセトナト ] ( モノフェナントロリン ) ユーロピウム ( I I I ) ( 略称 : E u ( T T A ) <sub>3</sub> ( P h e n ) ) のような希土類金属錯体が挙げられる。 上述した中でも、 ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、 信頼性及び発光効率に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。

#### 【 0 1 9 5 】

発光層のホスト材料として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 ( I I I ) ( 略称 : A l q ) 、 トリス ( 4 - メチル - 8 - キノリノラト ) アルミニウム ( I I I ) ( 略称 : A l m q <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 ( I I ) ( 略称 : B e B q <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 ( I I I ) ( 略称 : B A l q ) 、 ビス ( 8 - キノリノラト ) 亜鉛 ( I I ) ( 略称 : Z n q ) 、 ビス [ 2 - ( 2 - ベンゾオキサゾリル ) フェノラト ] 亜鉛 ( I I ) ( 略称 : Z n P B O ) 、 ビ

ス [ 2 - ( 2 - ベンゾチアゾリル ) フェノラト ] 亜鉛 ( I I ) ( 略称 : Z n B T Z ) などの金属錯体、 2 - ( 4 - ビフェニリル ) - 5 - ( 4 - t e r t - プチルフェニル ) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール ( 略称 : P B D ) 、 1 , 3 - ビス [ 5 - ( p - t e r t - プチルフェニル ) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル ] ベンゼン ( 略称 : O X D - 7 ) 、 3 - ( 4 - ビフェニリル ) - 4 - フェニル - 5 - ( 4 - t e r t - プチルフェニル ) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール ( 略称 : T A Z ) 、 2 , 2 ' , 2 ' ' - ( 1 , 3 , 5 - ベンゼントリイル ) トリス ( 1 - フェニル - 1 H - ベンゾイミダゾール ) ( 略称 : T P B I ) 、 バソフェナントロリン ( 略称 : B p h e n ) 、 バソキュプロイン ( 略称 : B C P ) 、 9 - [ 4 - ( 5 - フェニル - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール - 2 - イル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール ( 略称 : C O 1 1 ) などの複素環化合物、 N P B 、 T P D 、 B S P B 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 , 1 0 - ジフェニルアントラセン ( 略称 : D P A n t h ) 、 N , N - ジフェニル - 9 - [ 4 - ( 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 : C z A 1 P A ) 、 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : D P h P A ) 、 Y G A P A 、 P C A P A 、 N , 9 - ジフェニル - N - { 4 - [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] フェニル } - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P B A ) 、 2 P C A P A 、 6 , 1 2 - ジメトキシ - 5 , 1 1 - ジフェニルクリセン、 D B C 1 、 9 - [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントラセニル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール ( 略称 : C z P A ) 、 20 3 , 6 - ジフェニル - 9 - [ 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 ( 略称 : D P C z P A ) 、 9 - フェニル - 3 - [ 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 ( 略称 : P C z P A ) 、 7 - [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 7 H - ジベンゾ [ c , g ] カルバゾール ( 略称 : c g D B C z P A ) 、 6 - [ 3 - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - ベンゾ [ b ] ナフト [ 1 , 2 - d ] フラン ( 略称 : 2 m B n f P P A ) 、 9 - フェニル - 1 0 - { 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) ピフェニル - 4 ' - イル } アントラセン ( 略称 : F L P P A ) 、 9 , 1 0 - ビス ( 3 , 5 - ジフェニルフェニル ) アントラセン ( 略称 : D P P A ) 、 9 , 1 0 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : D N A ) 、 2 - t e r t - プチル - 9 , 1 0 - ジ ( 2 - ナフチル ) アントラセン ( 略称 : t - B u D N A ) 、 9 , 9 ' - ピアントリル ( 略称 : B A N T ) 、 9 , 9 ' - ( スチルベン - 3 , 3 ' - ジイル ) ジフェナントレン ( 略称 : D P N S ) 、 9 , 9 ' - ( スチルベン - 4 , 4 ' - ジイル ) ジフェナントレン ( 略称 : D P N S 2 ) 、 1 , 3 , 5 - トリ ( 1 - ピレニル ) ベンゼン ( 略称 : T P B 3 ) 、 5 , 1 2 - ジフェニルテトラセン、 5 , 1 2 - ビス ( ピフェニル - 2 - イル ) テトラセンなどを挙げることができる。これら及び様々な物質の中から、上記発光材料のエネルギーギャップより大きなエネルギーギャップを有する物質を、一種もしくは複数種選択して用いればよい。また、発光材料が発光を発する物質である場合、ホスト材料としては、発光材料の三重項励起エネルギー ( 基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差 ) よりも三重項励起エネルギーの大きい物質を選択すれば良い。 40

#### 【 0 1 9 6 】

また、発光層のホスト材料として、複数の材料を用いる場合、励起錯体 ( エキサイプレックス、エキシプレックスまたは E x c i p l e x ともいう ) を形成する 2 種類の化合物を組み合わせて用いることが好ましい。この場合、様々なキャリア輸送性材料を適宜用いることができるが、効率よく励起錯体を形成するために、電子輸送性材料と、正孔輸送性材料とを組み合わせることが特に好ましい。

#### 【 0 1 9 7 】

なぜならば、電子輸送性材料と、正孔輸送性材料とを組み合わせて励起錯体を形成するホスト材料とする場合、電子輸送性材料及び正孔輸送性材料の混合比率を調節することで、発光層における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することが容易となる。発光層 50

における正孔と電子のキャリアバランスを最適化することにより、発光層中で電子と正孔の再結合が起こる領域が偏ることを抑制できる。再結合が起こる領域の偏りを抑制することで、発光素子の信頼性を向上させることができる。

【0198】

電子輸送性材料としては、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及び金属錯体などを用いることができる。具体的には、電子注入層または電子輸送層に用いることができる電子輸送性材料を用いることができる。中でも、ピリジン骨格、ジアジン骨格、及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン（ピリミジン及びピラジン）骨格及びトリアジン骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

10

【0199】

正孔輸送性材料としては、電子過剰型複素芳香族（例えばカルバゾール誘導体及びインドール誘導体）又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。具体的には、正孔注入層または正孔輸送層に用いることができる正孔輸送性材料を用いることができる。中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物及びカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。

【0200】

なお、励起錯体を形成するホスト材料の組み合わせとしては、上述した化合物に限定されることなく、キャリアを輸送でき、且つ励起錯体を形成できる組み合わせであり、当該励起錯体の発光が、発光物質の吸収スペクトルにおける最も長波長側の吸収帯（発光物質の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）と重なっていればよく、他の材料を用いても良い。

20

【0201】

また、上記正孔輸送性材料と電子輸送性材料とが、効率よく励起錯体を形成するためには、正孔輸送性材料のHOMO準位が電子輸送性材料のHOMO準位より高く、正孔輸送性材料のLUMO準位が電子輸送性材料のLUMO準位より高いことが好ましい。具体的には、正孔輸送性材料のHOMO準位と電子輸送性材料のHOMO準位とのエネルギー差は、好ましくは0.05eV以上であり、より好ましくは0.1eV以上であり、さらに好ましくは0.2eV以上である。また、正孔輸送性材料のLUMO準位と電子輸送性材料のLUMO準位とのエネルギー差は、好ましくは0.05eV以上であり、より好ましくは0.1eV以上であり、さらに好ましくは0.2eV以上である。

30

【0202】

また、発光層の発光材料またはホスト材料として、熱活性化遅延蛍光（Thermal ly activated delayed fluorescence: TADF）体を用いても良い。熱活性化遅延蛍光体は、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、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。

【0203】

熱活性化遅延蛍光体としては、一種類の材料から構成されていても良く、複数の材料から構成されていても良い。例えば、熱活性化遅延蛍光体が、一種類の材料から構成される場合、以下の材料を用いることができる。

40

【0204】

まずフラー-レン及びその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等が挙げられる。またマグネシウム（Mg）、亜鉛（Zn）、カドミウム（Cd）、スズ（Sn）、白金（Pt）、インジウム（In）、もしくはパラジウム（Pd）等を含む金属含有ポルフィリンが挙げられる。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（SnF<sub>2</sub>（Proto IX））、メソポルフィリン-フッ化スズ錯体（SnF<sub>2</sub>（Meso IX））、ヘマトポルフィリン-フッ化スズ錯体（SnF<sub>2</sub>（Hemato IX））、コプロポルフィリンテトラメチルエステル-フッ化スズ錯体（SnF<sub>2</sub>（Copro III-4Me））、オクタエチルポルフィリン-フッ化ス

50

ズ錯体 (  $\text{SnF}_2$  ( OEP ) ) 、エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体 (  $\text{SnF}_2$  ( Etio I ) ) 、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (  $\text{PtCl}_2$  OEP ) 等が挙げられる。

#### 【 0205 】

また、一種の材料から構成される熱活性化遅延蛍光体としては、例えば 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 : PCCzPTzn ) 、 2 - [ 4 - ( 10H - フエノキサジン - 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 : ACRTN ) 、 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 ) 等の 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。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、一重項励起状態の準位と三重項励起状態の準位の差が小さくなるため、特に好ましい。

#### 【 0206 】

また、熱活性化遅延蛍光体をホスト材料として用いる場合、励起錯体を形成する 2 種類の材料を組み合わせて用いることが好ましい。この場合、上記に示した励起錯体を形成する組み合わせである電子輸送性材料と、正孔輸送性材料とを用いることが特に好ましい。

#### 【 0207 】

また、発光層 120 または発光層 130 において、ホスト材料および発光材料以外の材料を有していても良い。

#### 【 0208 】

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または高分子化合物 ( オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等 ) を用いてもよい。

#### 【 0209 】

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材料を用いてもよい。または、カドミウム ( Cd ) 、セレン ( Se ) 、亜鉛 ( Zn ) 、硫黄 ( S ) 、リン ( P ) 、インジウム ( In ) 、テルル ( Te ) 、鉛 ( Pb ) 、ガリウム ( Ga ) 、ヒ素 ( As ) 、アルミニウム ( Al ) 、等の元素を有する量子ドットを用いてもよい。

#### 【 0210 】

##### 一対の電極

電極 101 及び電極 102 は、発光層 150 へ正孔と電子を注入する機能を有する。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または積層体などを用いて形成することができる。金属としてはアルミニウム ( Al ) が典型例であり、その他、銀 ( Ag ) 、タンゲステン、クロム、モリブデン、銅、チタンなどの遷移

10

20

30

40

50

金属、リチウム (Li) 及びセシウムなどのアルカリ金属、カルシウム、及びマグネシウム (Mg) などの第2族金属を用いることができる。遷移金属としてイッテルビウム (Yb) などの希土類金属を用いても良い。合金としては、上記金属を含む合金を使用することができ、例えばMgAg、AlLiなどが挙げられる。導電性化合物としては、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: ITO)、酸化インジウム - 酸化亜鉛 (Indium Zinc Oxide)、酸化タンゲ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が挙げられる。導電性化合物としてグラフェンなどの無機炭素系材料を用いても良い。上述したように、これらの材料の複数を積層することによって電極101及び電極102の一方または双方を形成しても良い。

10

#### 【0211】

また、発光層150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の少なくとも一つは可視光を透過する機能を有する。光を透過する機能を有する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 $1 \times 10^{-2} \text{ } \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。また、光を取り出す方の電極は、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 $1 \times 10^{-2} \text{ } \cdot \text{cm}$ 以下の導電性材料が挙げられる。光を取り出す方の電極に金属及び合金などの光透過性の低い材料を用いる場合には、可視光を透過できる程度の厚さ (例えば、1nm以上30nm以下の厚さ) で電極101及び電極102の一方または双方を形成すればよい。

20

#### 【0212】

なお、本明細書等において、光を透過する機能を有する電極には、可視光を透過する機能を有し、且つ導電性を有する材料を用いればよく、例えば上記のようなITOに代表される酸化物導電体層に加えて、酸化物半導体層、または有機物を含む有機導電体層を含む。有機物を含む有機導電体層としては、例えば、有機材料 (アクセプター材料) と電子供与体 (ドナー材料) とを混合してなる複合材料を含む層、有機材料 (ドナー材料) と電子受容体 (アクセプター材料) とを混合してなる複合材料を含む層等が挙げられる。また、透明導電膜の抵抗率としては、好ましくは $1 \times 10^{-5} \text{ } \cdot \text{cm}$ 以下、さらに好ましくは $1 \times 10^{-4} \text{ } \cdot \text{cm}$ 以下である。

30

#### 【0213】

また、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。

#### 【0214】

なお、電極103及び電極104、または導電膜101a、101b、101c、103a、103b、103c、104a、及び104bにおいても、上記に挙げた材料を用いることができる。

40

#### 【0215】

##### 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。

#### 【0216】

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

50

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。または、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。

#### 【0217】

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、特に限定されない。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）、S O I 基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチール基板、ステンレス・スチール・ホイルを有する基板、タングステン基板、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、纖維状の材料を含む紙、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、以下が挙げられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート（P E T）、ポリエチレンナフタレート（P E N）、ポリエーテルスルホン（P E S）、ポリテトラフルオロエチレン（P T F E）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。特に、半導体基板、単結晶基板、又はS O I 基板などを用いてトランジスタを製造することによって、特性、サイズ、又は形状などのばらつきが少なく、電流能力が高く、サイズの小さいトランジスタを製造することができる。このようなトランジスタによって回路を構成すると、回路の低消費電力化、又は回路の高集積化を図ることができる。

10

20

30

#### 【0218】

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また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ことができる。その際、耐熱性の劣る基板または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、または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。

#### 【0219】

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（天然纖維（絹、綿、麻）、合成纖維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生纖維（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ます。

#### 【0220】

また、上述した基板上に、例えば電界効果トランジスタ（F E T）を形成し、F E Tと電気的に接続された電極上に発光素子を作製してもよい。これにより、F E Tによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の表示装置を作製できる。

40

#### 【0221】

##### <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6及び図7を用いて以下説明を行う。なお、ここでは、図4（A）に示す発光素子258の作製方法について説明する。

#### 【0222】

図6及び図7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。

50

## 【0223】

以下で説明する発光素子 258 の作製方法は、第 1 乃至第 7 の 7 つのステップを有する。

## 【0224】

## 第 1 のステップ

第 1 のステップは、発光素子の電極の一部（具体的には、電極 101 を構成する導電膜 101a、電極 103 を構成する導電膜 103a、及び電極 104 を構成する導電膜 104a）を、基板 200 上に形成する工程である（図 6（A）参照）。

## 【0225】

本実施の形態においては、基板 200 上に、反射性の導電膜を形成し、該導電膜を所望の形状に加工することで、導電膜 101a、導電膜 103a、及び導電膜 104a を形成する。上記反射性の導電膜としては、例えばアルミニウムとニッケルとランタンの合金膜（Al - Ni - La 膜）を用いる。このように、導電膜 101a、導電膜 103a、及び導電膜 104a を、同一の導電膜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。

## 【0226】

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、上記複数のトランジスタと、導電膜 101a、導電膜 103a、及び導電膜 104a とを、それぞれ電気的に接続させてもよい。

## 【0227】

## 第 2 のステップ

第 2 のステップは、電極 101 を構成する導電膜 101a 上に導電膜 101b を、電極 103 を構成する導電膜 103a 上に導電膜 103b を、電極 104 を構成する導電膜 104a 上に導電膜 104b を、形成する工程である。導電膜 101b、103b、104b と、第 1 のステップで形成した導電膜 101a、103a、104a とを形成することで、電極 101、電極 103、及び電極 104 を形成する。本実施の形態においては、導電膜 101b、導電膜 103b、及び導電膜 104b として、ITO 膜を用いる（図 6（B）参照）。

## 【0228】

なお、導電膜 101b、導電膜 103b、及び導電膜 104b の形成方法としては、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ビティ構造となる膜厚で、導電膜 101b、導電膜 103b、及び導電膜 104b を形成することができる。

## 【0229】

## 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 6（C）参照）。

## 【0230】

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。

## 【0231】

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、反射性の導電膜を成膜した後、スパッタリング法を用いて透明性の導電膜を成膜し、リソグラフィ法を用いて、該導電膜のパターンを形成し、その後ウエットエッティング法を用いて、該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。

## 【0232】

## 第 4 のステップ

10

20

30

40

50

第4のステップは、キャリア注入層111a、キャリア注入層111bを形成する工程である(図7(A)参照)。

【0233】

キャリア注入層111a、111b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。

【0234】

なお、キャリア注入層111aおよびキャリア注入層111bの形成方法としては、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ビティ構造となる膜厚で、キャリア注入層111aおよびキャリア注入層111bを形成することができる。

【0235】

第5のステップ

第5のステップは、キャリア輸送層112、発光層120、発光層130、キャリア輸送層118、キャリア注入層119、及び電極102を形成する工程である(図7(B)参照)。

【0236】

キャリア輸送層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。

【0237】

発光層120としては、紫色、青色、または青緑色の中から選ばれる少なくとも一つの波長領域に発光を呈する第1の発光材料を蒸着することで形成することができる。第1の発光材料としては、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。例えば、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。

【0238】

発光層130としては、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一つの波長領域に発光を呈する第2の発光材料を蒸着することで形成することができる。第2の発光材料としては、燐光性の有機化合物を用いることができる。また、該燐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。例えば、燐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。また、発光層130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材料を有することが好ましい。

【0239】

キャリア輸送層118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、キャリア注入層119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。

【0240】

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。

【0241】

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222R、領域222G、及び領域222Bを有する発光素子が基板200上に形成される。

【0242】

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224R、光学素子224G、及び光学素子224Bを形成する工程である(図7(C)参照)。

10

20

30

40

50

## 【0243】

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224R、光学素子224G、及び光学素子224Bを形成する。光学素子224Rとしては、赤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224G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224B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。

## 【0244】

## 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224R、光学素子224G、及び光学素子224Bと、を貼り合わせ、封止材を用いて封止する工程である（図示しない）。 10

## 【0245】

以上の工程により、図4（A）に示す発光素子258を形成することができる。

## 【0246】

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。例えば、本発明の一態様では、第1の領域と第2の領域とを有し、第1の領域は第1の注入層と第1の発光層と第2の発光層とを有し、第2の領域は第2の注入層と第1の発光層と第2の発光層とを有し、第1の注入層は第1の電極と接し、第2の注入層は第1の電極と接し、第1の発光層と第2の発光層は、互いに異なる発光スペクトルを有する発光を呈する機能を有する発光材料を有し、第1の領域が呈する光の色は、第2の領域が呈する光の色と異な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、EL層は2つの発光層を有さなくともよい。または、第1の領域または第2の領域を有さなくともよい。または、第1の領域は第1の注入層を有さなくてもよい。または、第2の領域は第2の注入層を有さなくてもよい。または、第1の注入層は第1の電極と接しなくてもよい。または、第2の注入層は第1の電極と接しなくてもよい。または、第1の領域が呈する光の色は、第2の領域が呈する光の色と異ならなくてもよい。または、発光層を塗り分け方式で形成してもよい。 20

## 【0247】

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。

## 【0248】

## （実施の形態2）

本実施の形態では、本発明の一態様の発光素子の発光機構について、図8乃至図11を用いて以下説明する。図8乃至図11において、図1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。 30

## 【0249】

## &lt;発光素子の構成例7&gt;

図8は、発光素子450の断面模式図である。

## 【0250】

図8に示す発光素子450は、一対の電極（電極401及び電極402）の間にEL層400が挟まれた構造である。なお、発光素子450において、電極401が陽極として機能し、電極402が陰極として機能するとして、以下説明を行うが、逆であっても構わない。

## 【0251】

また、EL層400は、発光層150を有し、発光層150は、発光層120と発光層130とを有する。また、発光素子450において、EL層400として、発光層120 40

10

20

30

40

50

及び発光層 130 の他に、正孔注入層 411、正孔輸送層 412、電子輸送層 418、及び電子注入層 419 が図示されているが、これらの積層構造は一例であり、発光素子 450 における EL 層 400 の構成はこれらに限定されない。例えば、EL 層 400 において、上記各層の積層順を変えてよい。または、EL 層 400 において、上記各層以外の機能層を設けてよい。該機能層としては、例えば、キャリア（電子またはホール）を注入する機能、キャリアを輸送する機能、キャリアを抑止する機能、キャリアを発生する機能を有する構成とすればよい。

#### 【 0252 】

なお、発光素子 450 が有する電極 401 と、電極 402 と、正孔注入層 411 と、正孔輸送層 412 と、電子輸送層 418 と、電子注入層 419 は、実施の形態 1 に示す、電極 101 と、電極 102 と、キャリア注入層 111、111a、111b と、キャリア輸送層 112 と、キャリア輸送層 118 と、キャリア注入層 119、119a、119b と、それぞれ同様の機能を有する。したがって、本実施の形態においては、その詳細な説明は省略する。

#### 【 0253 】

また、発光層 120 は、ホスト材料 121 とゲスト材料 122 とを有する。また、発光層 130 は、ホスト材料 131 とゲスト材料 132 とを有し、ホスト材料 131 は有機化合物 131\_1 と有機化合物 131\_2 とを有する。なお、ゲスト材料 122 が蛍光性の発光材料（蛍光材料）、ゲスト材料 132 が燐光性の発光材料（燐光材料）として、以下説明する。

#### 【 0254 】

##### 第 1 の発光層の発光機構

まず、発光層 120 の発光機構について、以下説明を行う。

#### 【 0255 】

発光層 120 では、キャリアの再結合により励起子が生成し、励起子が生成した化合物は励起状態となる。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、励起状態は、ほぼホスト材料 121 の励起状態として存在する。キャリアの再結合によって生じる一重項励起子と三重項励起子の比（以下、励起子生成確率）は約 1 : 3 となる。

#### 【 0256 】

はじめに、ホスト材料 121 の三重項励起エネルギー準位の最も低い準位（T1 準位）がゲスト材料 122 の T1 準位よりも高い場合について、以下説明する。

#### 【 0257 】

ホスト材料 121 の三重項励起状態からゲスト材料 122 にエネルギー移動（三重項エネルギー移動）が生じる。しかしながら、ゲスト材料 122 が蛍光材料であるため、三重項励起状態は可視光領域に発光を与えない。したがって、ホスト材料 121 の三重項励起状態を発光として利用することが難しい。よって、ホスト材料 121 の T1 準位がゲスト材料 122 の T1 準位よりも高い場合においては、注入したキャリアのうち、約 25 % を超えて発光に利用することが難しい。

#### 【 0258 】

次に、発光層 120 におけるホスト材料 121 と、ゲスト材料 122 とのエネルギー準位の相関を図 9 (A) に示す。なお、図 9 (A) における表記及び符号は、以下の通りである。

- Host (121) : ホスト材料 121
- Guest (122) : ゲスト材料 122 (蛍光材料)
- S<sub>FH</sub> : ホスト材料 121 の S1 準位
- T<sub>FH</sub> : ホスト材料 121 の T1 準位
- S<sub>FG</sub> : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の S1 準位
- T<sub>FG</sub> : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の T1 準位

#### 【 0259 】

10

20

30

40

50

図9(A)に示すように、ゲスト材料のT<sub>1</sub>準位(図9(A)において、T<sub>F<sub>G</sub></sub>)がホスト材料のT<sub>1</sub>準位(図9(A)において、T<sub>F<sub>H</sub></sub>)よりも高い構成である。

#### 【0260】

また、図9(A)に示すように、三重項-三重項消滅(TTA:Triplet-Triplet Annihilation)によって、三重項励起子同士が近接することにより、三重項励起エネルギーの一部が一重項励起エネルギーに変換され、ホスト材料121のS<sub>1</sub>準位(S<sub>F<sub>H</sub></sub>)に移動する。ホスト材料のS<sub>1</sub>準位(S<sub>F<sub>H</sub></sub>)からは、それよりもエネルギーの低いゲスト材料122(蛍光材料)のS<sub>1</sub>準位(S<sub>F<sub>G</sub></sub>)へエネルギー移動が起こり(図9(A)Route A参照)、ゲスト材料(蛍光材料)が発光する。

#### 【0261】

なお、ホスト材料のT<sub>1</sub>準位(T<sub>F<sub>H</sub></sub>)がゲスト材料のT<sub>1</sub>準位(T<sub>F<sub>G</sub></sub>)よりも低いため、T<sub>F<sub>G</sub></sub>は失活することなくT<sub>F<sub>H</sub></sub>にエネルギー移動(図9(A)に示すRoute B参照)し、TTAに利用される。

#### 【0262】

発光層120を上述の構成とすることで、発光層120のゲスト材料122からの発光を、効率よく得ることが可能となる。したがって、ホスト材料121のS<sub>1</sub>準位(S<sub>F<sub>H</sub></sub>)は、ゲスト材料122のS<sub>1</sub>準位(S<sub>F<sub>G</sub></sub>)より高いことが好ましい。また、ホスト材料121のT<sub>1</sub>準位(T<sub>F<sub>H</sub></sub>)は、ゲスト材料122のT<sub>1</sub>準位(T<sub>F<sub>G</sub></sub>)より低いことが好ましい。

#### 【0263】

##### 第2の発光層の発光機構

次に、発光層130の発光機構について、以下説明を行う。

#### 【0264】

発光層130においてホスト材料131が有する有機化合物131\_1と有機化合物131\_2とは励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましい。

#### 【0265】

発光層130における励起錯体を形成する有機化合物131\_1と有機化合物131\_2との組み合わせは、励起錯体を形成することが可能な組み合わせであればよいが、一方が正孔輸送性を有する材料(正孔輸送性材料)であり、他方が電子輸送性を有する材料(電子輸送性材料)であることが、より好ましい。この場合、ドナー-アクセプター型の励起状態を形成しやすくなり、効率よく励起錯体を形成することができるようになる。また、正孔輸送性材料と電子輸送性材料との組み合わせによって、有機化合物131\_1と有機化合物131\_2の組み合わせを構成する場合、その混合比によってキャリアバランスを容易に制御することができる。具体的には正孔輸送性材料:電子輸送性材料=1:9から9:1(重量比)の範囲が好ましい。また、該構成を有することで、容易にキャリアバランスを制御することができることから、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。

#### 【0266】

発光層130における有機化合物131\_1と、有機化合物131\_2と、ゲスト材料132とのエネルギー準位の相関を図9(B)に示す。なお、図9(B)における表記及び符号は、以下の通りである。

- Host(131\_1):有機化合物131\_1
- Host(131\_2):有機化合物131\_2
- Guest(132):ゲスト材料132(燐光材料)
- S<sub>P<sub>H</sub></sub>:有機化合物131\_1(ホスト材料)のS<sub>1</sub>準位
- T<sub>P<sub>H</sub></sub>:有機化合物131\_1(ホスト材料)のT<sub>1</sub>準位
- T<sub>P<sub>G</sub></sub>:ゲスト材料132(燐光材料)のT<sub>1</sub>準位
- S<sub>E</sub>:励起錯体のS<sub>1</sub>準位
- T<sub>E</sub>:励起錯体のT<sub>1</sub>準位

#### 【0267】

本発明の一態様の発光素子においては、発光層130においてホスト材料131が有す

10

20

30

40

50

る有機化合物 131\_1 と有機化合物 131\_2 が励起錯体を形成する。励起錯体の S1 準位 ( $S_E$ ) と励起錯体の T1 準位 ( $T_E$ ) は互いに隣接することになる (図 9 (B) Route C 参照)。

#### 【0268】

励起錯体は、2種類の物質からなる励起状態であり、光励起の場合、励起状態となつた一方の物質が他方の基底状態の物質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となると、励起錯体を形成していた2種類の物質はまた元の別々の物質として振舞う。電気励起の場合は、一方のカチオン分子 (ホールを有する) と他方のアニオン分子 (電子を有する) が近接することで励起錯体を形成できる。すなわち電気励起においては、いずれの分子においても励起状態を形成することなく励起錯体が形成できるため、駆動電圧の低減につながる。そして、励起錯体の ( $S_E$ ) と ( $T_E$ ) の双方のエネルギーを、ゲスト材料 132 (熒光材料) の T1 準位へ移動させて発光が得られる (図 9 (B) Route D 参照)。

#### 【0269】

なお、上記に示す Route C 及び Route D の過程を、本明細書等において EXTEL (Exciplex - Triplet Energy Transfer) と呼称する場合がある。別言すると、発光素子 450 は、励起錯体からゲスト材料 132 (熒光材料) へのエネルギーの供与がある。

#### 【0270】

また、有機化合物 131\_1 及び有機化合物 131\_2 は、一方がホールを、他方が電子を受け取ることで励起錯体を形成する。または、一方が励起状態となると、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 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。励起錯体は、有機化合物 131\_1 及び有機化合物 131\_2 のどちらよりもバンドギャップは小さくなるため、励起錯体が形成されることにより、駆動電圧を下げることができる。

#### 【0271】

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 (熒光材料) からの発光を、効率よく得ることが可能となる。

#### 【0272】

##### 第 1 の発光層と第 2 の発光層の発光機構

発光層 120 及び発光層 130 のそれぞれの発光機構について、上記説明したが、発光素子 450 に示すように、発光層 120 と、発光層 130 とが互いに接する構成を有する場合、発光層 120 と発光層 130 の界面において、励起錯体から発光層 120 のホスト材料 121 へのエネルギー移動 (とくに三重項励起準位のエネルギー移動) が起こったとしても、発光層 120 にて上記三重項励起エネルギーを発光に変換することができる。

#### 【0273】

なお、発光層 120 のホスト材料 121 の T1 準位が、発光層 130 が有する有機化合物 131\_1 及び有機化合物 131\_2 の T1 準位よりも低いと好ましい。また、発光層 120 において、ホスト材料 121 の S1 準位がゲスト材料 122 (蛍光材料) の S1 準位よりも高く、且つ、ホスト材料 121 の T1 準位がゲスト材料 122 (蛍光材料) の T1 準位よりも低いと好ましい。

#### 【0274】

具体的には、発光層 120 に TTA を用い、発光層 130 に EXTEL を用いる場合のエネルギー準位の相関を図 9 (C) に示す。なお、図 9 (C) における表記及び符号は、以下の通りである。

- Fluorescence EML (120) : 発光層 120 (蛍光発光層)
- Phosphorescence EML (130) : 発光層 130 (熒光発光層)
- $S_{FH}$  : 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 (蛍光材料) の S1 準位

10

20

30

40

50

- ・  $T_{FG}$  : ゲスト材料 122 (蛍光材料) の  $T_1$  準位
- ・  $S_{PH}$  : 有機化合物 131\_1 (ホスト材料) の  $S_1$  準位
- ・  $T_{PH}$  : 有機化合物 131\_1 (ホスト材料) の  $T_1$  準位
- ・  $T_{PG}$  : ゲスト材料 132 (燐光材料) 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

【0275】

図 9 (C) に示すように、励起錯体は励起状態でしか存在しないため、励起錯体と励起錯体との間の励起子拡散は生じにくい。また、励起錯体の励起準位 ( $S_E$  及び  $T_E$ ) は、発光層 130 の有機化合物 131\_1 (すなわち、燐光材料のホスト材料) の励起準位 ( $S_{PH}$  及び  $T_{PH}$ ) よりも低いので、励起錯体から有機化合物 131\_1 へのエネルギーの拡散も生じない。すなわち、燐光発光層 (発光層 130) 内において、励起錯体の励起子拡散距離は短いため、燐光発光層 (発光層 130) の効率を保つことが可能となる。また、蛍光発光層 (発光層 120) と燐光発光層 (発光層 130) の界面において、燐光発光層 (発光層 130) の励起錯体の三重項励起エネルギーの一部が、蛍光発光層 (発光層 120) に拡散したとしても、その拡散によって生じた蛍光発光層 (発光層 120) の三重項励起エネルギーは、TTA を通じて発光されるため、エネルギー損失を低減することが可能となる。

【0276】

以上のように、発光素子 450 は、発光層 130 に  $ExTEt$  を利用し、且つ発光層 120 に TTA を利用することで、エネルギー損失が低減されるため、高い発光効率の発光素子とすることができます。また、発光素子 450 に示すように、発光層 120 と、発光層 130 とが互いに接する構成とする場合、上記エネルギー損失が低減されるとともに、EL 層 400 の層数を低減させることができる。したがって、製造コストの少ない発光素子とすることができます。

【0277】

なお、発光層 120 と発光層 130 とは互いに接していない構成であっても良い。この場合、発光層 130 中で生成する、ホスト材料 131 またはゲスト材料 132 (燐光材料) の励起状態から発光層 120 中のホスト材料 121、またはゲスト材料 122 (蛍光材料) へのデクスター機構によるエネルギー移動 (特に三重項エネルギー移動) を防ぐことができる。したがって、発光層 120 と発光層 130 の間に設ける層は数 nm 程度の厚さがあればよい。具体的には、1 nm 以上 5 nm 以下が好適である。

【0278】

発光層 120 と発光層 130 の間に設ける層は単一の材料で構成されていても良いが、正孔輸送性材料と電子輸送性材料の両者が含まれていても良い。単一の材料で構成する場合、バイポーラー性材料を用いても良い。ここでバイポーラー性材料とは、電子と正孔の移動度の比が 100 以下である材料を指す。また、正孔輸送性材料または電子輸送性材料などを使用しても良い。もしくは、そのうちの少なくとも一つは、発光層 130 のホスト材料 (有機化合物 131\_1 または有機化合物 131\_2) と同一の材料で形成しても良い。これにより、発光素子の作製が容易になり、また、駆動電圧が低減される。さらに、正孔輸送性材料と電子輸送性材料とで励起錯体を形成しても良く、これによって励起子の拡散を効果的に防ぐことができる。具体的には、発光層 130 のホスト材料 (有機化合物 131\_1 または有機化合物 131\_2) またはゲスト材料 132 (燐光材料) の励起状態から、発光層 120 のホスト材料 121 またはゲスト材料 122 (蛍光材料) へのエネルギー移動を防ぐことができる。

【0279】

また、発光素子 450 においては、発光層 120 が正孔輸送層 412 側、発光層 130 が電子輸送層 418 側として説明したが、本発明の一態様の発光素子としては、これに限定されない。例えば、図 10 (A) に示す発光素子 450a のように、発光層 120 が電子輸送層 418 側、発光層 130 が正孔輸送層 412 側であっても構わない。

## 【0280】

なお、発光素子450では、キャリアの再結合領域はある程度の分布を持って形成されることが好ましい。このため、発光層120または発光層130において、適度なキャリアトラップ性があることが好ましく、特に、発光層130が有するゲスト材料132（燐光材料）が電子トラップ性を有していることが好ましい。

## 【0281】

なお、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。短波長の発光を呈する燐光材料を用いた発光素子は輝度劣化が早い傾向がある。そこで、短波長の発光を蛍光発光とすることによって、輝度劣化の小さい発光素子を提供することができる。

10

## 【0282】

また、発光層120と発光層130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。

## 【0283】

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130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。

## 【0284】

また、発光層120および発光層130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、または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。

20

## 【0285】

例えば、図10（B）に示すように、発光層130が発光層130\_1および発光層130\_2という複数の発光層を有する場合、発光層130\_1は、ホスト材料131およびゲスト材料132を有し、発光層130\_2は、ホスト材料136およびゲスト材料137を有する構成が好ましい。この場合、ホスト材料131が有する有機化合物131\_1および有機化合物131\_2は励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましく、ホスト材料136が有する有機化合物136\_1および有機化合物136\_2は励起錯体を形成する組み合わせであることが好ましい。そうすることで、発光層130\_1および発光層130\_2の双方で高い発光効率を有する発光を得ることができる。

30

## 【0286】

また、上記構成において、発光層130が2種類の異なるゲスト材料（ゲスト材料132およびゲスト材料137）を有するとき、発光層120におけるゲスト材料122は、青色の発光を呈し、発光層130におけるゲスト材料の一方は、緑色の発光を呈し、他方は赤色の発光を呈することが好ましい。または、発光層120におけるゲスト材料122は、400nm以上480nm未満に発光スペクトルピークを有する発光を呈し、発光層130におけるゲスト材料の一方は480nm以上580nm未満に発光スペクトルピークを有する発光を呈し、他方は580nm以上740nm以下に発光スペクトルピークを有する発光を呈することが好ましい。そうすることで、青色、緑色、赤色の三原色を有する発光素子を作製することができるため、当該発光素子は、演色性の高い発光素子となる。または、表示装置に好適に用いることができる発光素子となる。

40

## 【0287】

なお、図10（B）において、有機化合物131\_1と有機化合物136\_1とは、同じ化合物を用いても異なる化合物を用いても良い。有機化合物131\_1と有機化合物136\_1とで同じ化合物を用いる場合、発光素子の作製が容易となるため好ましい。有機化合物131\_2と有機化合物136\_2とにおいても同様である。

## 【0288】

また、発光層130\_1と発光層130\_2において、有機化合物131\_1および有

50

機化合物 131\_2 の一方、または有機化合物 136\_1 および有機化合物 136\_2 の一方のみを有する構成であってもよい。発光層 130\_1 および発光層 130\_2 に用いる有機化合物 131\_1、131\_2、及び有機化合物 136\_1、136\_2 は、発光素子に適したキャリアバランスまたは発光色となるよう、適宜選択すればよい。

【0289】

なお、上記の構成と、実施の形態 1 で示したキャリア注入層（正孔注入層または電子注入層）の構造と、を組み合わせることで、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域を制御し、高い発光効率を有する発光素子を作製することができる。すなわち、正孔注入層 411 および電子注入層 419 として、キャリア注入層 111a、111b またはキャリア注入層 119a、119b を用いることで、キャリア再結合領域が分布する領域が制御された領域を有する発光素子を作製することができる。

10

【0290】

また、実施の形態 1 で示した、複数の異なる電極構造およびキャリア注入層を副画素に有する発光素子に、上記構成を用いることで、一対の電極に挟持された発光素子において、第 1 の注入層を有する第 1 の領域においては、発光層 120 または発光層 130 の一方の発光強度が強く、第 2 の注入層を有する第 2 の領域においては、発光層 120 または発光層 130 の他方の発光強度が強くすることができる。すなわち、本発明の一態様のキャリア注入層を有することで、発光層を塗り分けることなく、各副画素から異なる発光色を取り出すことができる。そのため、光の利用効率が良い表示装置を、歩留りを下げるこ<sup>20</sup>となく作製することができる。すなわち、消費電力の低い表示装置を作製することができる。また、表示装置の製造コストを低減することができる。

20

【0291】

<発光素子の構成要素>

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

【0292】

第 1 の発光層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（蛍光材料）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（蛍光材料）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（蛍光材料）の T1 準位よりも低いことが好ましい。

30

【0293】

ホスト材料 121 として、特に、アントラセン誘導体またはテトラセン誘導体が好ましい。これらの誘導体は S1 準位が高く、T1 準位が低いからである。また、実施の形態 1 で例示したホスト材料を利用することができる。

【0294】

ゲスト材料 122（蛍光材料）としては、例えばピレン誘導体、アントラセン誘導体、トリフェニレン誘導体、フルオレン誘導体、カルバゾール誘導体、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ジベンゾキノキサリン誘導体、キノキサリン誘導体、ピリジン誘導体、ピリミジン誘導体、フェナントレン誘導体、ナフタレン誘導体などが挙げられる。特にピレン誘導体は発光量子収率が高いので好ましい。また、実施の形態 1 で例示した一重項励起エネルギーを発光に変える発光性物質を利用することができる。

40

【0295】

第 2 の発光層に用いることのできる材料

発光層 130 中では、ホスト材料 131（有機化合物 131\_1 および有機化合物 131\_2）が重量比で最も多く存在し、ゲスト材料 132（燐光材料）は、ホスト材料 131（有機化合物 131\_1 および有機化合物 131\_2）中に分散される。発光層 130 のホスト材料 131（有機化合物 131\_1 および有機化合物 131\_2）の T1 準位は、発光層 120 のゲスト材料 122（蛍光材料）の T1 準位よりも高いことが好ましい。

【0296】

50

ホスト材料 131 (有機化合物 131\_1 および有機化合物 131\_2) 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及び金属錯体などを用いることができる。具体的には、亜鉛及び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、ジベンゾチオフェン誘導体、ジベンゾフラン誘導体、ピリミジン誘導体、トリアジン誘導体、ピリジン誘導体、ビピリジン誘導体、及び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、電子過剰型複素芳香族 (例えばカルバゾール誘導体及びインドール誘導体) 又は芳香族アミンなどを好適に用いることができる。また、実施の形態 1 で示した電子輸送性材料および正孔輸送性材料を用いることができる。

## 【0297】

10

また、有機化合物 131\_1 と有機化合物 131\_2 とは、励起錯体を形成できる組み合わせが好ましい。具体的には、実施の形態 1 で示した電子輸送性材料および正孔輸送性材料を用いることができる。この場合、励起錯体の発光ピークが燐光材料の三重項 MLC T (Metal to Ligand Charge Transfer) 遷移の吸収帯、より具体的には、最も長波長側の吸収帯と重なるように有機化合物 131\_1、有機化合物 131\_2、およびゲスト材料 132 (燐光材料) を選択することが好ましい。これにより、発光効率が飛躍的に向上した発光素子とことができる。ただし、燐光材料に替えて熱活性化遅延蛍光 (Thermally activated delayed fluorescence: TADF) 材料を用いる場合においては、最も長波長側の吸収帯は一重項の吸収帯であることが好ましい。

20

## 【0298】

ゲスト材料 132 (燐光材料) としては、イリジウム、ロジウム、または白金系の有機金属錯体、または金属錯体が挙げられ、中でも有機イリジウム錯体、例えばイリジウム系オルトメタル錯体が好ましい。オルトメタル化する配位子としては 4H-トリアゾール配位子、1H-トリアゾール配位子、イミダゾール配位子、ピリジン配位子、ピリミジン配位子、ピラジン配位子、また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。また、実施の形態 1 で例示した三重項励起エネルギーを発光に変換できる発光材料を利用することができます。

## 【0299】

30

また、発光層 130 に含まれる発光材料としては、三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料であればよい。該三重項励起エネルギーを発光に変換できる材料としては、燐光材料の他に、TADF 材料が挙げられる。したがって、燐光材料と記載した部分に関しては、TADF 材料と読み替える構わない。なお、TADF 材料とは、三重項励起状態をわずかな熱エネルギーによって一重項励起状態にアップコンバート (逆項間交差) が可能で、一重項励起状態からの発光 (蛍光) を効率よく呈する材料のことである。また、熱活性化遅延蛍光が効率良く得られる条件としては、三重項励起準位と一重項励起準位のエネルギー差が好ましくは 0 eV 以上 0.2 eV 以下、さらに好ましくは 0 eV 以上 0.1 eV 以下であることが挙げられる。

## 【0300】

40

また、熱活性化遅延蛍光を示す材料は、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できる材料であっても良いし、励起錯体を形成する複数の材料から構成されても良い。

## 【0301】

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体を用いることができる。

## 【0302】

また、発光層 120 に含まれる発光材料と発光層 130 に含まれる発光材料の発光色に限定は無く、同じでも異なっていても良い。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

50

光材料の発光ピーク波長は発光層 130 に含まれる発光材料のそれよりも短いことが好ましい。

【0303】

なお、発光層 120 及び発光層 130 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。

【0304】

<発光素子の構成例 8>

次に、図 8 に示す構成と異なる構成の発光素子について、図 11 を用いて説明を行う。図 11 は、発光素子 452 の断面模式図である。

【0305】

図 11 に示す発光素子 452 は、一対の電極（電極 401 及び電極 402）の間に、複数の発光ユニット（図 11 においては、発光ユニット 406 及び発光ユニット 408）を有する。1 つの発光ユニットは、図 1 で示す EL 層 100 または図 8 で示す EL 層 400 と同様な構成を有する。つまり、図 1 で示した発光素子 250 および図 8 で示した発光素子 450 は、1 つの発光ユニットを有し、発光素子 452 は、複数の発光ユニットを有する。なお、発光素子 452 において、電極 401 が陽極として機能し、電極 402 が陰極として機能するとして、以下説明するが、発光素子 452 の構成としては、逆であっても構わない。

【0306】

また、図 11 に示す発光素子 452 において、発光ユニット 406 と発光ユニット 408 とが積層されており、発光ユニット 406 と発光ユニット 408 との間には電荷発生層 415 が設けられる。なお、発光ユニット 406 と発光ユニット 408 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 406 に、図 1 で示す EL 層 100 または図 8 で示す EL 層 400 を用いると好ましい。

【0307】

すなわち、発光素子 452 は、発光層 150 と、発光層 140 と、を有する。また、発光ユニット 406 は、発光層 150 の他に、正孔注入層 411、正孔輸送層 412、電子輸送層 413、及び電子注入層 414 を有する。また、発光層 150 は、発光層 120 および発光層 130 を有する。また、発光ユニット 408 は、発光層 140 の他に、正孔注入層 416、正孔輸送層 417、電子輸送層 418、及び電子注入層 419 を有する。

【0308】

なお、発光素子 452 が有する電極 401 と、電極 402 と、正孔注入層 411、416 と、正孔輸送層 412、417 と、電子輸送層 413、418 と、電子注入層 414、419 は、実施の形態 1 に示す、電極 101 と、電極 102 と、キャリア注入層 111、111a、111b と、キャリア輸送層 112 と、キャリア輸送層 118 と、キャリア注入層 119、119a、119b と、それぞれ同様の機能を有する。したがって、本実施の形態においては、その詳細な説明は省略する。

【0309】

電荷発生層 415 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よい。

【0310】

電荷発生層 415 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  $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$  以上である有機化合物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、これら以外の物質を用いてもよい。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

10

20

30

40

50

現することができる。なお、発光ユニット408のように、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層415に接している場合は、電荷発生層415が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。

【0311】

なお、電荷発生層415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、ドナー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て形成してもよい。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、透明導電膜を含む層とを組み合わせて形成してもよい。10

【0312】

なお、発光ユニット406と発光ユニット408とに挟まれる電荷発生層415は、電極401と電極402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11において、電極401の電位の方が電極402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415は、発光ユニット406に電子を注入し、発光ユニット408に正孔を注入する。

【0313】

なお、電荷発生層415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415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415は、一対の電極（電極401及び電極402）よりも低い導電率であっても機能する。20

【0314】

上述した材料を用いて電荷発生層415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。

【0315】

また、図11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452に示すように、一対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。30

【0316】

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で示すEL層100または図8で示すEL層400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。

【0317】

また、発光ユニット408が有する発光層140に、図8で示す発光層120または発光層130を用いると好ましい。すなわち、発光ユニット406及び発光ユニット408の双方が、発光層120及び発光層130の一方または双方を有する構成となり、発光ユニット406及び発光ユニット408の双方から、発光層120及び発光層130の一方または双方が呈する発光を得ることができる。40

【0318】

なお、上記各構成において、発光ユニット406および発光ユニット408に用いるゲスト材料（蛍光材料または燐光材料）としては、同じであっても異なっていてもよい。発光ユニット406と発光ユニット408とで同じゲスト材料を有する場合、発光素子452は少ない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406と発光ユニット408とで異なるゲスト材料を有する場合、発光素子452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、また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。50

## 【0319】

なお、発光ユニット406、発光ユニット408、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。

## 【0320】

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。

## 【0321】

## (実施の形態3)

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12乃至図18を用いて説明する。 10

## 【0322】

## &lt;表示装置の構成例1&gt;

図12(A)は表示装置600を示す上面図、図12(B)は図12(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。

## 【0323】

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。 20

## 【0324】

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。

## 【0325】

また、信号線駆動回路部601は、Nチャネル型のトランジスタ623とPチャ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出来る。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。 30

## 【0326】

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のドレインに電気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。 40

## 【0327】

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。

## 【0328】

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2eV以上、好ましくは2.5eV以上、さらに好ましくは3eV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、アルミニウム(Al)、ガリウム(Ga)、イットリウム(Y)、ジルコニウム(Zr)、ランタン(La)、セリウム(Ce)、スズ(Sn)、ハフニウム(Hf)、またはネオジム(Nd)を表す)等が挙げられる。

#### 【0329】

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。

#### 【0330】

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、スピンドル法等の種々の方法によって形成される。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、デンドリマーを含む)であっても良い。

#### 【0331】

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及び実施の形態2の構成を有する発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成される場合、実施の形態1及び実施の形態2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。

#### 【0332】

また、シール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた領域607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、領域607には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素及びアルゴン等)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、シリコーン系樹脂、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。

#### 【0333】

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1に示す光学素子、及び遮光層と同様の構成とすればよい。

#### 【0334】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂または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及び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、石英基板の他、FRP(Fiber Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエチレン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。

#### 【0335】

以上のようにして、実施の形態1及び実施の形態2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。

#### 【0336】

10

20

30

40

50

## &lt;表示装置の構成例2&gt;

次に、表示装置の別の一例について、図13(A)(B)及び図14を用いて説明を行う。なお、図13(A)(B)及び図14は、本発明の一態様の表示装置の断面図である。

## 【0337】

図13(A)には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の下部電極1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の上部電極1026、封止層1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

10

## 【0338】

また、図13(A)では、光学素子の一例として、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)を透明な基材1033に設けている。また、遮光層1035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1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び遮光層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図13(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。

## 【0339】

図13(B)では、光学素子の一例として、着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示している。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。

20

## 【0340】

図14では、光学素子の一例として、着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を第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。

## 【0341】

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。

30

## 【0342】

## &lt;表示装置の構成例3&gt;

トップエミッション型の表示装置の断面図の一例を図15(A)(B)に示す。図15(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13(A)(B)及び図14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。

## 【0343】

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。

40

## 【0344】

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15(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、

50

特定波長における光強度を増加させると好ましい。

【0345】

図15(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。

【0346】

また、図15(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15(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15(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15(B)に示すように、発光素子と、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。

【0347】

<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、または赤色、緑色、青色、白色)の副画素を有する構成としてもよい。図16乃至図18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16(A)(B)及び図17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18(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。

【0348】

図16(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16(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17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。

【0349】

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、または青色、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。黄色また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。

【0350】

また、図18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15(A)の表示装置と同様に、上部電極1026との間で、マイクロキャビティ構造を有する構成が好ましい。また、図18(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。

【0351】

10

20

30

40

50

マイクロキャビティ、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 18 (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。

【0352】

また、図 18 (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 18 (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 18 (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 18 (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。

【0353】

なお、本実施の形態に示す構成は、他の実施の形態及び本実施の形態中の他の構成と適宜組み合わせることが可能である。

【0354】

(実施の形態 4)

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 19 乃至図 21 を用いて説明を行う。

【0355】

なお、図 19 (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 19 (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。

【0356】

<表示装置に関する説明>

図 19 (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。

【0357】

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。

【0358】

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。

【0359】

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

10

20

30

40

50

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。

#### 【0360】

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。

#### 【0361】

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。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。

#### 【0362】

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  $GL_m$  ( $m$  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  $GL_m$  の電位に応じてデータ線  $DL_n$  ( $n$  は  $Y$  以下の自然数) を介して信号線駆動回路 804b からデータ信号が入力される。

#### 【0363】

図 19 (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。

#### 【0364】

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。

#### 【0365】

図 19 (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。または、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。

#### 【0366】

また、図 19 (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

10

20

30

40

50

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。

【0367】

<画素回路の構成例>

図19(A)に示す複数の画素回路801は、例えば、図19(B)に示す構成とすることができる。

【0368】

図19(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。

【0369】

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\_n）に電気的に接続される。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\_m）に電気的に接続される。

【0370】

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。

【0371】

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

【0372】

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

【0373】

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

【0374】

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

【0375】

発光素子872としては、実施の形態1及び実施の形態2に示す発光素子を用いることができる。

【0376】

なお、電位供給線VL\_a及び電位供給線VL\_bの一方には、高電源電位VDDが与えられ、他方には、低電源電位VSSが与えられる。

【0377】

図19(B)の画素回路801を有する表示装置では、例えば、図19(A)に示す走査線駆動回路804aにより各行の画素回路801を順次選択し、トランジスタ852をオン状態にしてデータ信号のデータを書き込む。

【0378】

データが書き込まれた画素回路801は、トランジスタ852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854のソース電極とドレイン電極の間に流れる電流が制御され、発光素子872は、流れる電流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。

【0379】

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20(A)(B)及び図21(A)(B)に画素回路の一例を示す。

【0380】

図20(A)に示す画素回路は、6つのトランジスタ（トランジスタ303\_1乃至303\_6）と、容量素子304と、発光素子305と、を有する。また、図20(A)に

10

20

30

40

50

示す画素回路には、配線 301\_1 乃至 301\_5、並びに配線 302\_1 及び配線 302\_2 が電気的に接続されている。なお、トランジスタ 303\_1 乃至 303\_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。

#### 【0381】

図 20 (B) に示す画素回路は、図 20 (A) に示す画素回路に、トランジスタ 303\_7 を追加した構成である。また、図 20 (B) に示す画素回路には、配線 301\_6 及び配線 301\_7 が電気的に接続されている。ここで、配線 301\_5 と配線 301\_6 とは、それぞれ電気的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 303\_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。

#### 【0382】

図 21 (A) に示す画素回路は、6 つのトランジスタ (トランジスタ 308\_1 乃至 308\_6) と、容量素子 304 と、発光素子 305 と、を有する。また、図 21 (A) に示す画素回路には、配線 306\_1 乃至 306\_3、並びに配線 307\_1 乃至 307\_3 が電気的に接続されている。ここで配線 306\_1 と配線 306\_3 とは、それぞれ電気的に接続されていてもよい。なお、トランジスタ 308\_1 乃至 308\_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。

#### 【0383】

図 21 (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 21 (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 が電気的に接続されている。また、図 21 (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 (CVC C 方式ともいう) とすることができます。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。

#### 【0384】

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。

#### 【0385】

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、低消費電力化及び高輝度化をはかることができる。

#### 【0386】

アクティブマトリクス方式以外では、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図ることができる。

#### 【0387】

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。

#### 【0388】

##### (実施の形態 5)

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、及び該表示裝

10

20

30

40

50

置に入力装置を取り付けた電子機器について、図22乃至図26を用いて説明を行う。

【0389】

<タッチパネルに関する説明1>

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。

【0390】

図22(A)(B)は、タッチパネル2000の斜視図である。なお、図22(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。

【0391】

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22(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。

【0392】

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FPC2509(1)と電気的に接続する。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。

【0393】

基板2590は、タッチセンサ2595と、タッチセンサ2595と電気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FPC2509(2)と電気的に接続される。なお、図22(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の電極及び配線等を実線で示している。

【0394】

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。

【0395】

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。

【0396】

なお、図22(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。

【0397】

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。

【0398】

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のいずれかと電気的に接続し、電極2592は複数の配線2598の他のいずれかと電気的に接続する。

【0399】

電極2592は、図22(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。

【0400】

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。

10

20

30

40

50

## 【0401】

配線 2594 は、電極 2592 を挟む二つの電極 2591 と電気的に接続する。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。

## 【0402】

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 2 つの電極 2592 の間に、これらとは電気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できるため好ましい。

10

## 【0403】

<表示装置に関する説明>

次に、図 23 (A) を用いて、表示装置 2501 の詳細について説明する。図 23 (A) は、図 22 (B) に示す一点鎖線 X1 - X2 間の断面図に相当する。

## 【0404】

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。

20

## 【0405】

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。

## 【0406】

基板 2510 及び基板 2570 としては、例えば、水蒸気の透過率が  $1 \times 10^{-5}$  g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup> 以下、好ましくは  $1 \times 10^{-6}$  g · m<sup>-2</sup> · day<sup>-1</sup> 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  $1 \times 10^{-3}$  / K 以下、好ましくは  $5 \times 10^{-5}$  / K 以下、より好ましくは  $1 \times 10^{-5}$  / K 以下である材料を好適に用いることができる。

30

## 【0407】

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。

## 【0408】

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。

40

## 【0409】

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 23 (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。

## 【0410】

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

50

に発光素子 2550R を有する構成とすることができます。なお、封止層 2560 として、不活性気体（窒素及びアルゴン等）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。また、紫外線硬化樹脂または熱硬化樹脂を充填してもよい。また、上述のシール材としては、例えば、エポキシ系樹脂または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、水分及び酸素を透過しない材料を用いると好適である。

【0411】

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。

【0412】

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。

【0413】

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 層とを有する。発光素子 2550R として、例えば、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に示す発光素子を適用することができる。

【0414】

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。

【0415】

また、封止層 2560 が光を取り出す側に設けられている場合、封止層 2560 は、発光素子 2550R と着色層 2567R に接する。

【0416】

着色層 2567R は、発光素子 2550R と重なる位置にある。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。

【0417】

また、表示装置 2501 には、光を射出する方向に遮光層 2567BM が設けられる。遮光層 2567BM は、着色層 2567R を囲むように設けられている。

【0418】

着色層 2567R 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。

【0419】

また、表示装置 2501 には、絶縁層 2521 が設けられる。絶縁層 2521 はトランジスタ 2502t を覆う。なお、絶縁層 2521 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 2521 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 2502t 等の信頼性の低下を抑制できる。

【0420】

また、発光素子 2550R は、絶縁層 2521 の上方に形成される。また、発光素子 2550R が有する下部電極には、該下部電極の端部に重なる隔壁 2528 が設けられる。なお、基板 2510 と、基板 2570 との間隔を制御するスペーサを、隔壁 2528 上に形成してもよい。

【0421】

10

20

30

40

50

走査線駆動回路 2503g (1) は、トランジスタ 2503t と、容量素子 2503c 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。

#### 【0422】

また、基板 2510 上には、信号を供給することができる配線 2511 が設けられる。また、配線 2511 上には、端子 2519 が設けられる。また、端子 2519 には、FPC 2509 (1) が電気的に接続される。また、FPC 2509 (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、FPC 2509 (1) にはプリント配線基板 (PWB) が取り付けられていても良い。

#### 【0423】

また、表示装置 2501 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 23 (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 23 (B) に示す、トップゲート型のトランジスタを表示装置 2501 に適用する構成としてもよい。

#### 【0424】

また、トランジスタ 2502t 及びトランジスタ 2503t の極性については、特に限定ではなく、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。

#### 【0425】

##### <タッチセンサに関する説明>

次に、図 23 (C) を用いて、タッチセンサ 2595 の詳細について説明する。図 23 (C) は、図 22 (B) に示す一点鎖線 X3-X4 間の断面図に相当する。

#### 【0426】

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 を電気的に接続する配線 2594 とを有する。

#### 【0427】

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。

#### 【0428】

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。

#### 【0429】

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。

10

20

30

40

50

## 【0430】

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と電気的に接続する。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。

## 【0431】

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。

## 【0432】

一対の電極2591が1つの電極2592を挟んで設けられる。また、配線2594は一対の電極2591を電気的に接続している。

## 【0433】

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。

## 【0434】

また、配線2598は、電極2591または電極2592と電気的に接続される。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、及び該金属材料を含む合金材料を用いることができる。

## 【0435】

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。

## 【0436】

また、接続層2599は、配線2598とFPC2509(2)を電気的に接続させる。

## 【0437】

接続層2599としては、異方性導電フィルム(ACF: Anisotropic Conductive Film)、及び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。

## 【0438】

<タッチパネルに関する説明2>

次に、図24(A)を用いて、タッチパネル2000の詳細について説明する。図24(A)は、図22(A)に示す一点鎖線X5-X6間の断面図に相当する。

## 【0439】

図24(A)に示すタッチパネル2000は、図23(A)で説明した表示装置2501と、図23(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。

## 【0440】

また、図24(A)に示すタッチパネル2000は、図23(A)及び図23(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。

## 【0441】

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、アクリル系樹脂、ウレタン系樹脂、エポキシ系樹脂、またはシロキサン系樹脂を用いることができる。

## 【0442】

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

10

20

30

40

50

て、例えば円偏光板を用いることができる。

【0443】

次に、図24(A)に示す構成と異なる構成のタッチパネルについて、図24(B)を用いて説明する。

【0444】

図24(B)は、タッチパネル2001の断面図である。図24(B)に示すタッチパネル2001は、図24(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。

【0445】

着色層2567Rは、発光素子2550Rと重なる位置にある。また、図24(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。

10

【0446】

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。

【0447】

接着層2597は、基板2510と基板2590の間にあり、表示装置2501とタッチセンサ2595を貼り合わせる。

20

【0448】

図24(A)(B)に示すように、発光素子から射出される光は、基板2510及び基板2570のいずれか一方または双方を通して射出されればよい。

【0449】

<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25(A)(B)を用いて説明を行う。

【0450】

図25(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25(A)では、パルス電圧出力回路2601、電流検出回路2602を示している。なお、図25(A)では、パルス電圧が与えられる電極2621をX1-X6として、電流の変化を検知する電極2622をY1-Y6として、それぞれ6本の配線で例示している。また、図25(A)は、電極2621と、電極2622とが重畳することで形成される容量2603を示している。なお、電極2621と電極2622とはその機能を互いに置き換えてよい。

30

【0451】

パルス電圧出力回路2601は、X1-X6の配線に順にパルスを印加するための回路である。X1-X6の配線にパルス電圧が印加されることで、容量2603を形成する電極2621と電極2622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2603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。

40

【0452】

電流検出回路2602は、容量2603での相互容量の変化による、Y1-Y6の配線での電流の変化を検出するための回路である。Y1-Y6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。

【0453】

次に、図25(B)には、図25(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25(B)では、1フレーム期間で各行列での

50

被検知体の検出を行うとする。また図25(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Y1-Y6の配線については、検出される電流値に対応する電圧値とした波形を示している。

#### 【0454】

X1-X6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Y1-Y6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、X1-X6の配線の電圧の変化に応じてY1-Y6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。

10

#### 【0455】

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知することができる。

#### 【0456】

<センサ回路に関する説明>

また、図25(A)ではタッチセンサとして配線の交差部に容量2603のみを設ける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26に示す。

#### 【0457】

図26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。

20

#### 【0458】

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のゲートと電気的に接続する。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気的に接続し、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と電気的に接続する。容量2603の他方の電極には電圧VSSが与えられる。

30

#### 【0459】

次に、図26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。

#### 【0460】

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。

#### 【0461】

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。

40

#### 【0462】

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。

50

**【0463】**

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。

**【0464】****(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モジュール及び電子機器について、図27及び図28を用いて説明を行う。

**【0465】****<表示モジュールに関する説明>**

図27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8011を有する。

**【0466】**

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。

**【0467】**

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、形状及び寸法を適宜変更することができる。

**【0468】**

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。

**【0469】**

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。

**【0470】**

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

**【0471】**

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。

**【0472】****<電子機器に関する説明>**

図28(A)乃至図28(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。

**【0473】**

図28(A)乃至図28(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

10

20

30

40

50

示部に表示する機能、等を有することができる。なお、図28(A)乃至図28(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28(A)乃至図28(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。

【0474】

図28(A)乃至図28(G)に示す電子機器の詳細について、以下説明を行う。

【0475】

図28(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、指やスタイル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。

【0476】

図28(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28(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、SNS(ソーシャル・ネットワーキング・サービス)、及び電話などの着信を知らせる表示、電子メール及びSNSなどの題名、電子メール及びSNSなどの送信者名、日時、時刻、バッテリの残量、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。

【0477】

図28(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。

【0478】

図28(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できる。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ー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。

【0479】

10

20

30

40

50

図28(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28(E)が携帯情報端末9201を展開した状態の斜視図であり、図28(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28(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以下で曲げができる。

10

#### 【0480】

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。

#### 【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。

20

#### 【0482】

##### (実施の形態7)

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29及び図30を用いて説明する。

#### 【0483】

本実施の形態で示す、発光装置3000の斜視図を図29(A)に、図29(A)に示す一点鎖線E-F間に相当する断面図を図29(B)に、それぞれ示す。なお、図29(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。

30

#### 【0484】

図29(A)(B)に示す発光装置3000は、基板3001と、基板3001上の発光素子3005と、発光素子3005の外周に設けられた第1の封止領域3007と、第1の封止領域3007の外周に設けられた第2の封止領域3009と、を有する。

#### 【0485】

また、発光素子3005からの発光は、基板3001及び基板3003のいずれか一方または双方から射出される。図29(A)(B)においては、発光素子3005からの発光が下方側(基板3001側)に射出される構成について説明する。

#### 【0486】

また、図29(A)(B)に示すように、発光装置3000は、発光素子3005が第1の封止領域3007と、第2の封止領域3009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3005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3007及び第2の封止領域3009を、必ずしも設ける必要はない。例えば、第1封止領域3007のみの構成としてもよい。

40

#### 【0487】

なお、図29(B)において、第1の封止領域3007及び第2の封止領域3009は、基板3001及び基板3003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3007及び第2の封止領域3009の一方または双方は、基板3001の上方に形成される絶縁膜、また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3007及び第2の封止領域3009の一方または双方は、基板3

50

003の下方に形成される絶縁膜、または導電膜と接して設けられる構成としてもよい。

【0488】

基板3001及び基板3003としては、それぞれ先の実施の形態1に記載の基板200と、基板220と同様の構成とすればよい。発光素子3005としては、先の実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子と同様の構成とすればよい。

【0489】

第1の封止領域3007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3009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3007として、ガラスを含む材料を用いることで、生産性及び封止性を高めることができる。また、第2の封止領域3009として、樹脂を含む材料を用いることで、耐衝撃性及び耐熱性を高めることができる。ただし、第1の封止領域3007と、第2の封止領域3009とは、これに限定されず、第1の封止領域3007が樹脂を含む材料で形成され、第2の封止領域3009がガラスを含む材料で形成されてもよい。

10

【0490】

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、酸化タンゲステン、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、少なくとも一種類以上の遷移金属を含むことが好ましい。

20

【0491】

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用いても良い。また、レーザとして、例えば、Nd:YAGレーザまたは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。

30

【0492】

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。

【0493】

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。

40

【0494】

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。

【0495】

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も発光装置3000が壊れにくくなる。

50

## 【0496】

また、図29(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。

## 【0497】

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。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。

## 【0498】

また、図29(B)に示す構成の変形例を図29(C)に示す。図29(C)は、発光装置3000の変形例を示す断面図である。

## 【0499】

図29(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29(B)に示す構成と同じである。

## 【0500】

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(酸化カルシウム及び酸化バリウム等)、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。

## 【0501】

次に、図29(B)に示す発光装置3000の変形例について、図30(A)(B)(C)(D)を用いて説明する。なお、図30(A)(B)(C)(D)は、図29(B)に示す発光装置3000の変形例を説明する断面図である。

## 【0502】

図30(A)(B)(C)(D)に示す発光装置は、第2の封止領域3009を設けず、第1の封止領域3007とした構成である。また、図30(A)(B)(C)(D)に示す発光装置は、図29(B)に示す第2の領域3013の代わりに領域3014を有する。

## 【0503】

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、ポリカーボネットまたはアクリル、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。

## 【0504】

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。

## 【0505】

また、図30(B)に示す発光装置は、図30(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。

## 【0506】

基板3015は、図30(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30(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。

## 【0507】

また、図30(C)に示す発光装置は、図30(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。

## 【0508】

10

20

30

40

50

図30(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30(B)に示す発光装置と同様である。

【0509】

また、図30(D)に示す発光装置は、図30(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。

【0510】

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30(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。

【0511】

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、水分及び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。

【0512】

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ができる。

【0513】

(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31及び図32を用いて説明する。

【0514】

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。

【0515】

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、フロントガラス、天井等に照明を設置することもできる。

【0516】

図31(A)は、多機能端末3500の一方の面の斜視図を示し、図31(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。

【0517】

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とを組み合わせて用いる場合、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。

【0518】

なお、図31(A)、(B)に示す多機能端末3500は、図28(A)乃至図28(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。

【0519】

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。

10

20

30

40

50

## 【0520】

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。

## 【0521】

図31(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。 10

## 【0522】

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の発光と同時に、スピーカ3610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。

## 【0523】

ライト3600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3600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てもよい。 20

## 【0524】

図32は、発光素子を室内の照明装置8501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8502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8503を備えても良い。また、照明装置8501、8502、8503に、タッチセンサを設けて、電源のオンまたはオフを行ってもよい。 30

## 【0525】

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8504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ます。

## 【0526】

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。

## 【0527】

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。 40

## 【実施例1】

## 【0528】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子に適用可能なキャリア注入層のキャリア注入性及びキャリア輸送性について測定した例を示す。

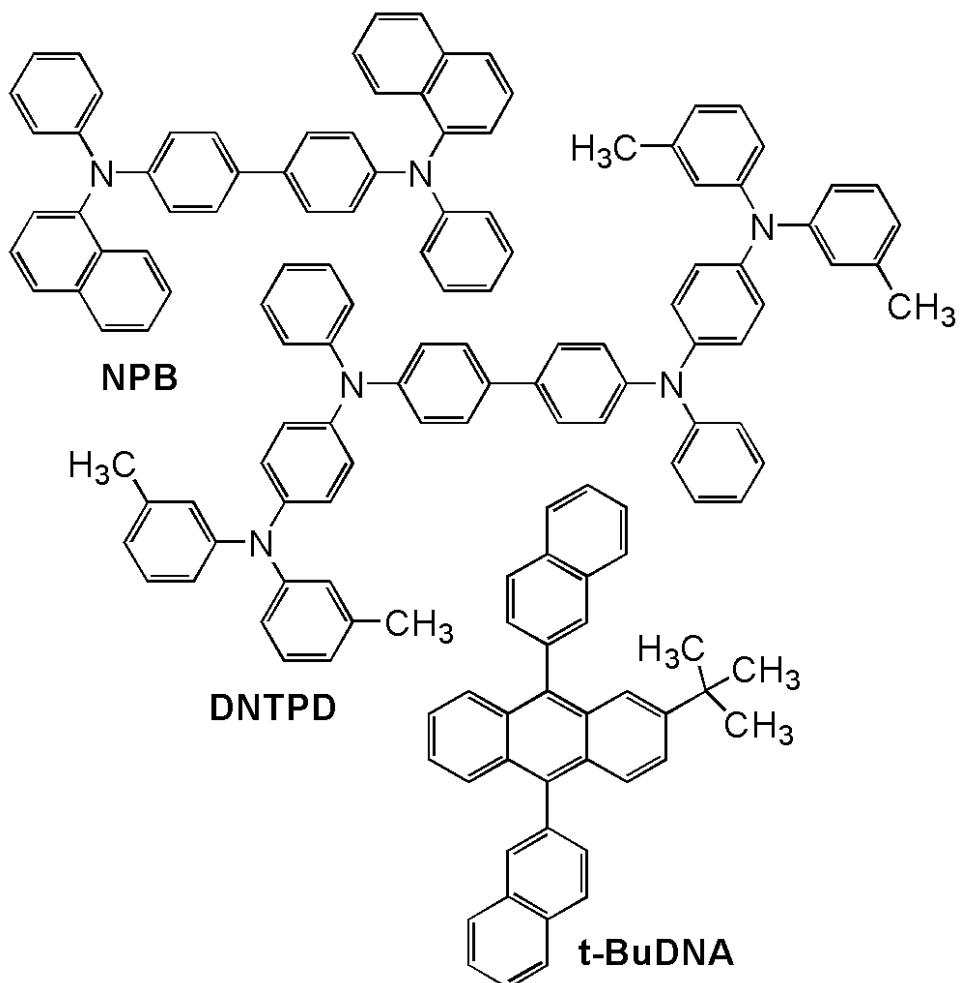
## 【0529】

本実施例では、正孔注入層として、ドナー材料として機能する正孔輸送性材料とアクセプター材料として機能する遷移金属酸化物、具体的には酸化モリブデン(略称:MoO<sub>3</sub>)との複合材料を有する試料を作製し、その電流密度-電圧特性を測定した結果について示す。作製した試料は、試料A1乃至試料A3、試料B1乃至試料B10、及び試料C1 50

乃至試料C8である。また、複合材料に用いた正孔輸送性材料の構造と略称を、以下に示す。

【0530】

【化1】



10

20

30

【0531】

<試料の作製>

電極101として、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（略称：ITO）膜を厚さが110nmになるよう形成した。なお、電極101の面積としては、4mm<sup>2</sup>（2mm×2mm）とした。

【0532】

また、試料A1乃至A3においては、電極101上の正孔注入層として、正孔輸送性材料とMoO<sub>3</sub>との複合材料を厚さが200nmになるよう形成した。試料A1においては、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）とMoO<sub>3</sub>とを重量比(NPB:MoO<sub>3</sub>)が1:0.25になるよう共蒸着した。また、試料A2においては、4,4'-ビス(N-[4-[N'-[3-メチルフェニル]-N'-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：DNTPD）とMoO<sub>3</sub>とを重量比(DNTPD:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるよう共蒸着した。また、試料A3においては、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-BuDNA）とMoO<sub>3</sub>とを重量比(t-BuDNA:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるよう共蒸着した。なお、共蒸着とは、異なる複数の物質をそれぞれ異なる蒸発源から同時に蒸発させる蒸着方法である。

40

【0533】

また、試料B2乃至B9、及び試料C2乃至C7においては、電極101上の正孔注入層として、正孔輸送性材料とMoO<sub>3</sub>との複合材料を厚さが50nmになるよう形成した

50

。試料B2乃至B9においては、NPBとMoO<sub>3</sub>とをモル比(NPB:MoO<sub>3</sub>)がそれぞれ1:0.02、1:0.04、1:0.1、1:0.2、1:0.4、1:1、1:2、1:4になるよう共蒸着した。また、試料C2乃至C7においては、DNTPDとMoO<sub>3</sub>とをモル比(DNTPD:MoO<sub>3</sub>)がそれぞれ1:0.1、1:0.5、1:1、1:2、1:5、1:10になるよう共蒸着した。また、比較として、試料B1においてはNPBを、試料C1においてはDNTPDを、試料B10および試料C8においては、MoO<sub>3</sub>を、それぞれ厚さが50nmになるよう蒸着した。

#### 【0534】

正孔注入層上に電極102として、アルミニウム(A1)を厚さが200nmになるよう蒸着した。以上の工程によって、試料A1乃至A3、試料B1乃至B10、及び試料C1乃至C8を作製した。上記作製した試料は、一対の電極(電極101及び電極102)間に正孔注入層のみが挟持された試料であるため、電極から正孔注入層への正孔注入性、及び正孔注入層の正孔輸送性を評価することができる。

10

#### 【0535】

作成した試料A1乃至A3の電流密度-電圧特性を図33に、試料B1乃至B10の電流密度-電圧特性を図34に、試料C1乃至C8の電流密度-電圧特性を図35に、それぞれ示す。なお、図33乃至図35においては、電極101(ITSO膜)を陽極として、電極102(A1膜)を陰極として測定を行った。

20

#### 【0536】

図33のように、正孔注入層に用いた複合材料においてドナー材料として機能する正孔輸送性材料が異なることで、試料A1乃至A3の電流密度-電圧特性に差が生じる結果となった。

#### 【0537】

また、複合材料に用いた正孔輸送性材料のHOMO準位の測定結果を表1に示す。なお、表1に示す正孔輸送性材料の薄膜状態におけるHOMO準位は、各化合物のイオン化ボテンシャルの値を大気中にて光電子分光法(理研計器製、AC-2)にて測定し、得られたイオン化ボテンシャルの値を、負の値に換算した結果より求めた。

30

#### 【0538】

#### 【表1】

略称	HOMO準位(eV)
DNTPD	-5.14
NPB	-5.38
t-BuDNA	-5.53

#### 【0539】

表1のように、試料A1、A2及びA3が有する正孔輸送性材料のHOMO準位は、互いに異なる値を有する。そのため、試料A1、A2及びA3の正孔注入性および正孔輸送性が異なる結果となったといえる。

40

#### 【0540】

また、図34及び図35のように、正孔注入層に用いた複合材料において、正孔輸送性材料(ドナー材料)とMoO<sub>3</sub>(アクセプター材料)との混合比が異なることで、正孔注入層の正孔注入性および正孔輸送性が大きく異なる結果となった。

#### 【0541】

正孔注入層に用いる複合材料においては、アクセプター材料によってドナー材料から電子が引き抜かれて正孔が発生する。そのため、アクセプター材料とドナー材料との混合比(モル比)が同等、またはアクセプター材料の混合比が高い場合、アクセプター材料によつ

50

てドナー材料から引き抜かれる電子が多くなり、正孔注入層中で正孔が発生しやすくなるため、正孔注入層の正孔注入性または正孔輸送性を向上させることができる。また、アクセプター材料とドナー材料との混合比（モル比）においてドナー材料の混合比が高い場合、アクセプター材料によってドナー材料から引き抜かれる電子が少なくなり、正孔注入層中で発生する正孔が少なくなるため、正孔注入層の正孔注入性または正孔輸送性を低減させることができる。

## 【0542】

以上、本実施例に示す構成は、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。

## 【実施例2】

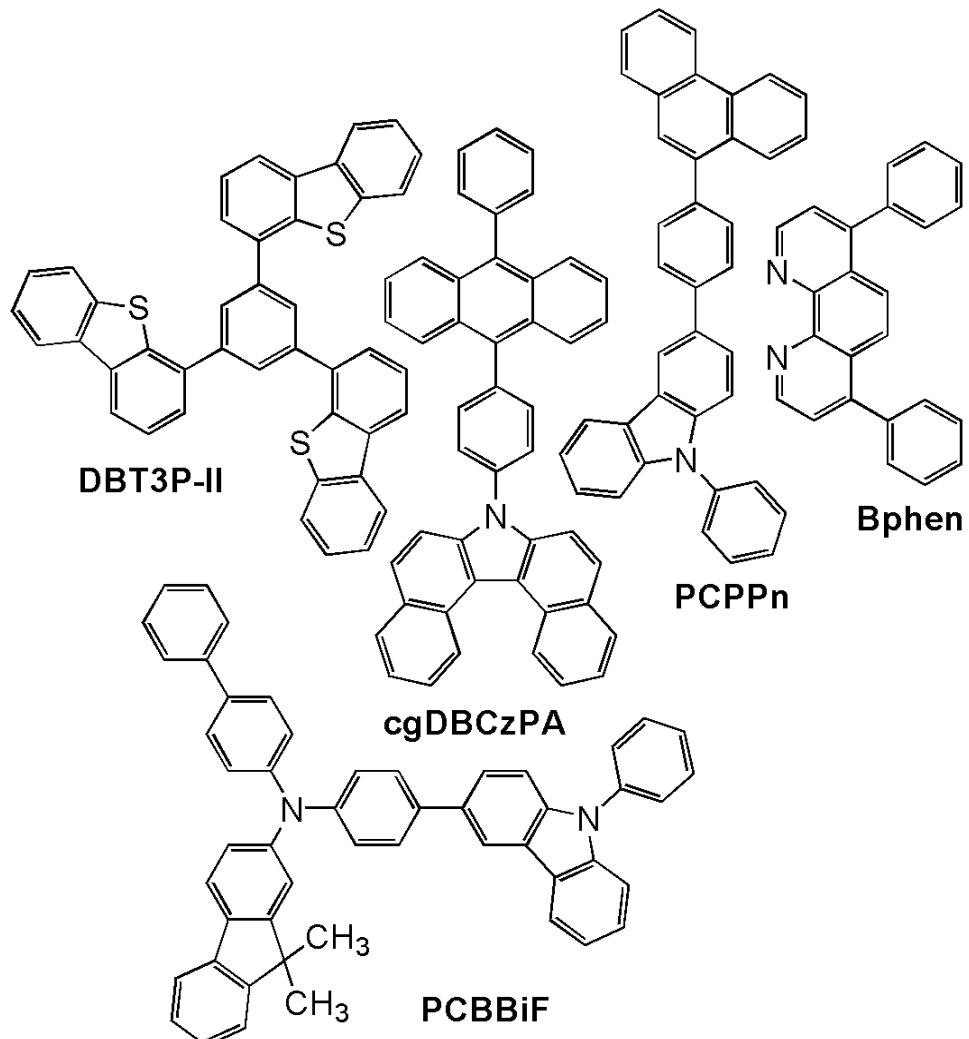
10

## 【0543】

本実施例では、本発明の一態様の発光素子である発光素子1乃至発光素子4の作製例を示す。本実施例で作製した発光素子の断面模式図を図36（A）に示す。また、素子構造を表2に示す。また、本実施例で使用した化合物の構造と略称を以下に示す。

## 【0544】

## 【化2】



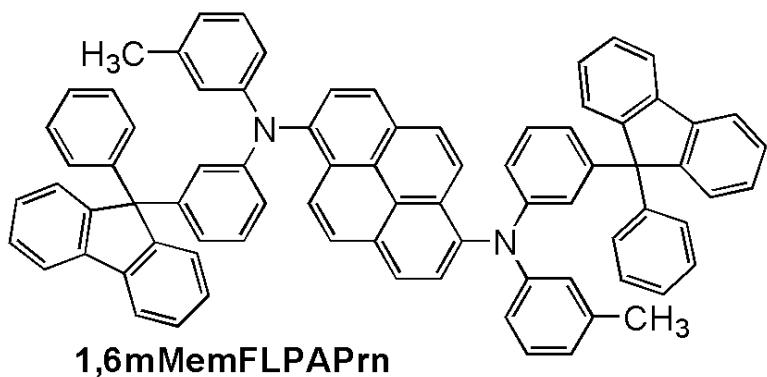
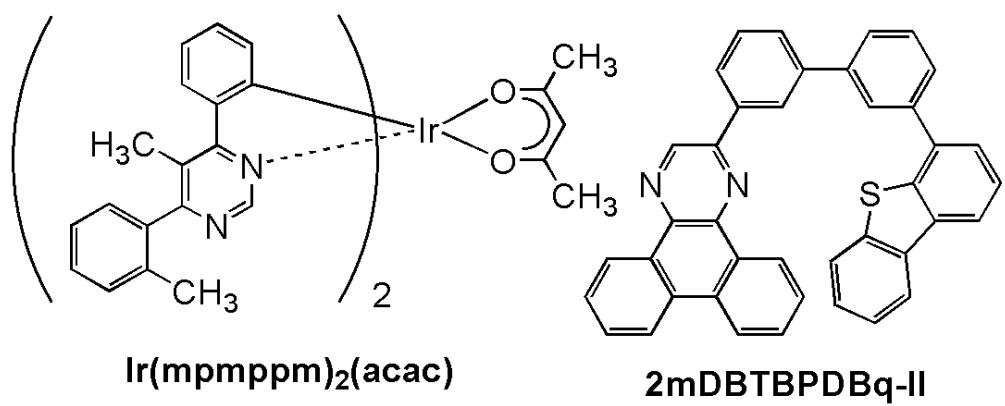
20

30

40

## 【0545】

【化3】



【0 5 4 6】

【表2】

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光 素子 1	電極	502	130	Al	
	電子注入層	519	1	LiF	—
	電子輸送層	518(2)	15	Bphen	—
		518(1)	20	2mDBTBPDBq-II	—
	発光層	530 (2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) <sub>2</sub> (acac)	0.8:0.2:0.06
		530 (1)	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.8:0.2
		520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	10	PCPPn	—
	正孔注入層	511	35	DBT3P-II : MoO <sub>3</sub>	1:0.1
	電極	501	110	ITSO	—
発光 素子 2	電極	502	130	Al	
	電子注入層	519	1	LiF	—
	電子輸送層	518(2)	15	Bphen	—
		518(1)	20	2mDBTBPDBq-II	—
	発光層	530 (2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) <sub>2</sub> (acac)	0.8:0.2:0.06
		530 (1)	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.8:0.2
		520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	10	PCPPn	—
	正孔注入層	511	35	NPB : MoO <sub>3</sub>	1:0.1
	電極	501	110	ITSO	—
発光 素子 3	電極	502	130	Al	
	電子注入層	519	1	LiF	—
	電子輸送層	518(2)	15	Bphen	—
		518(1)	20	2mDBTBPDBq-II	—
	発光層	530 (2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) <sub>2</sub> (acac)	0.8:0.2:0.06
		530 (1)	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.8:0.2
		520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	10	PCPPn	—
	正孔注入層	511	30	DBT3P-II : MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	電極	501	110	ITSO	—
発光 素子 4	電極	502	130	Al	
	電子注入層	519	1	LiF	—
	電子輸送層	518(2)	15	Bphen	—
		518(1)	20	2mDBTBPDBq-II	—
	発光層	530 (2)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmpm) <sub>2</sub> (acac)	0.8:0.2:0.06
		530 (1)	2	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF	0.8:0.2
		520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
	正孔輸送層	512	10	PCPPn	—
	正孔注入層	511	30	PCPPn : MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	電極	501	110	ITSO	—

## 【0547】

&lt;発光素子1の作製&gt;

基板510上に電極501として、ITSO膜を、厚さが110nmになるように形成した。なお、電極501の電極面積は、4mm<sup>2</sup> (2mm×2mm)とした。

## 【0548】

次に、電極501上にEL層を形成した。正孔注入層511としては、1,3,5-T

10

20

30

40

50

リ(ジベンゾチオフェン-4-イル)-ベンゼン(略称:DBT3P-II)および酸化モリブデン(MoO<sub>3</sub>)を重量比(DBT3P-II:MoO<sub>3</sub>)が1:0.1になるように、且つ厚さが35nmになるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層511をドナー材料とアクセプター材料との複合材料によって形成した。正孔注入層511において、DBT3P-IIがドナー材料であり、MoO<sub>3</sub>がアクセプター材料である。

【0549】

次に、正孔輸送層512として、3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)を厚さが10nmになるように蒸着した。

【0550】

次に、発光層520としては、7-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-7H-ジベンゾ[c,g]カルバゾール(略称:cgDBCzPA)およびN,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ビス[3-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6mMemFLPAPrn)を重量比(cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)が1:0.02になるように、且つ厚さが10nmになるように共蒸着した。なお、発光層520において、cgDBCzPAがホスト材料であり、1,6mMemFLPAPrnがゲスト材料(蛍光材料)である。

【0551】

次に、発光層530の1層目としては、2-[3'-(ジベンゾチオフェン-4-イル)ビフェニル-3-イル]ジベンゾ[f,h]キノキサリン(略称:2mDBTBPDBq-II)および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)を重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF)が0.8:0.2になるように、且つ厚さが2nmになるように共蒸着した。続いて、発光層530の2層目として、2mDBTBPDBq-II、PCBBiF、及び(アセチルアセトナト)ビス[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(II)(略称:Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac))を重量比(2mDBTBPDBq-II:PCBBiF:Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac))が0.8:0.2:0.06になるように、且つ厚さが20nmになるように共蒸着した。発光層530において、2mDBTBPDBq-IIおよびPCBBiFがホスト材料であり、Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac)がゲスト材料(燐光材料)である。

【0552】

また、発光層530上に、電子輸送層518として、2mDBTBPDBq-IIとパソフェナントロリン(Bphen)とを厚さがそれぞれ20nm、15nmになるよう順次、蒸着した。次に、電子注入層519として、フッ化リチウム(LiF)を厚さが1nmになるように蒸着した。

【0553】

また、電極502としては、アルミニウム(Al)を厚さが130nmになるように形成した。

【0554】

次に、窒素雰囲気のグローブボックス内において、有機EL用封止材を用いて、EL層を形成した基板510に封止基板550を固定することで、発光素子1を封止した。具体的には、基板510に形成したEL層の周囲に封止材を塗布し、該基板510と封止基板550とを貼り合わせ、波長が365nmの紫外光を6J/cm<sup>2</sup>照射し、80℃にて1時間熱処理した。以上の工程により発光素子1を得た。

【0555】

<発光素子2乃至発光素子4の作製>

発光素子2乃至発光素子4は、先に示す発光素子1の作製と、正孔注入層511の構成のみが異なり、それ以外の工程は、発光素子1と同様の作製方法とした。

10

20

30

40

50

## 【0556】

発光素子2の正孔注入層511としては、NPBおよびMoO<sub>3</sub>を重量比(NPB:MoO<sub>3</sub>)が1:0.1になるように、且つ厚さが35nmになるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層511をドナー材料とアクセプター材料との複合材料によって形成した。正孔注入層511において、NPBがドナー材料であり、MoO<sub>3</sub>がアクセプター材料である。

## 【0557】

発光素子3の正孔注入層511としては、DBT3P-IIおよびMoO<sub>3</sub>を重量比(DBT3P-II:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるように、且つ厚さが35nmになるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層511をドナー材料とアクセプター材料との複合材料によって形成した。正孔注入層511において、DBT3P-IIがドナー材料であり、MoO<sub>3</sub>がアクセプター材料である。

10

## 【0558】

発光素子4の正孔注入層511としては、PCPPnおよびMoO<sub>3</sub>を重量比(PCPPn:MoO<sub>3</sub>)が1:0.5になるように、且つ厚さが35nmになるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層511をドナー材料とアクセプター材料との複合材料によって形成した。正孔注入層511において、PCPPnがドナー材料であり、MoO<sub>3</sub>がアクセプター材料である。

## 【0559】

<発光素子の動作特性>

20

次に、作製した発光素子1乃至発光素子4の発光特性について測定した。なお、測定は室温(23℃に保たれた雰囲気)で行った。

## 【0560】

ここで、1000cd/m<sup>2</sup>付近における発光素子の発光特性を以下の表3に示す。また、発光素子の電流効率-輝度特性を図37に、輝度-電圧特性を図38に示す。また、発光素子に2.5mA/cm<sup>2</sup>の電流密度で電流を流したときの電界発光スペクトルを図39に示す。

## 【0561】

## 【表3】

	電圧(V)	電流密度(mA/cm <sup>2</sup> )	CIE色度(x, y)	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	電流効率(cd/A)	外部量子効率(%)
発光素子1	3.4	2.5	(0.38, 0.41)	950	38	14
発光素子2	4.7	13	(0.20, 0.24)	990	7.7	5.1
発光素子3	3.1	2.6	(0.39, 0.41)	910	34	13
発光素子4	3.2	4.0	(0.34, 0.37)	1000	26	11

30

## 【0562】

図39に示すように、発光素子1、発光素子3、及び発光素子4の電界発光スペクトルピークからは、蛍光材料である1,6-mMemeFLPAPrnが呈する青色発光、及び燐光材料であるIr(mpppm)<sub>2</sub>(acac)が呈する黄色発光が観測された。すなわち、発光素子1、発光素子3、及び発光素子4においては、発光色の異なる蛍光材料と燐光材料の双方を発光させることができた。また、表3に示すように、蛍光材料と燐光材料の双方からの発光が得られながら、外部量子効率は10%以上と高い値が得られている。したがって、本発明の一態様の発光層を用いることで、蛍光材料と燐光材料の双方が効率よく発光する発光素子を作製することができた。

## 【0563】

40

50

一方、発光素子2の電界発光スペクトルからは、蛍光材料である1,6-mMethylphenylanthraceneが呈する青色発光のみが観測された。発光層520および発光層530に用いた化合物および発光層の構成は、発光素子1と発光素子2とで同じである。したがって、発光素子1と発光素子2とで正孔注入層511をえることで、発光領域が変化し、発光色が変化したといえる。すなわち、正孔注入層511に用いるドナー材料をえることで、発光素子の発光領域が分布する領域を制御することができた。なお、発光素子2の外部量子効率は5%以上であり、蛍光材料からの発光を呈する発光素子としては十分に高い発光効率を示した。したがって、発光素子2においては、一対の電極から注入されたキャリアのほとんどが発光層520において再結合し、発光に利用することができている。

## 【0564】

10

なお、図38及び表3に示すように、発光素子1乃至発光素子4は、いずれも低い電圧で駆動している。そのため、本発明の一態様によって、消費電力が低減された発光素子を作製することができることが分かった。

## 【0565】

また、発光素子1乃至発光素子4において正孔注入層511に用いたドナー材料のHOMO準位を測定した結果、DBT3P-II、PCPPn、NPBのHOMO準位はそれぞれ、-6.20eV、-5.91eV、-5.38eVであった。なお、HOMO準位の測定方法については、実施例1を参照すればよい。

## 【0566】

20

すなわち、発光素子1においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位が、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位より高く、発光素子2においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位が、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位より低い。したがって、発光素子1においては、正孔注入層511から正孔輸送層512への正孔注入性が良好であるため、発光層520および発光層530の双方で一対の電極から注入されたキャリアが再結合し、発光層520および発光層530の双方からの発光が観測される。一方、発光素子2においては、正孔注入層511と正孔輸送層512との界面において正孔注入障壁が存在するため、発光層に正孔が輸送されにくい。したがって、正孔輸送層512に近い発光層520において、より多くのキャリアが再結合する。そのため、発光素子2においては、発光層520からの青色発光のみが観測される。

30

## 【0567】

また、発光素子3においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位が、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位より高く、発光素子4においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位と、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位が等しい。したがって、発光素子3及び発光素子4の双方において、正孔注入層511から正孔輸送層512への正孔注入性が良好であるため、発光層520および発光層530の双方で一対の電極から注入されたキャリアが再結合し、発光層520および発光層530の双方からの発光が観測される。ただし、発光素子3の方が発光素子4よりも正孔注入層511から正孔輸送層512への正孔注入性が良好であるため、発光素子3においては、電子輸送層518に近い発光層530において、より多くのキャリアが再結合し発光する。そのため、発光素子3と発光素子4とでキャリア再結合領域および発光領域が分布する領域が異なるため、電界発光スペクトルおよび発光色に違いが生じる。

40

## 【0568】

また、発光素子1と発光素子3は、正孔注入層511に用いた化合物は同じであるが、ドナー材料とアクセプター材料との混合比が互いに異なる発光素子である。その結果、発光素子1と発光素子3とで、電界発光スペクトルが変化する結果が得られた。先の実施例1で例示したように、ドナー材料とアクセプター材料の混合比をえることで正孔注入層511の正孔注入性が変化するため、一対の電極から注入されたキャリアの再結合領域及び発光領域が分布する領域が変化する。その結果、発光層520と発光層530とが呈する発光の割合が変化したため、発光素子1と発光素子3とで電界発光スペクトルの形状が

50

異なる形状になったといえる。

【0569】

以上のように、本発明の一態様によって、発光スペクトルまたは発光色が異なる領域を有する発光素子を作製することができる。また、発光効率が高い発光素子を作製することができる。また、成膜工程が比較的少なく、製造しやすい、多色発光を呈する発光素子を作製することができる。

【0570】

以上、本実施例に示す構成は、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。

【実施例3】

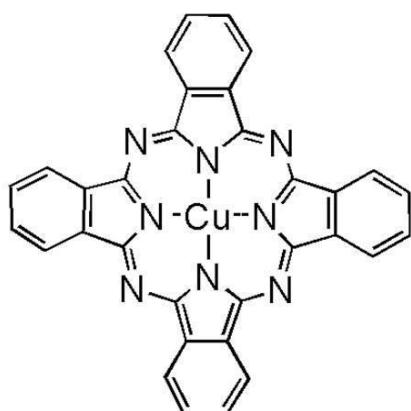
10

【0571】

本実施例では、本発明の一態様である発光素子5および発光素子6の作製例を示す。本実施例で作製した発光素子の断面模式図を図36(B)に示す。また、素子構造の詳細を表4に示す。また、本実施例で使用した化合物の構造と略称を以下に示す。なお、その他の化合物については、先の実施例2で示した化合物を用いた。

【0572】

【化4】



**CuPc**

20

【0573】

30

【表4】

	層	符号	膜厚 (nm)	材料	重量比
発光 素子 5	電極	502	150	Al	
	正孔注入層	511	20	DBT3P-II : MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	発光層	520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
		530(2)	2	2mDBTBPDBq-II	-
		530(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmppm) <sub>2</sub> (acac)	0.9:0.1:0.06
	電子輸送層	518(2)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		518(1)	10	Bphen	-
	電子注入層	519(3)	0.15	Li <sub>2</sub> O	-
		519(2)	5	Bphen	-
		519(1)	2	CuPc	-
	電極	501	110	ITSO	-
発光 素子 6	電極	502	150	Al	
	正孔注入層	511	20	PCPPn : MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	正孔輸送層	512	20	PCPPn	-
	発光層	520	10	cgDBCzPA : 1,6mMemFLPAPrn	1:0.02
		530(2)	2	2mDBTBPDBq-II	-
		530(1)	20	2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmppm) <sub>2</sub> (acac)	0.9:0.1:0.06
	電子輸送層	518(2)	15	2mDBTBPDBq-II	-
		518(1)	10	Bphen	-
	電子注入層	519(4)	0.15	Li <sub>2</sub> O	-
		519(3)	5	Bphen	-
		519(2)	2	CuPc	-
		519(1)	70	PCPPn : MoO <sub>3</sub>	1:0.5
	電極	501	70	ITSO	-

## 【0574】

&lt;発光素子5の作製&gt;

基板510上に電極501として、ITSO膜を、厚さが110nmになるように形成した。なお、電極501の電極面積は、4mm<sup>2</sup>(2mm×2mm)とした。

## 【0575】

次に、電極501上にEL層を形成した。電子注入層519としては、銅フタロシアニン(略称: CuPc)と、Bphenと、酸化リチウム(Li<sub>2</sub>O)とを厚さがそれぞれ2nm、5nm、0.15nmになるよう順次、蒸着した。

## 【0576】

次に、電子輸送層518として、Bphenと、2mDBTBPDBq-IIとを厚さがそれぞれ10nm、15nmになるよう順次、蒸着した。

## 【0577】

次に、発光層530の1層目として、2mDBTBPDBq-II、PCBBiF、及びIr(mpmppm)<sub>2</sub>(acac)を重量比(2mDBTBPDBq-II : PCBBiF : Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac))が0.9:0.1:0.06になるように、且つ厚さが20nmになるように共蒸着した。続いて、発光層530の2層目としては、2mDBTBPDBq-IIを厚さが2nmになるように蒸着した。発光層530において、2mDBTBPDBq-IIおよびPCBBiFがホスト材料であり、Ir(mpmppm)<sub>2</sub>(acac)がゲスト材料(発光材料)である。

## 【0578】

10

20

30

40

50

次に、発光層 520 としては、 $c_g D B C z P A$  および  $1,6 m M e m F L P A P r n$  を重量比 ( $c_g D B C z P A : 1,6 m M e m F L P A P r n$ ) が  $1 : 0.02$  になるように、且つ厚さが  $10 nm$  になるように共蒸着した。なお、発光層 520 において、 $c_g D B C z P A$  がホスト材料であり、 $1,6 m M e m F L P A P r n$  がゲスト材料 (蛍光材料) である。

#### 【0579】

次に、正孔輸送層 512 として、 $P C P P n$  を厚さが  $20 nm$  になるように蒸着した。続いて、正孔注入層 511 として、 $D B T 3 P - I I$  および  $M o O_3$  を重量比 ( $D B T 3 P - I I : M o O_3$ ) が  $1 : 0.5$  になるように、且つ厚さが  $20 nm$  になるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層 511 をドナー材料とアクセプター材料の複合材料によって形成した。正孔注入層 511 において、 $D B T 3 P - I I$  がドナー材料であり、 $M o O_3$  がアクセプター材料である。

#### 【0580】

また、電極 502 としては、アルミニウム (Al) を厚さが  $150 nm$  になるように形成した。

#### 【0581】

次に、窒素雰囲気のグローブボックス内において、有機 EL 用封止材を用いて、EL 層を形成した基板 510 に封止基板 550 を固定することで、発光素子 5 を封止した。具体的には、基板 510 に形成した EL 層の周囲に封止材を塗布し、該基板 510 と封止基板 550 とを貼り合わせ、波長が  $365 nm$  の紫外光を  $6 J / cm^2$  照射し、 $80$  にて 1 時間熱処理した。以上の工程により発光素子 5 を得た。

#### 【0582】

##### <発光素子 6 の作製>

発光素子 6 は、先に示す発光素子 5 の作製と、電極 101、電子注入層 519、及び正孔注入層 511 の構成のみが異なり、それ以外の工程は、発光素子 5 と同様の作製方法とした。

#### 【0583】

発光素子 6 においては、基板 510 上の電極 501 として、 $I T S O$  膜を、厚さが  $70 nm$  になるように形成した。なお、電極 501 の電極面積は、 $4 mm^2$  ( $2 mm \times 2 mm$ ) とした。

#### 【0584】

次に、電極 501 上の電子注入層 519 の 1 層目として、 $P C P P n$  および  $M o O_3$  を重量比 ( $P C P P n : M o O_3$ ) が  $1 : 0.5$  になるように、且つ厚さが  $70 nm$  になるように共蒸着した。すなわち、電子注入層 519 は、電荷発生層として機能する複合材料を有する構成であり、該複合材料をドナー材料とアクセプター材料とによって形成した。電子注入層 519 において、 $P C P P n$  がドナー材料であり、 $M o O_3$  がアクセプター材料である。続いて、電子注入層 519 の 2 層目乃至 4 層目として、 $C u P c$  と、 $B p h e n$  と、 $L i_2 O$  とを厚さがそれぞれ  $2 nm$ 、 $5 nm$ 、 $0.15 nm$  になるよう順次、蒸着した。

#### 【0585】

また、発光素子 6 における正孔注入層 511 として、 $P C P P n$  および  $M o O_3$  を重量比 ( $P C P P n : M o O_3$ ) が  $1 : 0.5$  になるように、且つ厚さが  $20 nm$  になるように共蒸着した。すなわち、正孔注入層 511 をドナー材料とアクセプター材料との複合材料によって形成した。正孔注入層 511 において、 $P C P P n$  がドナー材料であり、 $M o O_3$  がアクセプター材料である。

#### 【0586】

##### <発光素子の動作特性>

次に、作製した発光素子 5 及び発光素子 6 の発光特性について測定した。なお、測定は室温 (23 に保たれた雰囲気) で行った。

#### 【0587】

10

20

30

40

50

ここで、 $1000 \text{ cd/m}^2$  付近における発光素子の発光特性を以下の表 5 に示す。また、発光素子の電流効率 - 輝度特性を図 40 に、輝度 - 電圧特性を図 41 に示す。また、発光素子に  $2.5 \text{ mA/cm}^2$  の電流密度で電流を流したときの電界発光スペクトルを図 42 に示す。

( 0 5 8 8 )

【表5】

	電圧 (V)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	CIE色度 (x, y)	輝度 (cd/m <sup>2</sup> )	電流効率 (cd/A)	外部量子 効率(%)
発光素子 5	3.2	1.8	(0.44, 0.47)	950	52	17
発光素子 6	3.8	3.0	(0.41, 0.41)	940	32	12

10

[ 0 5 8 9 ]

図42に示すように、発光素子5及び発光素子6の電界発光スペクトルピークからは、蛍光材料である1,6-mMemFLPAPrnが呈する青色発光、及び燐光材料であるIr(mpppm)<sub>2</sub>(acac)が呈する黄色発光が観測された。すなわち、発光素子5及び発光素子6においては、発光色の異なる蛍光材料と燐光材料の双方を発光させることができた。また、表5に示すように、蛍光材料と燐光材料の双方から発光が得られながら、外部量子効率は10%以上と高い値が得られている。したがって、本発明の一態様の発光層を用いることで、蛍光材料と燐光材料の双方が効率よく発光する発光素子が作製することができた。

20

〔 0 5 9 0 〕

なお、図41及び表5に示すように、発光素子5及び発光素子6は、いずれも低い電圧で駆動している。そのため、本発明の一態様によって、消費電力が低減された発光素子を作製することができる事が分かった。

〔 0 5 9 1 〕

また、先の実施例2で示したように、発光素子5においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位が、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位より高く、発光素子6においては、正孔輸送層512が有する材料のHOMO準位と、正孔注入層511が有するドナー材料のHOMO準位が等しい。そのため、発光素子5及び発光素子6の双方において、正孔注入層511から正孔輸送層512への正孔注入性が良好であるが、発光素子5の方が発光素子6よりも正孔注入性が良好である。

30

[ 0 5 9 2 ]

また、発光素子6においては、電子注入層519がドナー材料とアクセプター材料とで形成される複合材料で形成されている。一方、発光素子5においては、電子注入層519が複合材料を有さない構成である。そのため、発光素子6の方が発光素子5よりも電子注入性が良好である。

【 0 5 9 3 】

すなわち、発光素子5と発光素子6とは、正孔注入層511および電子注入層519の双方の構成が互いに異なる発光素子である。発光素子5においては、発光素子6より正孔注入性が良好であり、発光素子6においては、発光素子5より電子注入性が良好であることから、発光素子5においては、一対の電極から注入されたキャリアのうち、より多くのキャリアが電子輸送層518に近い発光層530において再結合し、発光素子6においては、より多くのキャリアが正孔輸送層512に近い発光層520において再結合する。

40

[ 0 5 9 4 ]

したがって、発光素子5と発光素子6とで、キャリア再結合領域および発光領域が分布する領域に違いが生じる。その結果、電界発光スペクトルおよび発光色が異なる結果が得られたといえる。

[ 0 5 9 5 ]

50

以上のように、本発明の一態様によって、発光スペクトルまたは発光色が異なる領域を有する発光素子を作製することができる。また、発光効率が高い発光素子を作製することができる。また、成膜工程が比較的少なく、製造しやすい、多色発光を呈する発光素子を作製することができる。

【0596】

以上、本実施例に示す構成は、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。

【符号の説明】

【0597】

100	EL層	10
101	電極	
101 a	導電膜	
101 b	導電膜	
101 c	導電膜	
102	電極	
103	電極	
103 a	導電膜	
103 b	導電膜	
103 c	導電膜	
104	電極	20
104 a	導電膜	
104 b	導電膜	
111	キャリア注入層	
111 a	キャリア注入層	
111 b	キャリア注入層	
112	キャリア輸送層	
115	電荷発生層	
118	キャリア輸送層	
119	キャリア注入層	
119 a	キャリア注入層	30
119 b	キャリア注入層	
120	発光層	
121	ホスト材料	
122	ゲスト材料	
130	発光層	
130_1	発光層	
130_2	発光層	
131	ホスト材料	
131_1	有機化合物	40
131_2	有機化合物	
132	ゲスト材料	
136	ホスト材料	
136_1	有機化合物	
136_2	有機化合物	
137	ゲスト材料	
140	発光層	
145	隔壁	
150	発光層	
180	発光領域	
200	基板	50

2 1 0 a	領域	
2 1 0 b	領域	
2 2 0	基板	
2 2 2 B	領域	
2 2 2 G	領域	
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	10
2 5 0	発光素子	
2 5 2	発光素子	
2 5 4	発光素子	
2 5 6	発光素子	
2 5 8	発光素子	
2 6 0	発光素子	
2 6 2	発光素子	
2 6 4	発光素子	
3 0 1 _ 1	配線	20
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	
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	30
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	
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	40
3 1 1 _ 3	配線	
3 1 2 _ 1	配線	
3 1 2 _ 2	配線	
4 0 0	EL層	
4 0 1	電極	
4 0 2	電極	
4 0 6	発光ユニット	
4 0 8	発光ユニット	
4 1 1	正孔注入層	
4 1 2	正孔輸送層	50

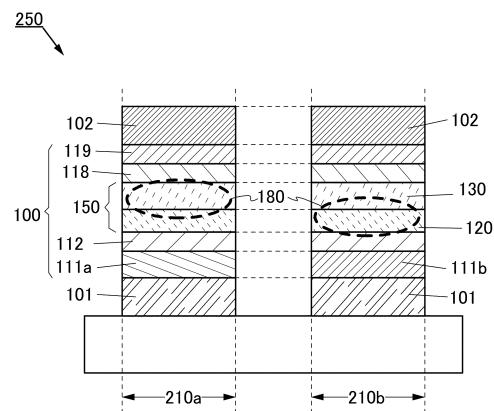
4 1 3	電子輸送層	
4 1 4	電子注入層	
4 1 5	電荷発生層	
4 1 6	正孔注入層	
4 1 7	正孔輸送層	
4 1 8	電子輸送層	
4 1 9	電子注入層	
4 5 0	発光素子	
4 5 0 a	発光素子	10
4 5 2	発光素子	
5 0 1	電極	
5 0 2	電極	
5 1 0	基板	
5 1 1	正孔注入層	
5 1 2	正孔輸送層	
5 1 8	電子輸送層	
5 1 9	電子注入層	
5 2 0	発光層	
5 3 0	発光層	
5 5 0	封止基板	20
6 0 0	表示装置	
6 0 1	信号線駆動回路部	
6 0 2	画素部	
6 0 3	走査線駆動回路部	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	領域	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C	
6 1 0	素子基板	30
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	40
6 2 4	トランジスタ	
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	
8 0 7	端子部	
8 5 2	トランジスタ	
8 5 4	トランジスタ	50

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	
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	10
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	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 9	封止層	
1 0 3 1	封止基板	20
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	基材	
1 0 3 4 B	着色層	
1 0 3 4 G	着色層	
1 0 3 4 R	着色層	
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	30
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
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	
2 5 0 3 s	信号線駆動回路	40
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	
2 5 2 8	隔壁	50

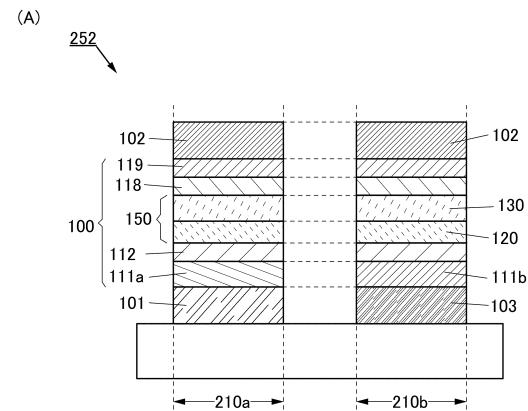
2 5 5 0 R	発光素子	
2 5 6 0	封止層	
2 5 6 7 B M	遮光層	
2 5 6 7 p	反射防止層	
2 5 6 7 R	着色層	
2 5 7 0	基板	
2 5 7 0 a	絶縁層	
2 5 7 0 b	可撓性基板	
2 5 7 0 c	接着層	
2 5 8 0 R	発光モジュール	10
2 5 9 0	基板	
2 5 9 1	電極	
2 5 9 2	電極	
2 5 9 3	絶縁層	
2 5 9 4	配線	
2 5 9 5	タッチセンサ	
2 5 9 7	接着層	
2 5 9 8	配線	
2 5 9 9	接続層	
2 6 0 1	パルス電圧出力回路	20
2 6 0 2	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	
3 0 0 3	基板	30
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	
3 5 0 0	多機能端末	40
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	
8 0 0 1	上部カバー	50

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	10
8 0 1 1	バッテリ	
8 5 0 1	照明装置	
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	
9 0 5 0	操作ボタン	20
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	
9 2 0 1	携帯情報端末	30

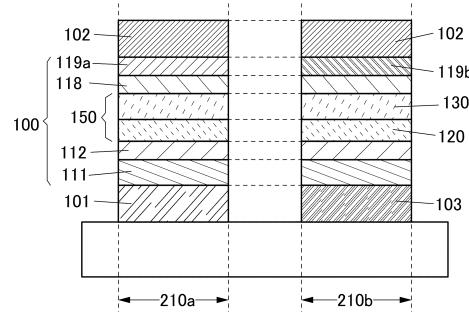
【図1】



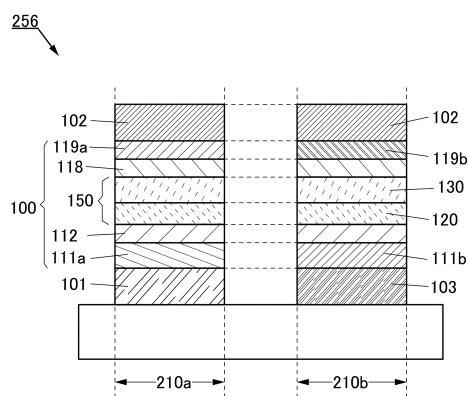
【図2】



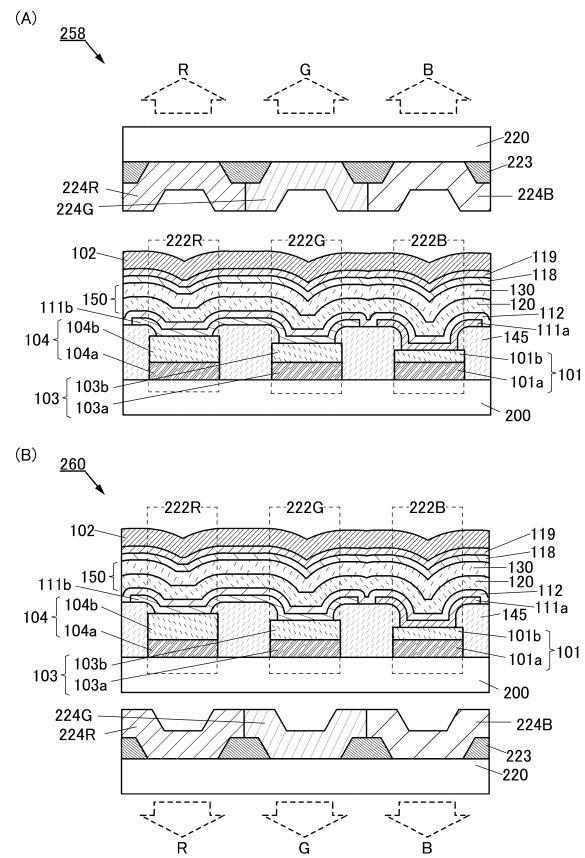
(B)



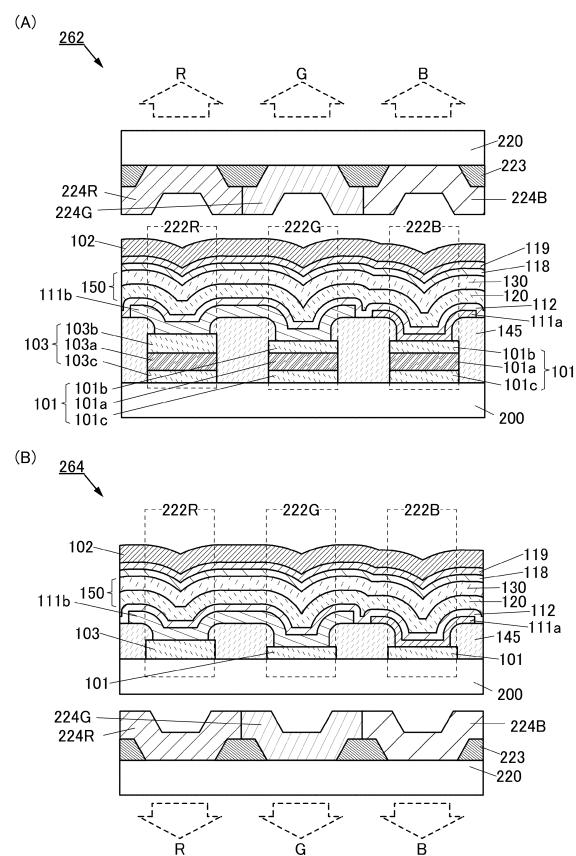
【図3】



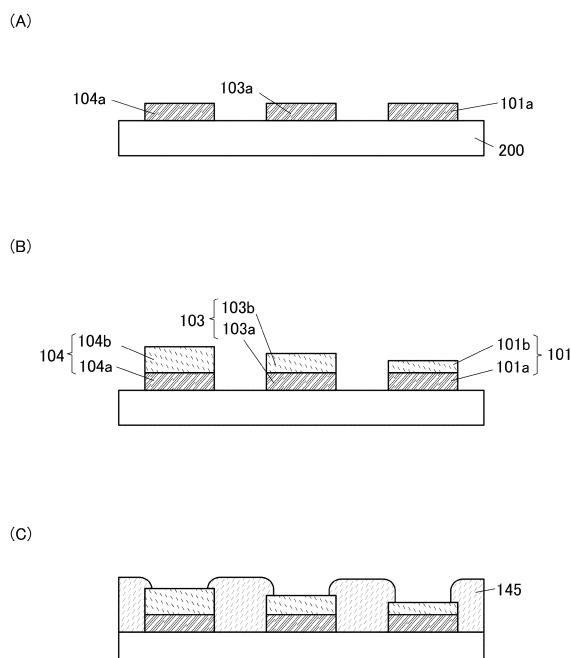
【図4】



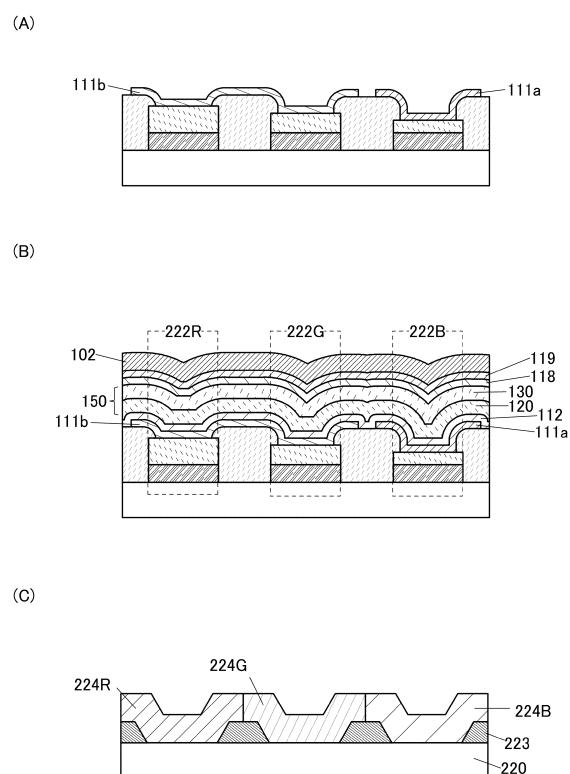
【図5】



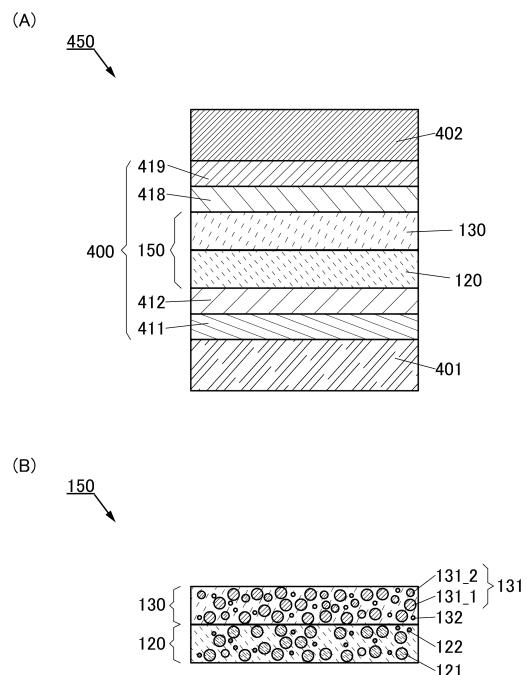
【図6】



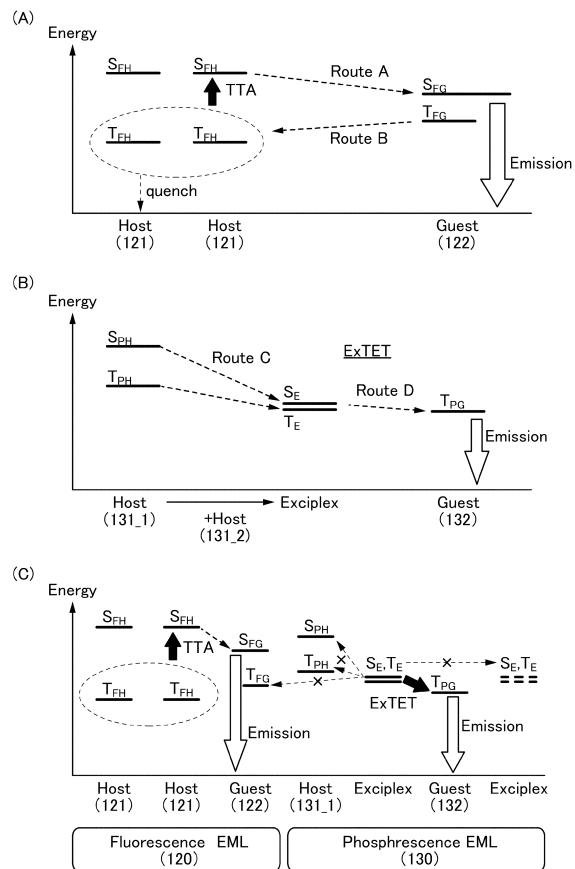
【図7】



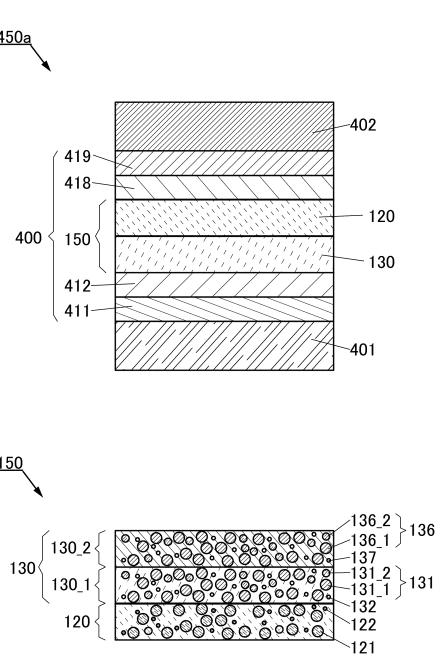
【図8】



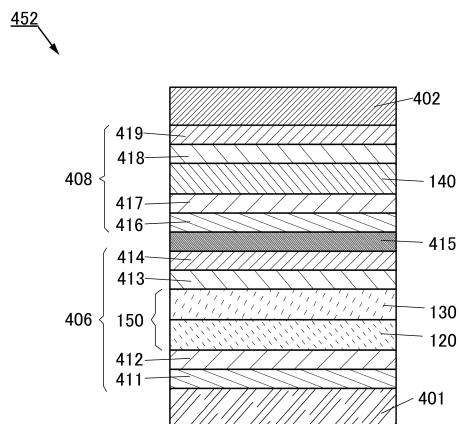
【図9】



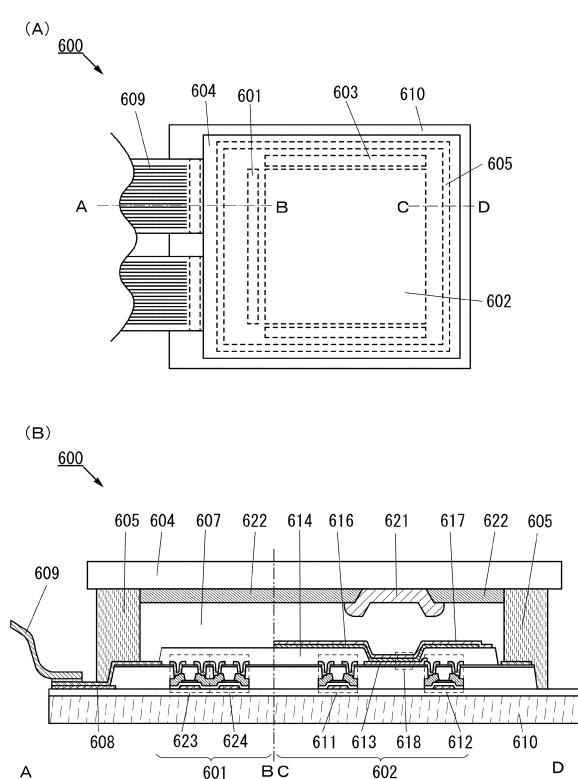
【図10】



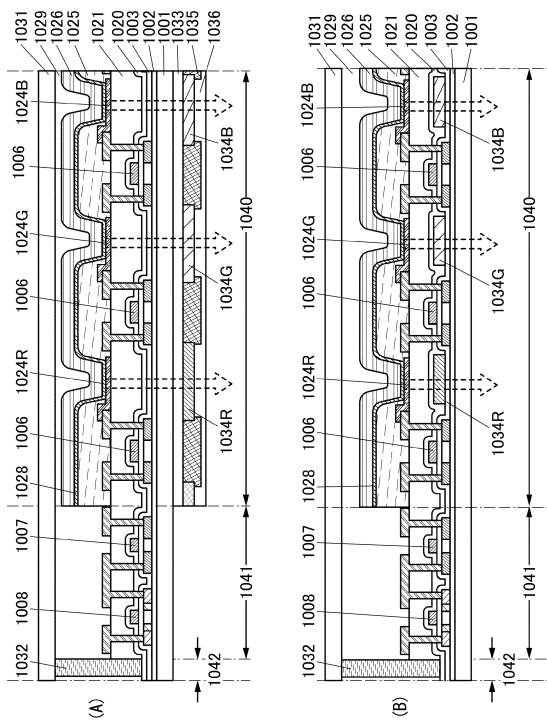
【図11】



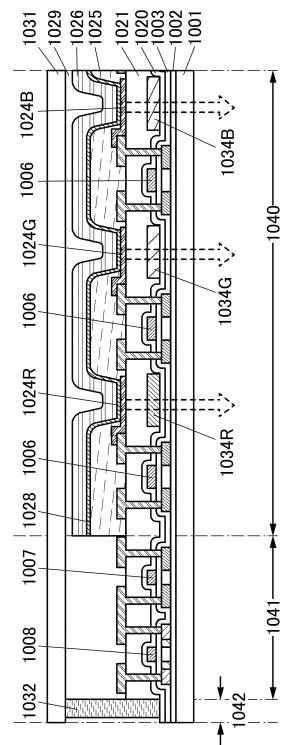
【図12】



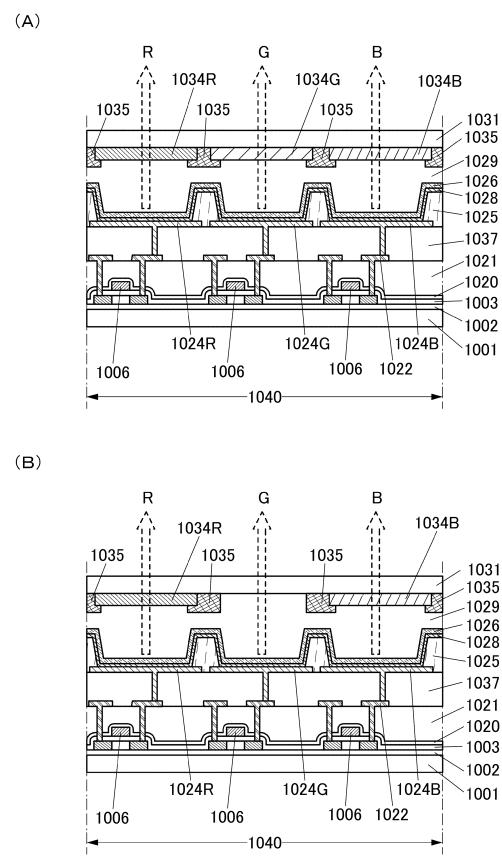
【図13】



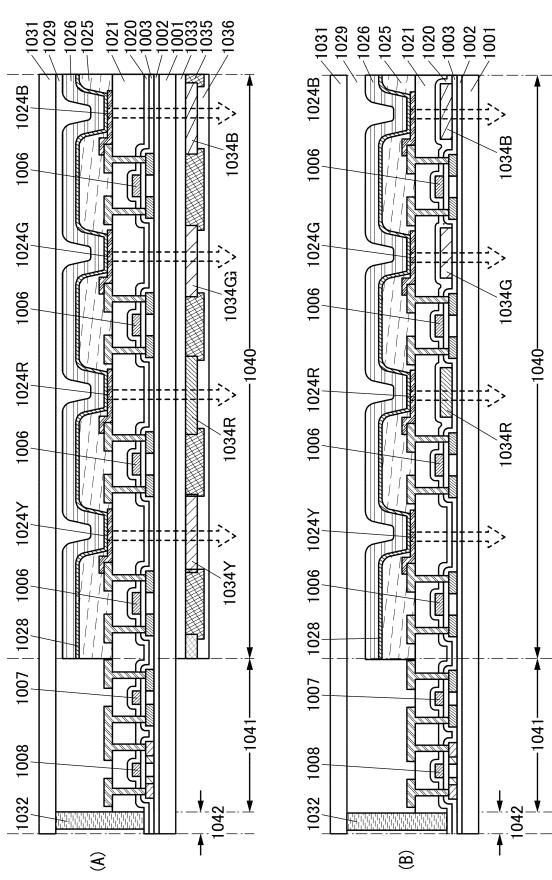
【図14】



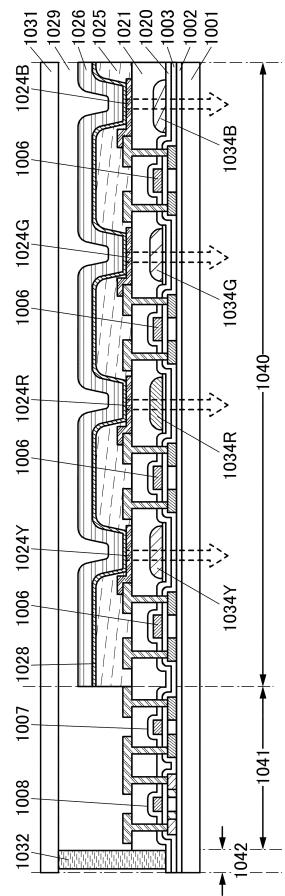
【図15】



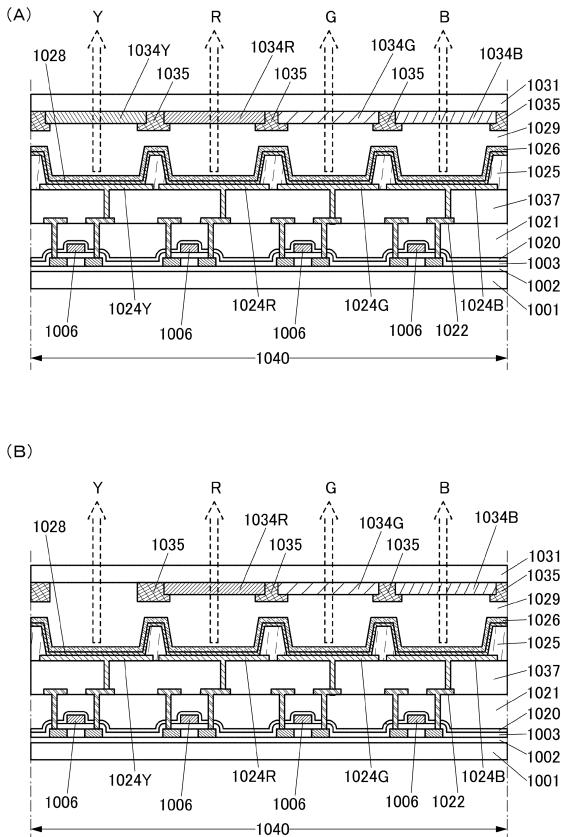
【図16】



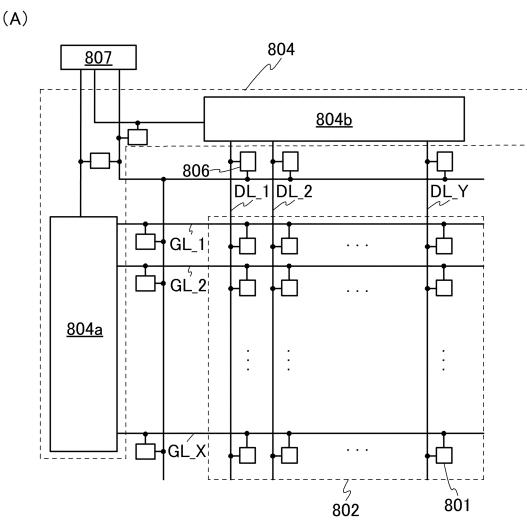
【図17】



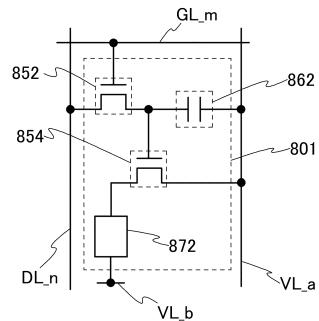
【図18】



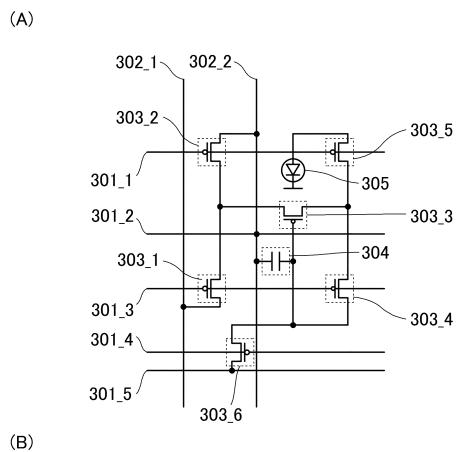
【図19】



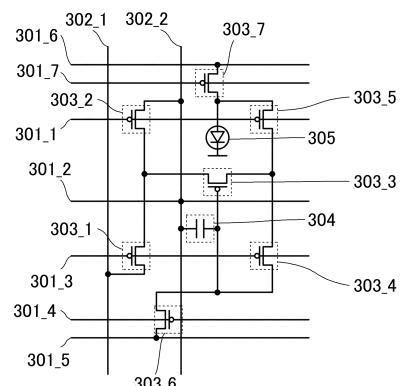
(B)



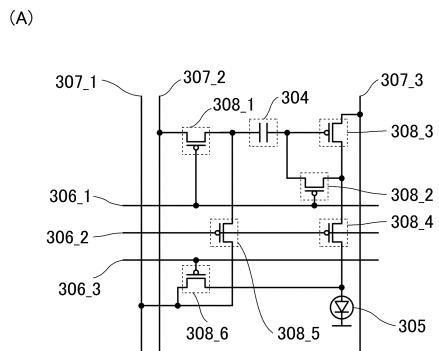
【図20】



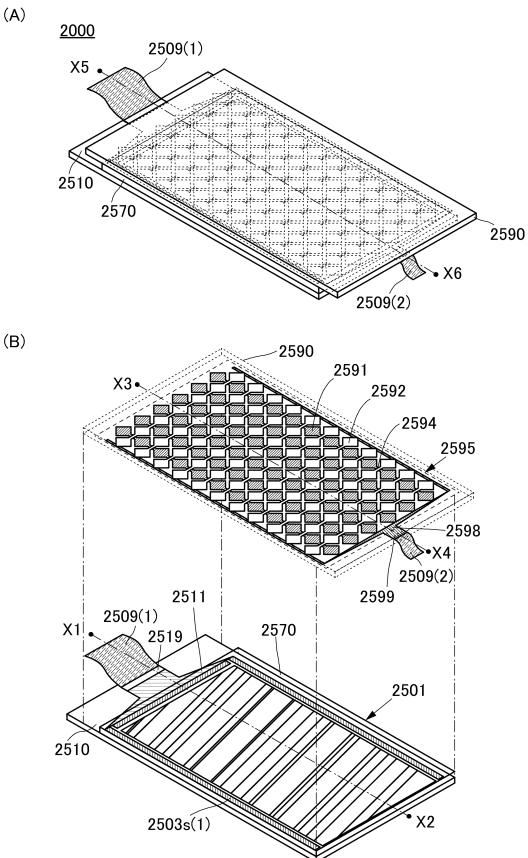
(B)



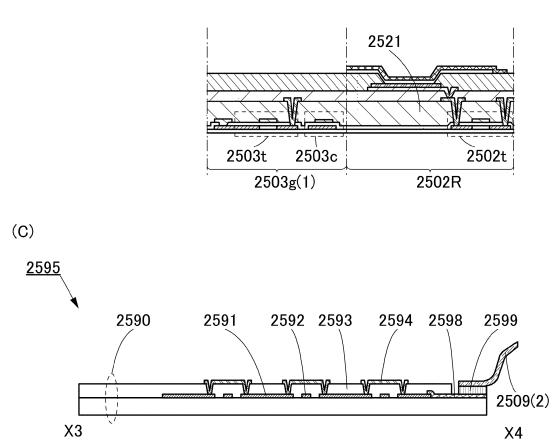
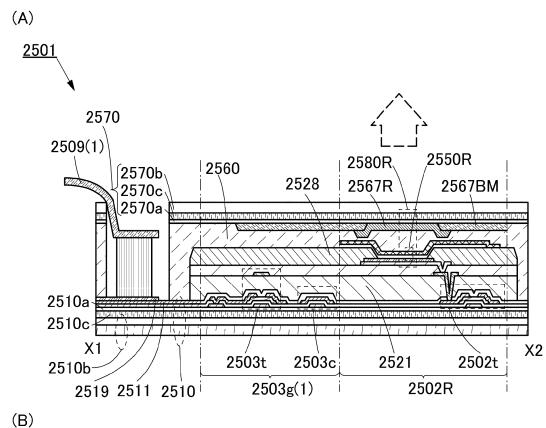
【図21】



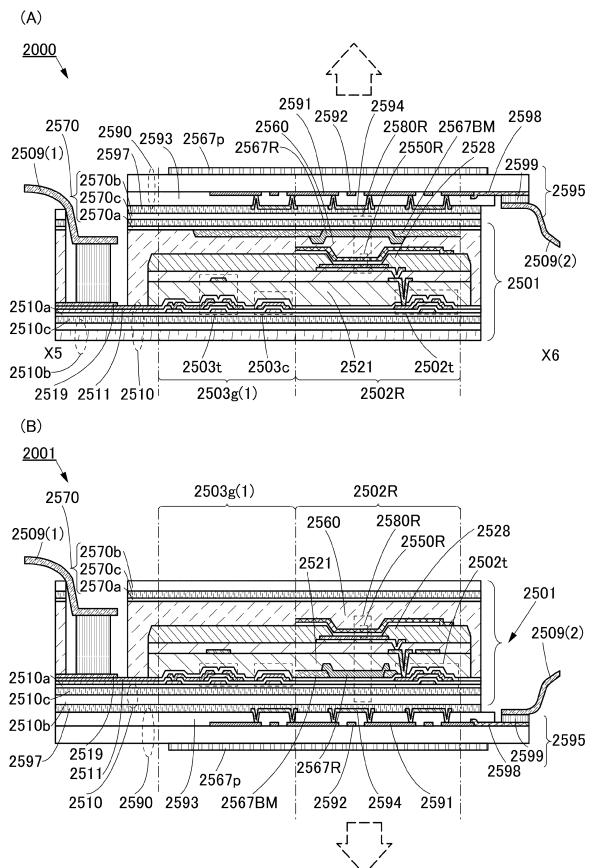
【図22】



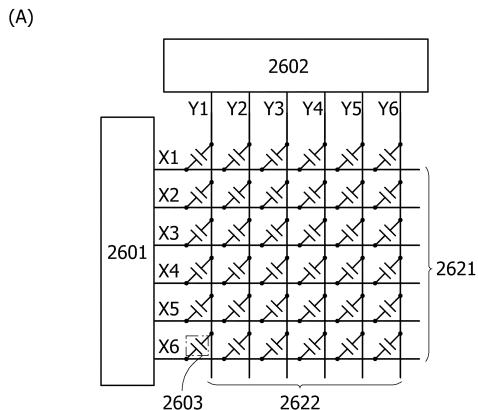
【図23】



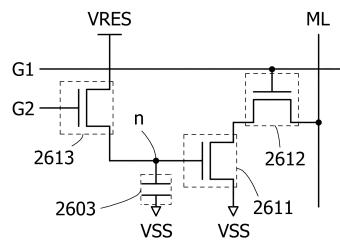
【図24】



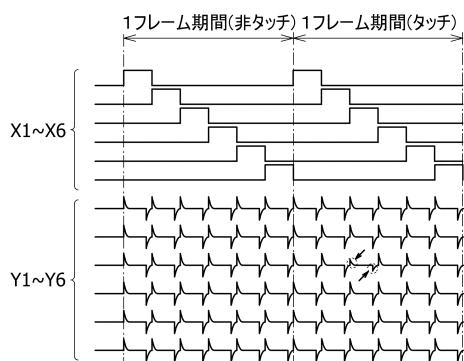
【図25】



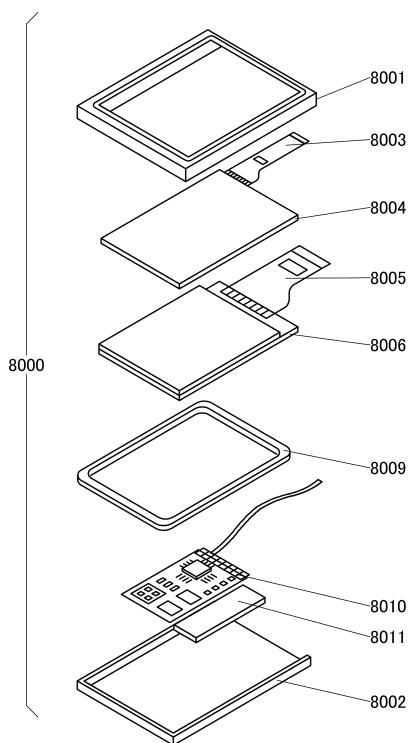
【図26】



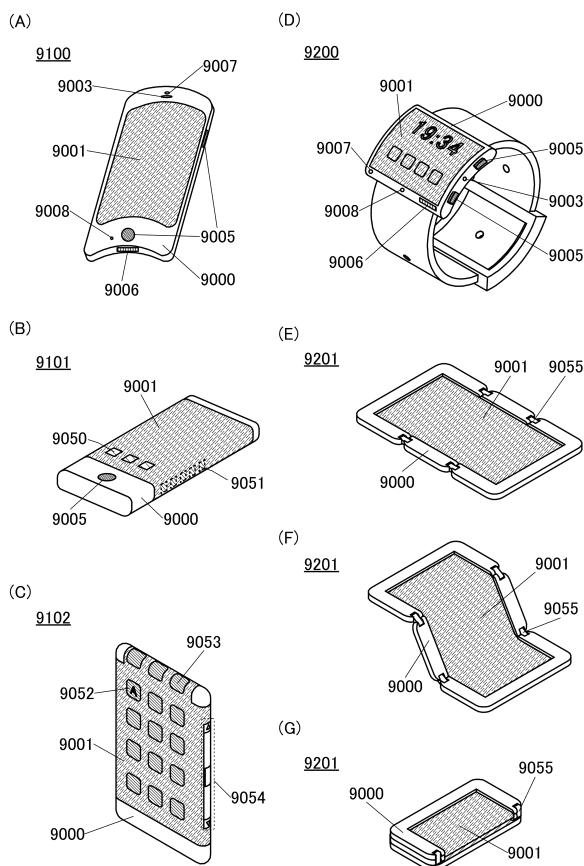
(B)



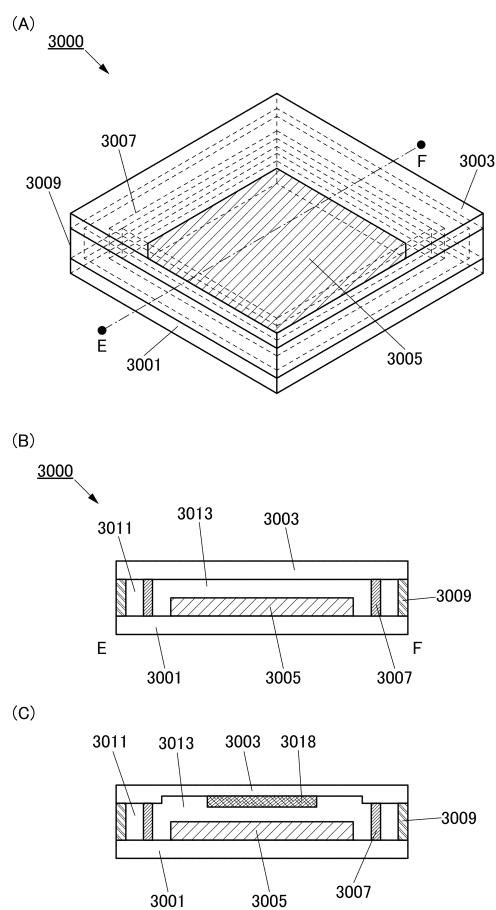
【図27】



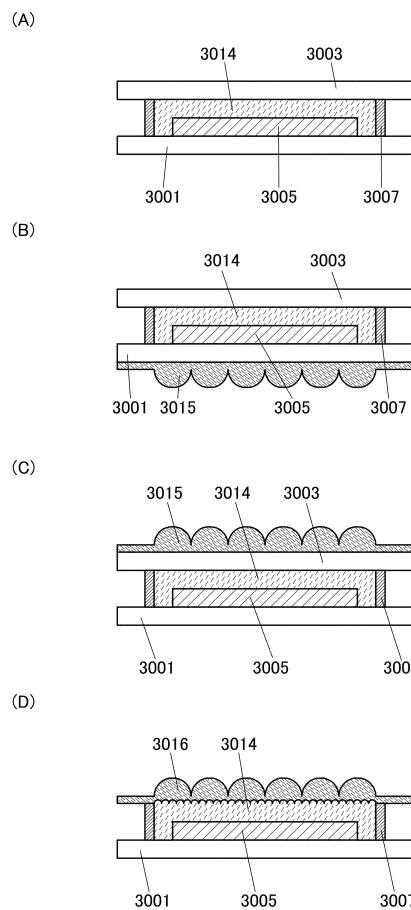
【図28】



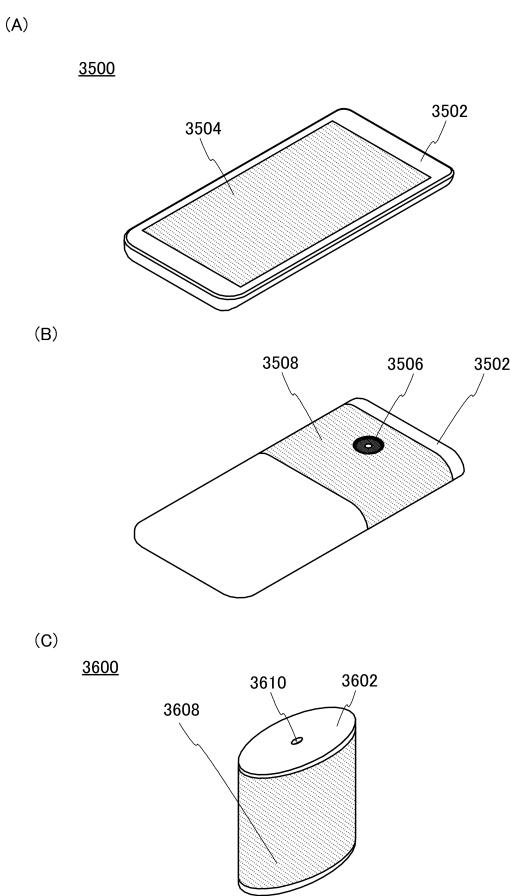
【図29】



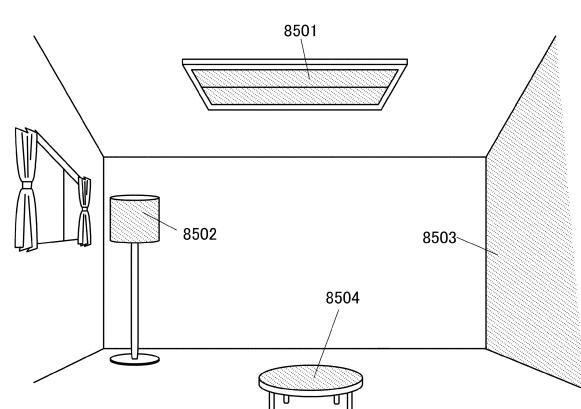
【図30】



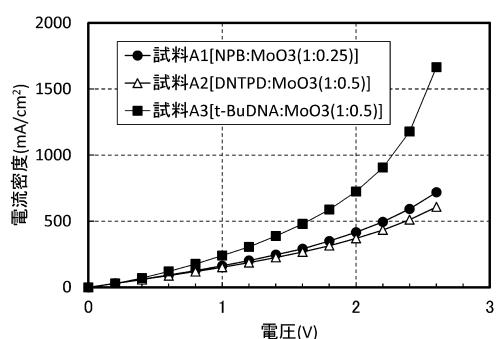
【図31】



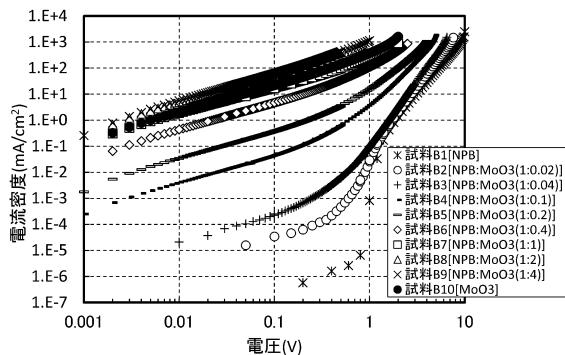
【図32】



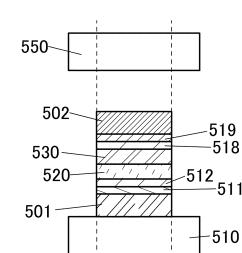
【図33】



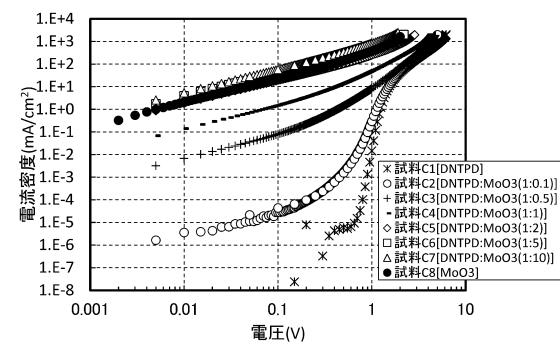
【図34】



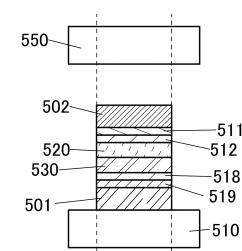
【図36】



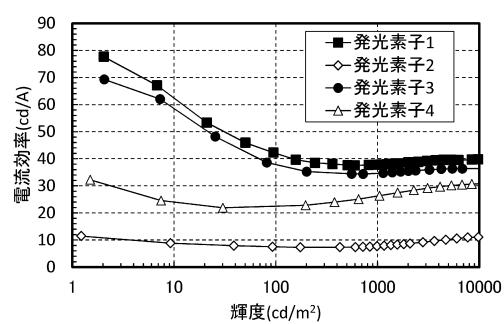
【図35】



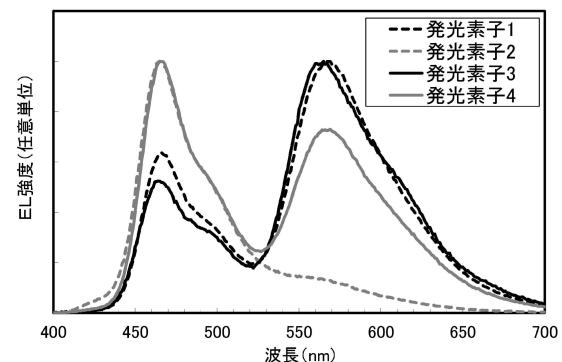
(A)



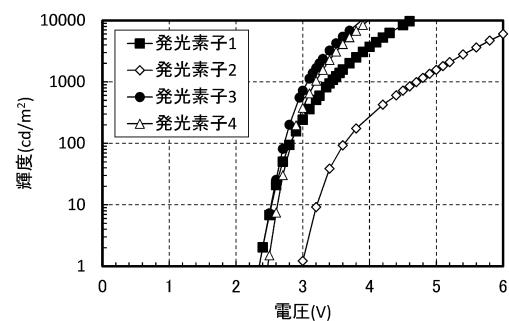
【図37】



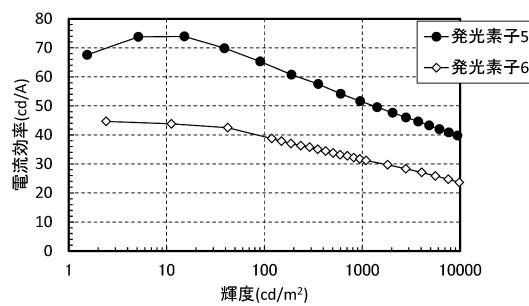
【図39】



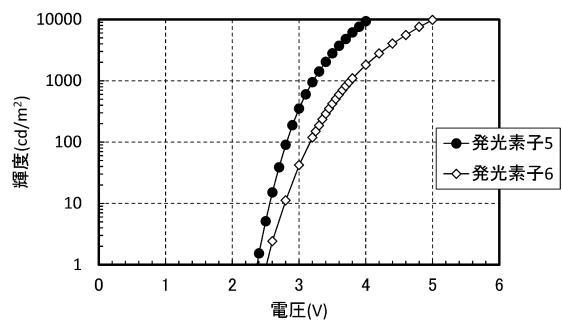
【図38】



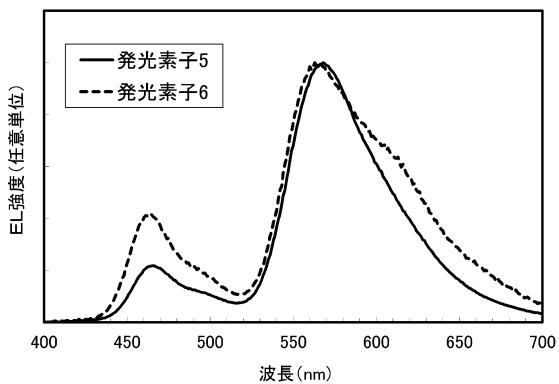
【図40】



【図4-1】



【図4-2】



---

フロントページの続き

(56)参考文献 特開2011-065992(JP,A)  
特開2011-108531(JP,A)  
特開2014-044942(JP,A)  
国際公開第2013/164647(WO,A2)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/12  
H01L 51/50  
H01L 27/32