

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2018-10867

(P2018-10867A)

(43) 公開日 平成30年1月18日(2018.1.18)

(51) Int.Cl.		F I		テーマコード (参考)
<b>HO5B 33/10</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/10		3K107
<b>HO1L 51/50</b>	<b>(2006.01)</b>	HO5B 33/14	A	

審査請求 未請求 請求項の数 6 O L (全 57 頁)

<p>(21) 出願番号 特願2017-125183 (P2017-125183)</p> <p>(22) 出願日 平成29年6月27日 (2017. 6. 27)</p> <p>(31) 優先権主張番号 特願2016-128991 (P2016-128991)</p> <p>(32) 優先日 平成28年6月29日 (2016. 6. 29)</p> <p>(33) 優先権主張国 日本国 (JP)</p>	<p>(71) 出願人 000153878 株式会社半導体エネルギー研究所 神奈川県厚木市長谷398番地</p> <p>(72) 発明者 瀬尾 哲史 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社 半導体エネルギー研究所内</p> <p>(72) 発明者 瀬尾 広美 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</p> <p>(72) 発明者 鈴木 恒徳 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</p> <p>(72) 発明者 木戸 裕允 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</p> <p style="text-align: right;">最終頁に続く</p>
--	---

(54) 【発明の名称】 発光素子の作製方法

(57) 【要約】

【課題】 発光素子の作製方法、特に、発光効率の良好な発光素子の作製方法を提供する。

【解決手段】 有機化合物又は有機金属錯体を発光材料とし、前記発光材料とホスト材料とを含む発光層を有する発光素子の作製方法であって、前記発光層は、前記発光材料と前記ホスト材料とを共蒸着することにより形成し、前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室のチャンバー内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率を大気中より大きく保ちながら蒸着を行う。

【選択図】 なし

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

有機化合物又は有機金属錯体を発光材料とし、  
前記発光材料とホスト材料とを含む発光層を有する発光素子の作製方法であって、  
前記発光層は、前記発光材料と前記ホスト材料とを共蒸着することにより形成し、  
前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率を大気中より大きく保ながら蒸着を行う発光素子の作製方法。

## 【請求項 2】

請求項 1 において、  
前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が 0.1% 以上である発光素子の作製方法。

10

## 【請求項 3】

請求項 1 又は請求項 2 において、前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室のチャンパー内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が 0.1% 以上 10% 以下である発光素子の作製方法。

## 【請求項 4】

請求項 1 乃至請求項 3 のいずれか一項において、  
前記蒸着を行う際、前記発光層が成膜される基板を冷却することを特徴とする発光素子の作製方法。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、  
前記発光層に、さらにアシスト材料を含む発光素子の作製方法。

20

## 【請求項 6】

請求項 5 において、前記発光材料がイリジウム錯体である発光素子の作製方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の一態様は、発光素子、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、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。

30

## 【背景技術】

## 【0002】

薄型軽量、入力信号に対する高速な応答性、低消費電力などのポテンシャルから、照明装置や表示装置として有機化合物又は有機金属錯体を発光物質とする発光素子（有機 EL 素子）を用いた表示装置が開発されている。

40

## 【0003】

有機 EL 素子は電極間に発光層を挟んで電圧を印加することにより、電極から注入された電子およびホールが再結合して発光物質が励起状態となり、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。発光物質が発する光のスペクトルはその発光物質特有のものであり、異なる種類の発光物質を用いることによって、様々な色の発光を呈する発光素子を得ることができる。

## 【0004】

このように発光素子を用いたディスプレイや照明装置はさまざまな電子機器に適用好適であるが、その性能にはまだまだ改善の余地がある。例えば、素子の電流効率は高めれば高いほど良いが、その内部量子効率は、蛍光、りん光共に理論限界値に到達しつつある。

50

特に蛍光発光を利用する素子に関しては三重項励起状態の利用により、その内部量子効率の理論限界値である25%以上の内部量子効率を示す素子も実現されている。

【0005】

内部量子効率の改善がなされた発光素子の電流効率をさらに向上させるためには、取出し効率の改善が必須となる。

【0006】

特許文献1は、発光物質を配向させて成膜することによって、発光方向を制御し、取出し効率を改善させた発光素子について開示している。

【先行技術文献】

【特許文献】

10

【0007】

【特許文献1】特開2012-129509号公報

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】D.ヨコヤマ、「ジャーナル オブ マテリアルズ ケミストリー (Journal of Materials Chemistry)」、21、19187 (2011)

【非特許文献2】P. Liehm、他5名、「アプライド フィジックス レターズ (Applied Physics Letters)」、101、253304 (2012)

20

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

本発明の一態様では、発光素子の作製方法、特に、発光効率の良好な発光素子の作製方法を提供することを目的とする。

【0010】

本発明の一態様は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。なお、これらの課題の記載は、他の課題の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの課題の全てを解決する必要はない。なお、これら以外の課題は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の課題を抽出することが可能である。

30

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様は、有機化合物又は有機金属錯体を発光材料とし、前記発光材料とホスト材料とを含む発光層を有する発光素子の作製方法であって、前記発光層は、前記発光材料と前記ホスト材料とを共蒸着することにより形成し、前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室のチャンパー内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率を大気中より大きく保ちながら蒸着を行う発光素子の作製方法である。

【0012】

本発明の他の一態様は、上記構成において前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室のチャンパー内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が0.1%以上である発光素子の作製方法である。

40

【0013】

本発明の一態様は、上記構成において前記発光層を成膜する際に、共蒸着を行う蒸着室のチャンパー内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が0.1%以上10%以下である発光素子の作製方法である。

【0014】

本発明の一態様は、上記構成において、蒸着を行う際に前記発光層が成膜される基板を冷却しながら行う発光素子の作製方法である。

【0015】

50

本発明の他の一態様は、上記構成において前記発光層に、さらにアシスト材料を含む発光素子の作製方法である。

【0016】

本発明の他の一態様は、上記構成において、前記発光材料がイリジウム錯体である発光素子の作製方法である。

【発明の効果】

【0017】

本発明の一態様では、発光素子の作製方法、特に、発光効率の良好な発光素子の作製方法を提供することができる。

【0018】

本発明の一態様は上述の効果のうちいずれか一を奏すればよいものとする。なお、これらの効果の記載は、他の効果の存在を妨げるものではない。なお、本発明の一態様は、必ずしも、これらの効果の全てを有する必要はない。なお、これら以外の効果は、明細書、図面、請求項などの記載から、自ずと明らかとなるものであり、明細書、図面、請求項などの記載から、これら以外の効果を抽出することが可能である。

【図面の簡単な説明】

【0019】

【図1】蛍光発光素子の外部量子効率算出フローを表す図。

【図2】遷移双極子の向きと観測角度による発光強度変化を表す図。

【図3】発光素子の概念図。

【図4】発光素子の作製方法の一例を表す図。

【図5】発光素子の作製装置の一例を表す図。

【図6】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図7】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図8】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図9】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図10】照明装置を表す図。

【図11】電子機器を表す図。

【図12】光源装置を表す図。

【図13】照明装置を表す図。

【図14】照明装置を表す図。

【図15】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図16】電子機器を表す図。

【図17】電子機器を表す図。

【図18】表示パネルの構成例を説明する図。

【図19】表示パネルの構成例を説明する図。

【図20】発光素子1の外部量子効率-輝度特性。

【図21】発光素子1-1の検出器の角度( )に対するEL発光スペクトル面積強度(実測及び計算)を表す図。

【図22】発光素子1-1のEL発光スペクトルの角度依存性を測定した2D等高線図。

【図23】発光素子1-1の計算により得られた2D等高線図。

【図24】発光素子2の外部量子効率-輝度特性を表す図。

【図25】発光素子2-1の検出器の角度( )に対するEL発光スペクトル面積強度(実測及び計算)を表す図。

【図26】発光素子2-1のEL発光スペクトルの角度依存性を測定した2D等高線図。

【図27】発光素子2-1の計算により得られた2D等高線図。

【図28】測定用発光素子の概念図。

【図29】発光スペクトルの角度依存性測定方法を説明する図。

【図30】発光素子1-1の発光層蒸着時の全圧と二酸化炭素分圧に対するQ-MASS測定データ。

10

20

30

40

50

【図31】発光素子2-1の発光層蒸着時の全圧と二酸化炭素分圧に対するQ-MASS測定データ。

【発明を実施するための形態】

【0020】

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

【0021】

蛍光発光を呈する有機EL素子の、キャリア再結合から発光までの過程を図1を用いて説明する。まず、有機EL素子に電圧を印加すると、陽極からはホールが、陰極からは電子がそれぞれEL層へ注入される。注入されたキャリア（ホール及び電子）はEL層内を発光層に向かって輸送され、ある位置において相対することによって再結合が起こる。この再結合が起こる割合をキャリアバランス（ $\chi$ ）という。キャリアが再結合したエネルギーによって、有機材料が励起されるが、その励起子の生成割合は一重項励起子1に対し、三重項励起子3となる。この割合のことを一重項励起子生成割合（ $\alpha$ ）と称する。発光材料で生成した一重項励起子は、有機化合物の蛍光量子収率（ $\gamma$ ）に従い発光し、それ以外の有機化合物で生成した一重項励起子は、発光材料へのエネルギー移動を経て $\gamma$ に従い発光する。このように発光した光が発光素子の外部で観測される割合が、当該有機EL素子の光取出し効率（ $\mu_{ext}$ ）となり、蛍光発光素子の外部量子効率（ $\mu_{ext}$ ）は、キャリアバランス（ $\chi$ ）、一重項励起子生成割合（ $\alpha$ ）、蛍光量子収率（ $\gamma$ ）、光取出し効率（ $\eta$ ）の積となり、下記式（1）で表される。

【0022】

【数1】

$$\text{外部量子効率}(\mu_{ext}) = \chi \cdot \Phi_f \cdot \alpha \cdot \gamma \cdots \text{式(1)}$$

【0023】

このうち、 $\eta$ は発光材料特有の値であり発光材料ごとに決まった値がある。また、 $\eta$ は積層構造のEL素子ではほぼ1と仮定する事ができる。そのため、同一材料を用いた場合、素子構造によって発光効率の向上を見込める項は、光取出し効率（ $\eta$ ）と、一重項励起子生成割合（ $\alpha$ ）の二つになる。

【0024】

一重項励起子生成割合 $\alpha$ は、三重項励起子を一重項励起子にアップコンバージョンする三重項-三重項消滅（triplet-triplet annihilation:TTA）などの機構が存在すれば向上させることができる。

【0025】

光取出し効率（ $\eta$ ）は、発光装置の構造や積層などにも関わってくるが、ガラス基板上の有機EL素子においては、通常、20%~30%であると言われている。しかし、これは発光が等方的であることを仮定しているため、発光に異方性が生じていれば、この値は変化する。

【0026】

発光材料の発光は、分子の遷移双極子に対して垂直方向に生じることがわかっているため、分子の配向状態を制御すれば取出し効率（ $\eta$ ）を向上させることが可能である。

【0027】

非晶性の有機薄膜における分子の配向状態の評価方法としては、分光エリプソメトリーを用いる方法がある。これは、有機材料の屈折率（ $n$ ）、消衰係数（ $k$ ）を測定することで大まかな値が解析できる。実際に、発光素子に用いられる材料のうち、長い線状分子や、面状に広がった分子においては、薄膜面に平行な分子配向が存在することが報告されている（非特許文献1参照）。

10

20

30

40

50

## 【0028】

しかし、実際の発光素子は、有機薄膜を多層積層して構成されており、また、発光材料はホスト材料中に少量分散されている状態である。そのため、実際の発光素子では発光材料の消衰係数 ( $k$ ) を精度よく求めることができず、発光材料が発光層内で 10 wt % 以下の濃度である場合には、上記方法によって分子配向を調べることは困難である。

## 【0029】

そこで、本発明者らは、素子の発光状態から分子配向を見積もる方法を採用した。当該発光素子の発光強度の放射角度依存性 (空間発光パターン) は発光材料の平均的な遷移双極子の向きを反映する。この空間分布を解析できれば発光素子の配向状態を調べることができる。この方法では、発光素子の発光そのものを観測し、解析するため、発光材料が発光していればその濃度が薄い状態であっても、発光層内で発光材料がどのような配向状態にあるのか調べることが可能となる。

10

## 【0030】

実際には、測定した発光強度の角度依存性と、デバイスシミュレータで発光分子の配向を表すパラメータ  $a$  (下記式 (2) 参照) を仮定して算出される発光強度の角度依存性の計算値とを比較することで、妥当な分子配向パラメータ  $a$  の数値を見積もり、発光素子における発光物質の配向状態を調べることができる (非特許文献 2 参照)。なお、本発明者らは、デバイスシミュレータから得られる発光スペクトルの形状にも着目し、発光スペクトル形状、および角度による発光スペクトルの形状変化についても実測と計算値を比較し、合わせこみを行っている。また、実測およびシミュレーションにおける発光強度としては、ある特定波長の発光強度ではなく、発光スペクトルの面積強度を用いている。本発明者らが新たに適用したこれらの手法により、非特許文献 2 とは異なり、精度の高いパラメータ  $a$  の見積もりが可能となっている。

20

## 【0031】

次に、分子配向パラメータ  $a$  について説明する。図 2 は発光強度の空間分布の測定における測定器の観測方向 150 と、基板上的の互いに直交する各遷移双極子の成分との関係を示している。図に示す通り、発光層内の発光材料における平均的な遷移双極子からの発光 (すなわち発光素子から実際に観測される発光) を互いに直交する  $x$  軸方向の成分 (TEh 成分)、 $y$  軸方向の成分 (TMh 成分)、 $z$  軸方向の成分 (TMv 成分) の各遷移双極子からの発光の寄与に分解している。別言すれば、 $x$  軸、 $y$  軸および  $z$  軸方向の 3 通りの遷移双極子の配向がある比率で存在することを仮定しており、この場合、各遷移双極子からの発光の足し合わせで発光素子の発光パターンが決定されることになる。以下で述べるとおり、その比率に関係するパラメータが  $a$  である。

30

## 【0032】

ここで、上述したように分子からの発光は、遷移双極子モーメントに対して垂直な方向 (垂直な面内のいずれかの方向) に放出されることがわかっている。上記三方向に分割した成分のうち、TEh 成分と、TMh 成分 ( $x$  軸方向および  $y$  軸方向 151) は基板面に水平な遷移双極子であるため、その発光方向は基板に対して垂直となり、取り出しやすい発光を呈する成分であると言える。一方、TMv 成分 ( $z$  軸方向 152) は基板面に垂直な遷移双極であることから、その発光方向は基板に対して水平となり、取り出しにくい発光を呈する成分である。

40

## 【0033】

図 2 中、各成分の遷移双極子の配向を表す矢印の中央から出ている図形は、検出器の方向を基板正面 ( $= 0$  度) から基板とほぼ水平 ( $= 90$  度) まで変えたときに、その方向にある検出器に入る発光強度を示した模式図であり、中心からの直線距離が強度に比例する。

## 【0034】

TEh 成分は、光が放出される方向に検出器が存在するため、基板の角度を変えても検出される光の強度 (つまり、図中矢印の中心から出ている図形の矢印中心からの直線距離) は一定であり、図中矢印の中心から出ている図形はきれいな扇形を示す。一方、TMh 成

50

分と  $TM_v$  成分における図中矢印の中心から出ている図形はゆがんだ形をしており、基板に対する検出器の角度  $\theta$  によって検出される光の強度が大きく変わることを表している。図の通り、 $TM_h$  成分は  $\theta$  が小さい領域（基板に対して正面寄り）での観測で強度が強く、 $TM_v$  成分は  $\theta$  が大きい領域（基板に対し角度が付いた方向）での観測で強度が強くなる。このとき、測定器で測定する発光強度（ある角度  $\theta$  での波長  $\lambda$  に関する発光強度： $I_{TM}(\theta, \lambda)$ ）は式（2）として表すことができる。

【0035】

【数2】

$$I_{\lambda}(\theta, \lambda) = a \cdot I_{TMv} + (1 - a) \cdot (I_{TMh} + I_{TEh}) \quad \dots \text{式(2)}$$

10

【0036】

式中  $I_{TMv}$ 、 $I_{TMh}$ 、 $I_{TEh}$  は、図2で示した配置の遷移双極子から発した光の空間強度分布を表しており、式中  $a$  は基板面に垂直配置された遷移双極子（ $TM_v$  成分）が存在する割合を表している。一方、 $1 - a$  は基板面に水平に配置された遷移双極子（ $TM_h$  成分、 $TE_h$  成分）が存在する割合を表す。つまり、 $a$  は発光分子の遷移双極子の配向を表すパラメータとみることできる。

【0037】

なお、式中  $a$  は、遷移双極子が基板面に対して完全に水平方向にのみ配置されていれば、 $TM_v$  成分はなくなるので  $a = 0$  となる。一方、遷移双極子が基板面に対して垂直方向にのみ配置されていれば  $a = 1$  となる。また、遷移双極子の向きがランダムである場合は、遷移双極子の各成分の比率は、 $x$  軸、 $y$  軸、 $z$  軸に対して  $1 : 1 : 1$  と等方的になると考えられるため、基板に垂直な成分（ $TM_v$  成分）に対する基板に水平な成分（ $TM_h$  成分及び  $TE_h$  成分）は  $1 : 2$  となるので、 $a = 1 / 3$ （約  $0.33$ ）となる。

20

【0038】

ここで、上述のように  $I_{TEh}$  は角度によらずその強度は一定だが、 $I_{TMv}$ 、 $I_{TMh}$  は上述のように計測器に対する基板の角度（ $\theta$ ）によってその大きさを変えるため、 $a$  を変えて発光強度を測定することによって、その強度の  $\theta$  に対する変化より  $a$  の値を求めることができる。

【0039】

なお、その際、角度によってその強度が変わらない  $I_{TEh}$  は測定の妨げとなる。しかし、放出される光の電場の振幅方向は、遷移双極子モーメントの方向と同じとなることから、 $I_{TEh}$  は  $S$  波、 $I_{TMv}$ 、 $I_{TMh}$  は  $P$  波となることを利用し、 $S$  波をカットするように直線偏光子を基板と検出器との間に挿入することで  $TE_h$  成分を除いて測定することが可能となる。

30

【0040】

また、 $TM_v$  成分と  $TM_h$  成分とを比較すると、 $TM_h$  成分の発光方向が主として基板に垂直方向、 $TM_v$  成分の発光方向が主として基板面に水平方向であるが、固体からの発光を得る発光素子においては  $TM_v$  成分の発光の多くは全反射してしまい、外部に取り出すことができない。一方、 $TM_h$  成分の発光は  $TM_v$  成分に比べ、より外部に取り出されやすい。さらに、光学的に膜厚が最適化された発光素子においては、発光方向が主として基板に垂直方向である  $TM_h$  成分の発光が干渉によって強められるため、 $TM_h$  成分の発光強度が高くなる（それゆえ発光効率が最大化される）。つまり、配向パラメータ  $a$  が極端に  $1$  に近い値でない限り、光学的に膜厚が最適化された素子においては、 $TM_v$  成分と  $TM_h$  成分の発光強度に非常に大きな差が発生してしまう。光学的に膜厚が最適化された素子、つまり、発光効率が最大化された発光素子においては、観測される発光のほとんどが  $TM_h$  成分である。このように、 $TM_v$  成分と  $TM_h$  成分の発光強度の差が大きい場合、その強度が小さい方（この場合は  $TM_v$  成分）の寄与を発光強度の角度分布から実験的に抽出することは困難である。

40

【0041】

そこで、本実施の形態では、干渉効果を利用して基板正面方向の発光強度を極力抑える（

50

つまり、TMh成分の発光を光学干渉を利用して極力低下させる)ことで、TMh成分のTMv成分の比、すなわちパラメータaの値を求めやすいように、膜厚調整を行った素子を用いて測定を行う。具体的には発光領域と陰極との距離を2分のn (n/2)とすることで、基板正面方向の輝度を弱めた素子を用いる。膜厚調整は、通常アルカリ金属を添加した電子輸送層を厚膜化することなどにより行うが、膜の導電性に限界があることから、駆動電圧の上昇や、キャリアバランスの崩れなどを招きやすい。そのため、この膜厚調整には、正孔輸送性材料と、当該正孔輸送性材料にアクセプタ性を示す材料を含有させた複合材料を用いることが好ましい。複合材料はEL層における正孔注入層に用いることが好ましい。または、電子注入層と陰極の間に用いても良い。

#### 【0042】

複合材料に用いる正孔輸送性材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物(オリゴマー、 dendリマー、ポリマー等)など、種々の有機化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性の物質としては、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。以下では、複合材料における正孔輸送性材料として用いることのできる有機化合物の例を具体的に列挙する。

#### 【0043】

複合材料に用いることのできる正孔輸送性材料としては、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: DTDPPA)、4, 4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]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)等の芳香族アミン化合物、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzPCA1)、3, 6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzPCA2)、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール(略称: PCzPCN1)、4, 4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル(略称: CBP)、1, 3, 5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン(略称: TCPB)、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CzPA)、1, 4-ビス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]-2, 3, 5, 6-テトラフェニルベンゼン等のカルバゾール誘導体、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: t-BuDNA)、2-tert-ブチル-9, 10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9, 10-ビス(3, 5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称: DPPA)、2-tert-ブチル-9, 10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン(略称: t-BuDBA)、9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称: DNA)、9, 10-ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、2-tert-ブチルアントラセン(略称: t-BuAnth)、9, 10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン(略称: DMNA)、2-tert-ブチル-9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、9, 10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ(2-ナフチル)アントラセン、9, 9'-ピアントリル、10, 10'-ジフェニル-9, 9'-ピアントリル、10, 10'-ビス(2-フェニルフェニル)-9, 9'-ピアントリル、10, 10'-ビス[(2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル)フェニル]-9, 9'-ピアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン等の芳香族炭化水素が挙げられる。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。ビニル骨格を有する芳香族炭化水素であってもよく、ビニル骨格を有している芳香族炭化水素と

10

20

30

40

50



しては、例えば、4, 4' - ビス(2, 2 - ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: DPVBi)、9, 10 - ビス[4 - (2, 2 - ジフェニルビニル)フェニル]アントラセン(略称: DPVPA)等が挙げられる。

#### 【0044】

なお、特に、正孔輸送性材料として、4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオフェン(略称: DBTFLP - IV)、1, 3, 5 - トリ(ジベンゾチオフェン - 4 - イル) - ベンゼン(略称: DBT3P - II)、4, 4' - (ビフェニル - 2, 2' - ジイル) - ビス - ジベンゾチオフェン(略称: oDBTBP - II)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: DBTFLP - III)、4 - [3 - (トリフェニレン - 2 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: mDBTPTp - II)、3, 6 - ジ - (ジベンゾチオフェン - 4 - イル) - 9 - フェニル - 9H - カルバゾール(略称: DBT2PC - II)、4 - [3 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: 2mDBTTPPA - II)、4 - [3 - (9, 10 - ジフェニル - 2 - アントリル)フェニル]ジベンゾフラン(略称: 2mDBFP - II)及び4 - [4 - (9 - フェニルアントラセン - 10 - イル)フェニル]ジベンゾチオフェン(略称: mDBTPA - II)等のジベンゾチオフェン誘導体又はジベンゾフラン誘導体、及び、1 - [3, 5 - ジ(ナフタレン - 1 - イル)フェニル]ナフタレン(略称: N3P)、9 - [3, 5 - ジ(フェナントレン - 9 - イル)フェニル]フェナントレン(略称: Pn3P)、1, 2, 3, 4 - テトラフェニルナフタレン(略称: P4N)、2 - [3, 5 - ジ - (ナフタレン - 2 - イル) - フェニル] - ナフタレン(略称: N3P)及び9, 9' - (ビフェニル - 3, 3' - ジイル) - ジ - フェナントレン(略称: mPnBP)等のナフタレン骨格、フェナントレン骨格、又はトリフェニレン骨格に置換基が結合した、分子量が350以上2000以下である炭化水素化合物を用いた複合材料は、可視光領域から近赤外領域にかけて吸収が無い為、当該複合材料を用いて作製した発光素子を測定した結果は、計算結果と良い一致を示し、精度良くaの値を求めることができる。

10

20

#### 【0045】

また、ポリ(N - ビニルカルバゾール)(略称: PVK)やポリ(4 - ビニルトリフェニルアミン)(略称: PVTPA)、ポリ[N - (4 - {N' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル - N' - フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド](略称: PTPDMA)、ポリ[N, N' - ビス(4 - プチルフェニル) - N, N' - ビス(フェニル)ベンジジン](略称: Poly - TPD)等の高分子化合物を用いることもできる。

30

#### 【0046】

アクセプタ性物質としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン(略称: F<sub>4</sub> - TCNQ)、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、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。

40

#### 【0047】

当該複合材料は、導電性が高いため、厚膜化しても駆動電圧の上昇が起きにくく、キャリアバランスも保てるという利点がある。

#### 【0048】

なお、このように、測定には、一部特別な構造を有する発光素子を用いるが、発光層の構成は通常発光素子と同様に形成するため、配向の評価結果は同様の発光層の構成を有する発光素子の配向状態にも適用できる。

#### 【0049】

50

このような発光素子を実際にEL発光させ、直線偏光子を基板に垂直方向に挿入して発光強度角度依存性を測定する。発光強度は、ある一波長における強度として表しても良いが、本発明の一態様においては発光スペクトル強度を積分した値で表す方がより正確な検証を行うことができ、好ましい。

【0050】

この実験値を有機デバイスシミュレータ (semiconducting emissive thin film optics simulator: setfos; サイバネットシステム株式会社) による計算結果と比較することで、当該発光素子におけるaの値を求めることができる。当該計算においては、発光材料のスペクトル形状、積層構造の膜厚、屈折率、消衰係数、および発光領域の位置・幅を入力することで、入力した任意のaの値において、角度に対する発光強度 (スペクトル) を算出することができる。

10

【0051】

なお、計算を行う際には発光領域の位置を決定しなければならないが、発光領域の位置は測定できないため、想定で行う。発光領域の位置は、発光層のキャリア輸送性等から経験的に想定できるが、膜厚方向の一か所に固定するより、最も再結合確率の高いと思われる発光位置 (例えば発光層の電子輸送性が正孔輸送性よりも高ければ、正孔輸送層\発光層界面近傍) をまず固定し、その位置から指数関数的に再結合確率が減少するような発光領域の広がりがあると仮定して計算を行うと、実測に近いスペクトル形状の良好な計算結果を得ることができる。

【0052】

本発明者らは、発光素子において、上記方法により算出したaの値を0.2以下、好ましくは0以上0.2以下とすることで、非常に発光効率の良好な発光素子を得ることができるを見出した。

20

【0053】

ここで、各配向状態における光取出し効率を考える。遷移双極子モーメントがランダム配向 ( $a = 1/3 \sim 0.33$ ) しているときに比べ、完全に基板に対して水平に配向 ( $a = 0$ ) しているときは、ランダム配向時に基板に垂直だった3分の1の分子の遷移双極子モーメントが水平状態となる。そのため、基板面に水平な遷移双極子モーメントの割合はランダム配向時の1.5倍となる。

【0054】

ここで、先に述べた通り、最適化された発光素子において観測される発光は、そのほとんどが水平配向した分子から放出される発光成分に由来しており、垂直配向している分子から放出される発光 (すなわちTMV成分) は相対的に無視できるほど微弱である。このため、ランダム配向である場合、3分の1の分子からの発光は実質的に取り出されていないと考えることができる。一方、aが0である場合は、上述のように基板に水平な遷移双極子モーメントの割合がランダム配向である場合の1.5倍となるため、観測される発光に寄与する分子の割合も概略1.5倍となり、発光の取出し効率も概略1.5倍となる。

30

【0055】

このように、本発明の一態様の発光素子は、発光層のaの値が0.2以下であることによって、ランダム配向である場合と比較してより外部に取り出すことが可能な発光が増え、外部量子効率の良好な発光素子を提供することができる。なお、aの値が0.2である場合、水平配向の遷移双極子モーメントの割合はランダム配向の1.2倍となり、1.2倍の取出し効率を実現する。

40

【0056】

なお、発光素子の電極は基板に水平に設けられるため、基板に水平な遷移双極子モーメントは、発光素子の第1の電極又は第2の電極にも水平であるということができる。

【0057】

なお、ここまで説明は発光材料が蛍光発光物質である蛍光発光素子を例に挙げて説明してきたが、もちろん、発光材料がりん光発光物質である場合にも適用することができる。発光材料がりん光発光物質であることにより、非常に良好な発光効率を呈する発光素子を得

50

ることができる。なお、りん光発光物質は、イリジウム錯体であることが好ましい。aの値が0.2以下である発光層を有する発光素子であることによって、りん光発光素子においては外部量子効率25%以上の良好な効率を示す発光素子を提供することが容易となる。また、発光材料の燐光量子収率が非常に高ければ(例えば0.84以上好ましくは0.9以上であれば)、外部量子効率30%以上の、理論限界を超えた外部量子効率を呈する非常に良好な効率を示す発光素子を提供することも可能である。また、りん光発光素子では発光層にホスト材料、発光材料の他に第3の物質を含有させ、ホスト材料と第3の物質が励起錯体を形成するような構成が、エネルギー移動の効率化や、駆動電圧の低減等の効果があるために好ましい構成である。

#### 【0058】

発光材料が蛍光発光材料である場合は、当該発光材料は、縮合芳香族炭化水素骨格を含む物質であることが分子配向の為に好ましい。aの値が0.2以下である発光層を有する発光素子であることによって、取出し効率が1.2倍以上となるため、蛍光発光素子においては、発光材料の蛍光量子収率が非常に高ければ(例えば0.84以上好ましくは0.9以上であれば)、外部量子効率7.5%以上の、理論限界を超えた外部量子効率を有する良好な効率を示す発光素子を提供することも可能である。さらに、TTA等の機構を同時に有することで外部量子効率10%以上の非常に良好な効率を示す発光素子を提供することも可能となる。TTAを同時に有する発光素子においては遅延蛍光成分が観測される。

#### 【0059】

発光素子

続いて、本発明の一態様である発光素子の例について図3(A)を用いて以下、詳細に説明する。

#### 【0060】

本実施の形態における発光素子は、第1の電極101と、第2の電極102とからなる一对の電極と、第1の電極101と第2の電極102との間に設けられたEL層103とから構成されている。なお、第1の電極101は陽極として機能し、第2の電極102は陰極として機能するものとして、以下説明をする。

#### 【0061】

第1の電極101は陽極として機能させるためには、仕事関数の大きい(具体的には4.0eV以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム-酸化スズ(ITO: Indium Tin Oxide)、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化インジウム-酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル-ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム-酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し1乃至20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成する方法などがある。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム(IWZO)は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを0.5乃至5wt%、酸化亜鉛を0.1乃至1wt%含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。その他、金(Au)、白金(Pt)、ニッケル(Ni)、タングステン(W)、クロム(Cr)、モリブデン(Mo)、鉄(Fe)、コバルト(Co)、銅(Cu)、パラジウム(Pd)、または金属材料の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。グラフェンも用いることができる。なお、後述する複合材料を、EL層103における第1の電極101と接する層に用いることで、仕事関数に関わらず、電極材料を選択することができるようになる。

#### 【0062】

EL層103は積層構造を有し、少なくとも発光層を有する。その他の層としては、正孔注入層、正孔輸送層、電子輸送層、電子注入層、キャリアブロック層、中間層等があり、発光素子はそれらを適宜組み合わせる構成することができる。本実施の形態では、EL層103は、第1の電極101の上に正孔注入層111、正孔輸送層112、発光層11

10

20

30

40

50

3、電子輸送層 1 1 4、電子注入層 1 1 5 の順で積層構造を有する構成について説明する。各層を構成する材料の例について以下に具体的に示す。

【0063】

正孔注入層 1 1 1 は、正孔注入性の高い物質を含む層である。モリブデン酸化物やバナジウム酸化物、ルテニウム酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物等を用いることができる。この他、フタロシアニン（略称：H<sub>2</sub>PC）や銅フタロシアニン（略称：CuPC）等のフタロシアニン系の化合物、4, 4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：DPAB）、N, N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N, N'-ジフェニル-(1, 1'-ピフェニル)-4, 4'-ジアミン（略称：DNTPD）等の芳香族アミン化合物、或いはポリ(3, 4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホン酸)（略称：PEDOT/PSS）等の高分子等、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）、クロラニル等によっても正孔注入層 1 1 1 を形成することができる。

10

【0064】

また、正孔注入層 1 1 1 として、正孔輸送性の物質にアクセプタ性物質を含有させた複合材料を用いることができる。複合材料は、発光素子の膜厚調整を行う際に用いることが好適であるとして述べた複合材料と同じであるため、繰り返しの説明を省略する。なお、複合材料を正孔注入層として用いることで、第 1 の電極の材料を、仕事関数に関係なく選択することができるようになる。

20

【0065】

正孔注入層 1 1 1 を形成することによって、正孔の注入性が良好となり、駆動電圧の小さい発光素子を得ることが可能となる。

【0066】

正孔輸送層 1 1 2 は、正孔輸送性の物質を含む層である。正孔輸送性の物質としては、例えば、4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：NPB）やN, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ジフェニル-[1, 1'-ピフェニル]-4, 4'-ジアミン（略称：TPD）、4, 4', 4''-トリス(N, N'-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン（略称：TDATA）、4, 4', 4''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン（略称：MTDATA）、4, 4'-ビス[N-(スピロ-9, 9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ピフェニル（略称：BSPB）、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン（略称：BPAFLP）などの芳香族アミン化合物等を用いることができる。ここに述べた物質は、正孔輸送性が高く、主に 10<sup>-6</sup> cm<sup>2</sup>/Vs 以上の正孔移動度を有する物質である。また、上述の複合材料における正孔輸送性の物質として挙げた有機化合物も正孔輸送層 1 1 2 に用いることができる。なお、正孔輸送性の物質を含む層は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

30

【0067】

発光層 1 1 3 は、蛍光発光を呈する層であっても、りん光発光を呈する層や熱活性化遅延蛍光(TADF)を呈する層であってもいずれでも構わない。また、単層であっても、異なる発光物質が含まれる複数の層からなっても良い。複数の層からなる発光層を形成する場合、りん光発光物質が含まれる層と蛍光発光物質が含まれる層が積層されていても良い。この際、りん光発光物質が含まれる層では、後述の励起錯体を利用することが好ましい。

40

【0068】

蛍光発光物質としては、例えば以下のような物質を用いることができる。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。N, N'-ジフェニル-N, N'-ビス[4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]ピレン-1, 6-ジアミン（略称：1, 6FLPAPrn）、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス

50

[ 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 ' - ジフェニル - 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 F L P A P r n ) 、 N , N ' - ビス ( 2 , 6 - ジメチルフェニル ) - 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 o D M e m F L P A P r n ) 、 N , N ' - ビス [ 4 - ( ジベンゾフラン - 4 - イル ) フェニル ] - N , N ' - ジフェニル - ピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称 : 1 , 6 F r B A P r n - I I ) 、 N , N ' - ビス [ 3 - ( ジベンゾフラン - 4 - イル ) フェニル ] - N , N ' - ジフェニル - ピレン - 1 , 6 - ジアミン ( 略称 : 1 , 6 m F r B A P r n - I I ) 、 N , N ' - ( ピレン - 1 , 6 - ジイル ) ビス [ ( N - フェニルベンゾ [ b ] ナフト [ 1 , 2 - d ] フラン ) - 8 - アミン ] ( 略称 : 1 , 6 B n f A P r n - 0 2 ) 、 N , N ' - ( ピレン - 1 , 6 - ジイル ) ビス [ ( 6 , N - ジフェニルベンゾ [ b ] ナフト [ 1 , 2 - d ] フラン ) - 8 - アミン ] ( 略称 : 1 , 6 B n f A P r n - 0 3 ) 、 9 , 1 0 - ビス [ N - フェニル - N - ( 9 - フェニルカルバゾール - 3 - イル ) アミノ ] アントラセン ( 略称 : P C A 2 A ) 、 クマリン 5 4 5 T 、 などが挙げられる。特に、 1 , 6 F L P A P r n や 1 , 6 m M e m F L P A P r n のようなピレンジアミン化合物に代表される縮合芳香族ジアミン化合物は、ホールトラップ性が高く、発光効率や信頼性に優れており、また分子配向しやすいため好ましい。

#### 【 0 0 6 9 】

発光層 1 13 において、りん光発光物質として用いることが可能な材料としては、例えば以下のようなものが挙げられる。トリス { 2 - [ 4 - ( 2 - アダマンチル ) - 3 - メチル - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 5 - イル - N ] フェニル - C } イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( M p t z - A d m 2 ) <sub>3</sub> ] ) 、 トリス { 2 - [ 4 - ( 4 - シアノ - 2 , 6 - ジイソブチルフェニル ) - 5 - ( 2 - メチルフェニル ) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N <sup>2</sup> ] フェニル - C } イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( m p p t z - d i B u C N p ) <sub>3</sub> ) 、 トリス { 2 - [ 4 - ( 4 - シアノ - 2 , 6 - ジメチルフェニル ) - 5 - ( 2 - メチルフェニル ) - 4 H - 1 , 2 , 4 - トリアゾール - 3 - イル - N <sup>2</sup> ] フェニル - C } イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( m p p t z - d m C N p ) <sub>3</sub> ) 、 トリス { 2 - [ 1 - ( 4 - シアノ - 2 , 6 - ジイソブチルフェニル ) - 1 H - イミダゾール - 2 - イル - N <sup>3</sup> ] フェニル - C } イリジウム ( I I I ) ( 略称 : I r ( p i m - d i B u C N p ) <sub>3</sub> ) のようなアゾール ( 特にトリアゾールやイミダゾール ) 骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、 ( アセチルアセトナト ) ビス ( 6 - t e r t - ブチル - 4 - フェニルピリミジナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( t B u p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) 、 ( アセチルアセトナト ) ビス [ 6 - ( 2 - ノルボルニル ) - 4 - フェニルピリミジナト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( n b p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) 、 ( アセチルアセトナト ) ビス [ 5 - メチル - 6 - ( 2 - メチルフェニル ) - 4 - フェニルピリミジナト ] イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( m p m p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) 、 ( アセチルアセトナト ) ビス ( 4 , 6 - ジフェニルピリミジナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( d p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) 、 ( アセチルアセトナト ) ビス ( 4 , 5 , 6 - トリフェニルピリミジナト ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( t p p m ) <sub>2</sub> ( a c a c ) ] ) 、 ビス { 2 - [ 6 - ( 3 , 5 - ジメチルフェニル ) - 4 - ピリミジニル - N <sub>3</sub> ] - 4 , 6 - ジメチルフェニル - C } ( 2 , 6 - ジメチル - 3 , 5 - ヘプタンジオナト - <sup>2</sup> O , O ' ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( d m d p p m ) <sub>2</sub> ( d i b m ) ] ) 、 ビス { 2 - [ 6 - ( 3 , 5 - ジメチルフェニル ) - 4 - ピリミジニル - N <sub>3</sub> ] - 4 , 6 - ジメチルフェニル - C } ( 2 , 2 ' , 6 , 6 ' - テトラメチル - 3 , 5 - ヘプタンジオナト - <sup>2</sup> O , O ' ) イリジウム ( I I I ) ( 略称 : [ I r ( d m d p 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や、 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 ) ] ) ) 、 ビス { 4 , 6 - ジメチル - 2 - [ 5 - ( 2 , 6 - ジメチルフェニル ) - 3 - ( 3 , 5 - ジメチルフェニル

10

20

30

40

50

) - 2 - ピラジニル - N]フェニル - C} (2, 4 - ペンタンジオナト -  $^2O, O'$ ) イリジウム (III) (略称: [Ir(dmdppr - dmp)<sub>2</sub>(acac)])、ビス{4, 6 - ジメチル - 2 - [5 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 3 - (3, 5 - ジメチルフェニル) - 2 - ピラジニル - N]フェニル - C} (2, 8 - ジメチル - 4, 6 - ノナンジオナト -  $^2O, O'$ ) イリジウム (III) (略称: [Ir(dmdppr - dmp)<sub>2</sub>(divm)])、ビス{4, 6 - ジメチル - 2 - [5 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 3 - (3, 5 - ジメチルフェニル) - 2 - ピラジニル - N]フェニル - C} (2, 2', 6, 6' - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンジオナト -  $^2O, O'$ ) イリジウム (III) (略称: [Ir(dmdppr - dmp)<sub>2</sub>(dpm)])、ビス{4, 6 - ジメチル - 2 - [5 - (2, 5 - ジメチルフェニル) - 3 - (3, 5 - ジメチルフェニル) - 2 - ピラジニル - N]フェニル - C} (2, 2, 6, 6 - テトラメチル - 3, 5 - ヘプタンジオナト -  $^2O, O'$ ) イリジウム (III) (略称: [Ir(dmdppr - 25dmp)<sub>2</sub>(dpm)]) 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が挙げられる。これらの有機金属イリジウム錯体は、発光効率や信頼性に優れており、また分子配向しやすいため好ましい。

10

## 【0070】

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

## 【0071】

TADF材料としては、2 - (ピフェニル - 4 - イル) - 4, 6 - ビス(12 - フェニルインドロ[2, 3 - a]カルバゾール - 11 - イル) - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PIC - TRZ)や、9 - (4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン - 2 - イル) - 9' - フェニル - 9H, 9' H - 3, 3' - ビカルバゾール(略称: PCCzTzn)、2 - {4 - [3 - (N - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) - 9H - カルバゾール - 9 - イル]フェニル} - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PCCzPTzn)、2 - [4 - (10H - フェノキサジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 6 - ジフェニル - 1, 3, 5 - トリアジン(略称: PXZ - TRZ)、3 - [4 - (5 - フェニル - 5, 10 - ジヒドロフェナジン - 10 - イル)フェニル] - 4, 5 - ジフェニル - 1, 2, 4 - トリアゾール(略称: PPZ - 3TPT)、3 - (9, 9 - ジメチル - 9H - アクリジン - 10 - イル) - 9H - キサンテン - 9 - オン(略称: ACRXTN)、ビス[4 - (9, 9 - ジメチル - 9, 10 - ジヒドロアクリジン)フェニル]スルホン(略称: DMAC - DPS)、10 - フェニル - 10H, 10' H - スピロ[アクリジン - 9, 9' - アントラセン] - 10' - オン(略称: ACRSA)、等の電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環の両方を有する複素環化合物を用いることができる。該複素環化合物は、電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプタ性が共に強くなり、S<sub>1</sub>準位とT<sub>1</sub>準位のエネルギー差が小さくなるため、熱活性化遅延蛍光を効率よく得られることから特に好ましい。なお、電子不足型複素芳香環の代わりに、シアノ基のような電子吸引基が結合した芳香環を用いても良い。

20

30

40

## 【0072】

発光層のホスト材料としては、電子輸送性を有する材料や正孔輸送性を有する材料など様々なキャリア輸送材料を用いることができる。

## 【0073】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス(10 - ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: 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)、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)

50

フェノラト] 亜鉛 (II) (略称: ZnBTZ) などの金属錯体や、2 - (4 - ビフェニル) - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール (略称: PBD)、3 - (4 - ビフェニル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - tert - ブチルフェニル) - 1, 2, 4 - トリアゾール (略称: TAZ)、1, 3 - ビス [5 - (p - tert - ブチルフェニル) - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル] ベンゼン (略称: OXD - 7)、9 - [4 - (5 - フェニル - 1, 3, 4 - オキサジアゾール - 2 - イル) フェニル] - 9H - カルバゾール (略称: CO11)、2, 2', 2'' - (1, 3, 5 - ベンゼントリイル) トリス (1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール) (略称: TPBI)、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) フェニル] - 1 - フェニル - 1H - ベンゾイミダゾール (略称: mDBTBIm - II) などのポリアゾール骨格を有する複素環化合物や、2 - [3 - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) フェニル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq - II)、2 - [3' - (ジベンゾチオフエン - 4 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mDBTPDBq - II)、2 - [3' - (9H - カルバゾール - 9 - イル) ビフェニル - 3 - イル] ジベンゾ [f, h] キノキサリン (略称: 2mCzBPDBq)、4, 6 - ビス [3 - (フェナントレン - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mPnP2Pm)、4, 6 - ビス [3 - (4 - ジベンゾチエニル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mDBTP2Pm - II) などのジアジン骨格を有する複素環化合物や、3, 5 - ビス [3 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリジン (略称: 35DCzPPy)、1, 3, 5 - トリ [3 - (3 - ピリジル) フェニル] ベンゼン (略称: TmPyPB) などのピリジン骨格を有する複素環化合物が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

10

20

#### 【0074】

正孔輸送性を有する材料としては、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)、N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン (略称: TPD)、4, 4' - ビス [N - (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: BSPB)、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: BPAFLP)、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: mBPAFLP)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBA1BP)、4, 4' - ジフェニル - 4'' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBBi1BP)、4 - (1 - ナフチル) - 4' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBANB)、4, 4' - ジ (1 - ナフチル) - 4'' - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称: PCBNBB)、9, 9 - ジメチル - N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] フルオレン - 2 - アミン (略称: PCBAF)、N - フェニル - N - [4 - (9 - フェニル - 9H - カルバゾール - 3 - イル) フェニル] スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - アミン (略称: PCBA SF) などの芳香族アミン骨格を有する化合物や、1, 3 - ビス (N - カルバゾリル) ベンゼン (略称: mCP)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: CBP)、3, 6 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) - 9 - フェニルカルバゾール (略称: CzTP)、3, 3' - ビス (9 - フェニル - 9H - カルバゾール) (略称: PCCP) などのカルバゾール骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル) トリ (ジベンゾチオフエン) (略称: DBT3P - II)、2, 8 - ジフェニル - 4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ジベンゾチオフエン (略称: DBTF LP - III)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - 6 - フェニルジベンゾチオ

30

40

50

フェン（略称：DBTFLP-IV）などのチオフェン骨格を有する化合物や、4, 4', 4'' - (ベンゼン-1, 3, 5-トリイル)トリ（ジベンゾフラン）（略称：DBF3P-II）、4 - {3 - [3 - (9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]フェニル}ジベンゾフラン（略称：mmDBFFLBi-II）などのフラン骨格を有する化合物が挙げられる。上述した中でも、芳香族アミン骨格を有する化合物やカルバゾール骨格を有する化合物は、信頼性が良好であり、また、正孔輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与するため好ましい。また、以上で述べた正孔輸送材料の他、様々な物質の中から正孔輸送材料を用いても良い。

#### 【0075】

発光物質として蛍光発光物質を用いる場合は、9-フェニル-3-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：PCzPA）、3-[4-(1-ナフチル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール（略称：PCPN）、9-[4-(10-フェニル-9-アントラセニル)フェニル]-9H-カルバゾール（略称：CzPA）、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）、6-[3-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-ベンゾ[b]ナフト[1, 2-d]フラン（略称：2mBnfPPA）、9-フェニル-10-{4-(9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル)-ピフェニル-4'-イル}-アントラセン（略称：FLPPA）等のアントラセン骨格を有する材料が好適である。アントラセン骨格を有する物質を蛍光発光物質のホスト材料として用いると、発光効率、耐久性共に良好な発光層を実現することが可能である。特に、CzPA、cgDBCzPA、2mBnfPPA、PCzPAは非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。

10

20

#### 【0076】

なお、ホスト材料は複数種の物質を混合した材料であっても良く、混合したホスト材料を用いる場合は、電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料とを混合することが好ましい。電子輸送性を有する材料と、正孔輸送性を有する材料を混合することによって、発光層113の輸送性を容易に調整することができ、再結合領域の制御も簡便に行うことができる。正孔輸送性を有する材料と電子輸送性を有する材料の含有量の比は、正孔輸送性を有する材料：電子輸送性を有する材料 = 1：9乃至9：1とすればよい。

30

#### 【0077】

また、これら混合されたホスト材料同士で励起錯体を形成しても良い。当該励起錯体は、蛍光発光物質、りん光発光物質及びTADF材料の最も低エネルギー側の吸収帯の波長と重なるような発光を呈する励起錯体を形成するような組み合わせを選択することで、エネルギー移動がスムーズとなり、効率よく発光が得られるようになる。また、当該構成は駆動電圧も低下するため好ましい構成である。

#### 【0078】

なお、発光材料の配向状態を示すaの数値は、ホスト材料の種類や数には影響をあまり受けないことがわかっているため、ホスト材料としてどのような材料を選択しても構わない。

40

#### 【0079】

以上のような構成を有する発光層113は、真空蒸着法での共蒸着を用いて作製することができる。この際、蒸着室に設置した四重極型質量分析計（Q-MASS）で測定した蒸着室内雰囲気における、蒸着室内の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が、大気中よりも大きいことが有効な条件である。大気中において、全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率（すなわち体積比率）は、約0.03%である。一方、減圧下の真空チャンバーにおいて、全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が0.03%より大きい状態、好ましくは0.1%以上である状態で発光層を成膜することによって、発光材料のaが0.2以下の配向状態となる発光層を有する発光素子を作製することが容易となる。なお、二酸化炭素はキャリア輸送性を阻害するため、上記比率は10%以下が好ましい。

#### 【0080】

50



二酸化炭素は、C-O結合上に結合を有しており、また炭素の結合がs p混成軌道で形成されるため、棒状（直線状）の形状を有する。また、直線状分子（あるいは平板状分子）は、基板に堆積する際に、その長軸方向が基板面に対して水平に配向することが知られている。一方、発光材料の遷移双極子モーメントは、多くの場合、発光団の共役系に対して水平方向である。したがって、二酸化炭素分子が基板上に吸着している状態で発光材料が成膜されると、軌道相互作用によりπ-πスタッキングが生じ、発光材料の遷移双極子が基板面に対して水平に配向しやすくなると考えられる。あるいは、発光材料が二酸化炭素分子と軌道相互作用によりカップリングした状態で成膜される場合も、発光材料の遷移双極子が基板面に対して水平に配向しやすくなると考えられる。なお、成膜時の平衡状態においては、二酸化炭素分子は容易に離脱するため、二酸化炭素が素子特性に影響を与えるほど残留することは少ない。

#### 【0081】

この際、基板の温度を蒸着室における基板周辺の雰囲気温度以下とすることによって、上記aの数値の小さい発光素子を得ることが容易となる。すなわち、基板を冷却しながら発光層を蒸着することによって、上記効果を得ることが容易となる。基板の冷却法としては、例えば、基板を設置するステージを熱伝導率の良い部材で形成し、当該ステージにおける基板が設置される面と反対の面に、冷媒を通したパイプを這わせることによって行うことができる。

#### 【0082】

真空蒸着により成膜された膜において、基板面に対して水平気味に配向している分子は、ガラス転移点以上に加熱することにより、ランダム配向に変化してしまうことが知られている。そしてこの変化は不可逆である。真空蒸着膜は本質的に準安定状態であり、相転移を起こす温度（例えば上記のようなガラス転移温度）を加えることにより最安定状態に変化すると考えられるため、水平配向は準安定状態、ランダム配向が最安定状態であることが示唆される。つまり、ギブスの自由エネルギーが最も低くなるのはランダム配向の状態であるのに対し、蒸着時に水平配向している分子は、やや自由エネルギーが高い状態である。このことは以下のように説明できる。

#### 【0083】

まず、真空蒸着時に大きな熱エネルギーを有して気体となっている分子は、基板に衝突した際に基板面上で急速に冷却され（熱エネルギーを失い）、基板上を運動した後固着する。この時、例えば平板状分子（遷移双極子はその面方向）であれば、基板に衝突してから固着する際に分子一つ一つにとって安定な状態は、その分子の平面が（つまり遷移双極子が）基板に対して略水平な状態である。これは形状に依存する問題と言ってよい。しかしこれは、分子が一つ一つ急冷されるがために生じる準安定状態に過ぎない。分子の集合体の膜全体で見れば、本来はランダム配向が最安定状態だからである。例え話であるが、四面体サイコロを基板上に転がせば、四面体のいずれかの面が基板と水平となって静止する。サイコロ一つにとってはこれが安定状態であるが、サイコロの集合体にとってはこれは準安定状態である。なぜならば、いくつもの四面体サイコロを集め、自由に動ける状態で箱に入れると、サイコロの向きはランダム配向が最安定状態となるためである（そしてこの状態は不可逆である）。前者が成膜直後の準安定状態、後者が成膜後に熱エネルギーを加えて作り出すことができる（相転移を経て得られる）最安定状態と考えることができる。このことを考慮すると、急激な冷却により、熱的な影響よりも分子一つ一つの形状依存の影響を支配的にすることにより、水平配向しやすくなると考えられる。すなわち、基板は冷却することが好ましい。

#### 【0084】

電子輸送層114は、電子輸送性を有する物質を含む層である。電子輸送性を有する物質としては、上記ホスト材料に用いることが可能な電子輸送性を有する材料として挙げた材料や、アントラセン骨格を有する材料を用いることができる。

#### 【0085】

また、電子輸送層と発光層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。

10

20

30

40

50

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。

【0086】

また、電子輸送層114と第2の電極102との間に、第2の電極102に接して電子注入層115を設けてもよい。電子注入層115としては、フッ化リチウム(LiF)、フッ化セシウム(CsF)、フッ化カルシウム(CaF<sub>2</sub>)等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を用いることができる。例えば、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものを用いることができる。また、電子注入層115にエレクトライドを用いてもよい。エレクトライドとしては、例えば、カルシウムとアルミニウムの混合酸化物に電子を高濃度添加した物質等が挙げられる。なお、電子注入層115として、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたものを用いることにより、第2の電極102からの電子注入が効率良く行われるためより好ましい。

10

【0087】

また、電子注入層115の代わりに電荷発生層116を設けても良い(図3(B))。電荷発生層116は、電位をかけることによって当該層の陰極側に接する層に正孔を、陽極側に接する層に電子を注入することができる層のことである。電荷発生層116には、少なくともP型層117が含まれる。P型層117は、上述の正孔注入層111を構成することができる材料として挙げた複合材料を用いて形成することが好ましい。またP型層117は、複合材料を構成する材料として上述したアクセプタ材料を含む膜と正孔輸送材料を含む膜とを積層して構成しても良い。P型層117に電位をかけることによって、電子輸送層114に電子が、陰極である第2の電極102に正孔が注入され、発光素子が動作する。

20

【0088】

なお、電荷発生層116はP型層117の他に電子リレー層118及び電子注入バッファ層119のいずれか一又は両方がもうけられていることが好ましい。

【0089】

電子リレー層118は少なくとも電子輸送性を有する物質を含み、電子注入バッファ層119とP型層117との相互作用を防いで電子をスムーズに受け渡す機能を有する。電子リレー層118に含まれる電子輸送性を有する物質のLUMO準位は、P型層117におけるアクセプタ性物質のLUMO準位と、電子輸送層114における電荷発生層116に接する層に含まれる物質のLUMO準位との間であることが好ましい。電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質におけるLUMO準位の具体的なエネルギー準位は-5.0eV以上、好ましくは-5.0eV以上-3.0eV以下とするとよい。なお、電子リレー層118に用いられる電子輸送性を有する物質としてはフタロシアン系の材料又は金属-酸素結合と芳香族配位子を有する金属錯体を用いることが好ましい。

30

【0090】

電子注入バッファ層119には、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物(アルカリ金属化合物(酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む)、アルカリ土類金属化合物(酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む)、または希土類金属の化合物(酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む))等の電子注入性の高い物質を用いることが可能である。

40

【0091】

また、電子注入バッファ層119が、電子輸送性を有する物質とドナー性物質を含んで形成される場合には、ドナー性物質として、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類金属、およびこれらの化合物(アルカリ金属化合物(酸化リチウム等の酸化物、ハロゲン化物、炭酸リチウムや炭酸セシウム等の炭酸塩を含む)、アルカリ土類金属化合物(酸化物、ハロゲン化物、炭酸塩を含む)、または希土類金属の化合物(酸化物、ハロゲン化物、

50

炭酸塩を含む))の他、テトラチアナフタセン(略称:TTN)、ニッケロセン、デカメチルニッケロセン等の有機化合物を用いることもできる。

【0092】

第2の電極102を形成する物質としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8eV以下)金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。このような陰極材料の具体例としては、リチウム(Li)やセシウム(Cs)等のアルカリ金属、およびマグネシウム(Mg)、カルシウム(Ca)、ストロンチウム(Sr)等の元素周期表の第1族または第2族に属する元素、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLi)、ユウロピウム(Eu)、イッテルビウム(Yb)等の希土類金属およびこれらを含む合金等が挙げられる。しかしながら、第2の電極102と電子輸送層との間に、電子注入層を設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム-酸化スズ等様々な導電性材料を第2の電極102として用いることができる。これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピンコート法等を用いて成膜することが可能である。また、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。

10

【0093】

また、発光層以外のEL層103の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、グラビア印刷法、オフセット印刷法、スクリーン印刷法、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。

20

【0094】

ここで、液滴吐出法を用いてEL層786を形成する方法について、図4を用いて説明する。図4(A)乃至図4(D)は、EL層786の作製方法を説明する断面図である。

【0095】

まず、平坦化絶縁膜770上に導電膜772が形成され、導電膜772の一部を覆うように絶縁膜730が形成される(図4(A)参照)。

【0096】

次に、絶縁膜730の開口である導電膜772の露出部に、液滴吐出装置783より液滴784を吐出し、組成物を含む層785を形成する。液滴784は、溶媒を含む組成物であり、導電膜772上に付着する(図4(B)参照)。

30

【0097】

なお、液滴784を吐出する工程を減圧下で行ってもよい。

【0098】

次に、組成物を含む層785より溶媒を除去し、固化することによってEL層786を形成する(図4(C)参照)。

【0099】

なお、溶媒の除去方法としては、乾燥工程または加熱工程を行えばよい。

【0100】

次に、EL層786上に導電膜788を形成し、発光素子782を形成する(図4(D)参照)。

40

【0101】

このようにEL層786を液滴吐出法で行うと、選択的に組成物を吐出することができるため、材料のロス削減することができる。また、形状を加工するためのリソグラフィ工程なども必要ないために工程も簡略化することができ、低コスト化が達成できる。

【0102】

なお、上記説明した液滴吐出法とは、組成物の吐出口を有するノズル、あるいは1つ又は複数のノズルを有するヘッド等の液滴を吐出する手段を有するものの総称とする。

【0103】

次に、液滴吐出法に用いる液滴吐出装置について、図5を用いて説明する。図5は、液滴吐出装置1400を説明する概念図である。

50

## 【0104】

液滴吐出装置1400は、液滴吐出手段1403を有する。また、液滴吐出手段1403は、ヘッド1405と、ヘッド1412と、ヘッド1416とを有する。

## 【0105】

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

## 【0106】

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

10

## 【0107】

撮像手段1404としては、電荷結合素子(CCD)や相補型金属-酸化物-半導体(CMOS)を利用したイメージセンサなどを用いることができる。なお、基板1402上に形成されるべきパターンの情報は記憶媒体1408に格納されたものであり、この情報を基にして制御手段1407に制御信号を送り、液滴吐出手段1403の個々のヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416を個別に制御することができる。吐出する材料は、材料供給源1413、材料供給源1414、材料供給源1415より配管を通してヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416にそれぞれ供給される。

20

## 【0108】

ヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416の内部は、点線1406が示すように液状の材料を充填する空間と、吐出口であるノズルを有する構造となっている。図示しないが、ヘッド1412もヘッド1405と同様な内部構造を有する。ヘッド1405とヘッド1412のノズルを異なるサイズで設けると、異なる材料を異なる幅で同時に描画することができる。一つのヘッドで、複数種の発光材料などをそれぞれ吐出し、描画することができる。広領域に描画する場合は、スループットを向上させるため複数のノズルより同材料を同時に吐出し、描画することができる。大型基板を用いる場合、ヘッド1405、ヘッド1412、ヘッド1416は基板上を、図5中に示すX、Y、Zの矢印の方向に自在に走査し、描画する領域を自由に設定することができ、同じパターンを一枚の基板に複数描画することができる。

30

## 【0109】

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

40

## 【0110】

以上のように、液滴吐出装置を用いてEL層786を作製することができる。

## 【0111】

液滴吐出装置を用いてEL層786を作製する場合、種々の有機溶剤を用いて塗布用組成物を作製することが出来る。前記組成物に用いることが出来る有機溶剤としては、ベンゼン、トルエン、キシレン、メシチレン、テトラヒドロフラン、ジオキサソラン、エタノール、メタノール、n-プロパノール、イソプロパノール、n-ブタノール、t-ブタノール、アセトニトリル、ジメチルスルホキシド、ジメチルホルムアミド、クロロホルム、メチレンクロライド、四塩化炭素、酢酸エチル、ヘキサン、シクロヘキサン等種々の有機溶剤を用いることが出来る。特に、ベンゼン、トルエン、キシレン、メシチレン等の低極性なべ

50

ンゼン誘導体を用いることで、好適な濃度の溶液を作ることが出来、また、インク中に含まれる材料が酸化などにより劣化することを防止できるため好ましい。また、作成後の膜の均一性や膜厚の均一性を考慮すると沸点が100以上であることが好ましく、トルエン、キシレン、メシチレンが更に好ましい。

【0112】

なお、上記構成は、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。

【0113】

電極についても、ゾル-ゲル法を用いて湿式法で形成しても良いし、金属材料のペーストを用いて湿式法で形成してもよい。また、スパッタリング法や真空蒸着法などの乾式法を用いて形成しても良い。

10

【0114】

当該発光素子の発光は、第1の電極101または第2の電極102のいずれか一方または両方を通して外部に取り出される。従って、第1の電極101または第2の電極102のいずれか一方または両方を透光性を有する電極で形成する。

【0115】

なお、第1の電極101と第2の電極102との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されない。しかし、発光領域と電極やキャリア注入層に用いられる金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極101および第2の電極102から離れた部位に正孔と電子とが再結合する発光領域を設けた構成が好ましい。

20

【0116】

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

【0117】

続いて、複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子（積層型素子、タンデム型発光素子ともいう）の態様について、図3（C）を参照して説明する。この発光素子は、陽極と陰極との間に、複数の発光ユニットを有する発光素子である。一つの発光ユニットは、図3（A）又は図3（B）で示したEL層103と同様な構成を有する。つまり、図3（A）又は図3（B）で示した発光素子は、1つの発光ユニットを有する発光素子であり、図3（C）で示した発光素子は複数の発光ユニットを有する発光素子であるといえることができる。

30

【0118】

図3（C）において、第1の電極501と第2の電極502の間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されており、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512の間には電荷発生層513が設けられている。第1の電極501と第2の電極502はそれぞれ図3（A）における第1の電極101と第2の電極102に相当し、図3（A）の説明で述べたものと同じものを適用することができる。また、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

40

【0119】

電荷発生層513は、第1の電極501と第2の電極502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機能を有する。すなわち、図3（C）において、第1の電極の電位の方が第2の電極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513は、第1の発光ユニット511に電子を注入し、第2の発光ユニット512に正孔を注入するものであればよい。

【0120】

電荷発生層513は、図3（B）にて説明した電荷発生層116と同様の構成で形成することが好ましい。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸

50

送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、発光ユニットの陽極側の面が電荷発生層 5 1 3 に接している場合は、電荷発生層 5 1 3 が発光ユニットの正孔注入層の役割も担うことができるため、当該発光ユニットには正孔注入層を設けなくとも良い。

【 0 1 2 1 】

また、電子注入バッファ層 1 1 9 を設ける場合、当該層が陽極側の発光ユニットにおける電子注入層の役割を担うため、当該発光ユニットには必ずしも重ねて電子注入層を形成する必要はない。

【 0 1 2 2 】

図 3 ( C ) では、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。本実施の形態に係る発光素子のように、一对の電極間に複数の発光ユニットを電荷発生層 5 1 3 で仕切って配置することで、電流密度を低く保ったまま、高輝度発光を可能とし、さらに長寿命な素子を実現できる。また、低電圧駆動が可能で消費電力が低い発光装置を実現することができる。

10

【 0 1 2 3 】

また、それぞれの発光ユニットの発光色を異なるものにするすることで、発光素子全体として、所望の色の発光を得ることができる。例えば、2つの発光ユニットを有する発光素子において、第 1 の発光ユニットで赤と緑の発光色、第 2 の発光ユニットで青の発光色を得ることで、発光素子全体として白色発光する発光素子を得ることも容易である。

20

【 0 1 2 4 】

微小光共振器 ( マイクロキャビティ ) 構造

マイクロキャビティ構造を有する発光素子は、上記一对の電極を、反射電極と半透過・半反射電極とから構成することにより得られる。反射電極と半透過・半反射電極は上述の第 1 の電極と第 2 の電極に相当する。反射電極と半透過・半反射電極との間には少なくとも E L 層を有し、E L 層は少なくとも発光領域となる発光層を有している。

【 0 1 2 5 】

E L 層に含まれる発光層から射出される発光は、反射電極と半透過・半反射電極とによって反射され、共振する。なお、反射電極は、可視光の反射率が 4 0 % 乃至 1 0 0 % 、好ましくは 7 0 % 乃至 1 0 0 % であり、かつその抵抗率が  $1 \times 10^{-2}$  c m 以下であるものとする。また、半透過・半反射電極は、可視光の反射率が 2 0 % 乃至 8 0 % 、好ましくは 4 0 % 乃至 7 0 % であり、かつその抵抗率が  $1 \times 10^{-2}$  c m 以下であるものとする。

30

【 0 1 2 6 】

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

【 0 1 2 7 】

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

40

【 0 1 2 8 】

なお、上記構成においては、E L 層に複数の発光層を有する構成であっても、単一の発光層を有する構成であっても良く、例えば、上述のタンデム型発光素子の構成と組み合わせ、一つの発光素子に電荷発生層を挟んで複数の E L 層を設け、それぞれの E L 層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

【 0 1 2 9 】

50

### 発光装置

本発明の一態様の発光装置について図6を用いて説明する。なお、図6(A)は、発光装置を示す上面図、図6(B)は図6(A)をA-BおよびC-Dで切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部(ソース線駆動回路)601、画素部602、駆動回路部(ゲート線駆動回路)603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

#### 【0130】

なお、引き回し配線608はソース線駆動回路601及びゲート線駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基板(PWB)が取り付けられていても良い。本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

10

#### 【0131】

次に、断面構造について図6(B)を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース線駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

#### 【0132】

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

20

#### 【0133】

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

30

#### 【0134】

FETに用いる半導体の種類及び結晶性については特に限定されず、非晶質半導体を用いてもよいし、結晶性半導体を用いてもよい。FETに用いる半導体の例としては、第13族半導体、第14族半導体、化合物半導体、酸化物半導体、有機半導体材料を用いることができるが、特に、酸化物半導体を用いると好ましい。該酸化物半導体としては、例えば、In-Ga酸化物、In-M-Zn酸化物(Mは、Al、Ga、Y、Zr、La、Ce、またはNd)等が挙げられる。なお、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材料を用いることで、トランジスタのオフ電流を低減することができるため、好ましい構成である。

#### 【0135】

なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成することができる。

40

#### 【0136】

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

#### 【0137】

第1の電極613上には、EL層616及び第2の電極617がそれぞれ形成されてい

50

る。これらはそれぞれ図3(A)又は図3(B)で説明した第1の電極101、EL層103及び第2の電極102又は図3(C)で説明した第1の電極501、EL層503及び第2の電極502に相当する。

【0138】

EL層616には有機金属錯体が含まれることが好ましい。当該有機金属錯体は、発光層における発光中心物質として用いられることが好ましい。

【0139】

さらにシール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、およびシール材605で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。なお、空間607には、充填材が充填されており、不活性気体(窒素やアルゴン等)が充填される場合の他、シール材605で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材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。

【0140】

シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、素子基板610及び封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP(Fiber Reinforced Plastics)、PVF(ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【0141】

例えば、本明細書等において、様々な基板を用いて、トランジスタや発光素子を形成することが出来る。基板の種類は、特定のものに限定されることはない。その基板の一例としては、半導体基板(例えば単結晶基板又はシリコン基板)、SOI基板、ガラス基板、石英基板、プラスチック基板、金属基板、ステンレス・スチル基板、ステンレス・スチル・ホイルを有する基板、タングステン基板、タングステン・ホイルを有する基板、可撓性基板、貼り合わせフィルム、繊維状の材料を含む紙、又は基材フィルムなどがある。ガラス基板の一例としては、バリウムホウケイ酸ガラス、アルミノホウケイ酸ガラス、又はソーダライムガラスなどがある。可撓性基板、貼り合わせフィルム、基材フィルムなどの一例としては、以下のものがあげられる。例えば、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリエチレンナフタレート(PEN)、ポリエーテルサルフォン(PES)に代表されるプラスチックがある。または、一例としては、アクリル等の合成樹脂などがある。または、一例としては、ポリテトラフルオロエチレン(PTFE)、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SOI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。

【0142】

また、基板として、可撓性基板を用い、可撓性基板上に直接、トランジスタや発光素子を形成してもよい。または、基板とトランジスタの間や、基板と発光素子の間に剥離層を設けてもよい。剥離層は、その上に半導体装置を一部あるいは全部完成させた後、基板より分離し、他の基板に転載するために用いることができる。その際、トランジスタは耐熱性の劣る基板や可撓性の基板にも転載できる。なお、上述の剥離層には、例えば、タングステン膜と酸化シリコン膜との無機膜の積層構造の構成や、基板上にポリイミド等の有機樹脂膜が形成された構成等を用いることができる。

【0143】

つまり、ある基板を用いてトランジスタや発光素子を形成し、その後、別の基板にトランジスタや発光素子を転置し、別の基板上にトランジスタや発光素子を配置してもよい。トランジスタや発光素子が転置される基板の一例としては、上述したトランジスタを形成す

10

20

30

40

50



ることが可能な基板に加え、紙基板、セロファン基板、アラミドフィルム基板、ポリイミドフィルム基板、石材基板、木材基板、布基板（天然繊維（絹、綿、麻）、合成繊維（ナイロン、ポリウレタン、ポリエステル）若しくは再生繊維（アセテート、キュブラ、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、特性のよいトランジスタの形成、消費電力の小さいトランジスタの形成、壊れにくい装置の製造、耐熱性の付与、軽量化、又は薄型化を図ることができる。

#### 【0144】

図7には白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層（カラーフィルタ）等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図7（A）には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の第2の電極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

10

#### 【0145】

また、図7（A）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）は透明な基材1033に設けている。また、黒色層（ブラックマトリックス）1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層で覆われている。また、図7（A）においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

20

#### 【0146】

図7（B）では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

30

#### 【0147】

また、以上に説明した発光装置では、FETが形成されている基板1001側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図8に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の様々な材料を用いて形成することができる。

40

#### 【0148】

発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図8のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、図3（A）又は図3（B）のEL層103または図3（C）のEL層503として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

#### 【0149】

図8のようなトップエミッションの構造では着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するように黒色層（ブラック

50

マトリックス) 1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)や黒色層はオーバーコート層によって覆われていても良い。なお封止基板1031は透光性を有する基板を用いることとする。

#### 【0150】

また、ここでは赤、緑、青、白の4色でフルカラー表示を行う例を示したが特に限定されず、赤、緑、青の3色や赤、緑、青、黄の4色でフルカラー表示を行ってもよい。

#### 【0151】

図9には本発明の一態様であるパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図9(A)は、発光装置を示す斜視図、図9(B)は図9(A)をX-Yで切断した断面図である。図9において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。

10

#### 【0152】

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

20

#### 【0153】

##### 照明装置

本発明の一態様である照明装置を図10を参照しながら説明する。図10(B)は照明装置の上面図、図10(A)は図10(B)におけるe-f断面図である。

#### 【0154】

当該照明装置は、支持体である透光性を有する基板400上に、第1の電極401が形成されている。第1の電極401は図3(A)、(B)の第1の電極101に相当する。第1の電極401側から発光を取り出す場合、第1の電極401は透光性を有する材料により形成する。

30

#### 【0155】

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

#### 【0156】

第1の電極401上にはEL層403が形成されている。EL層403は図3(A)、(B)、(C)のEL層103又はEL層503などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

#### 【0157】

EL層403を覆って第2の電極404を形成する。第2の電極404は図3(A)、(B)の第2の電極102に相当する。発光を第1の電極401側から取り出す場合、第2の電極404は反射率の高い材料を含んで形成される。第2の電極404はパッド412と接続することによって、電圧が供給される。

40

#### 【0158】

第1の電極401、EL層403及び第2の電極404によって発光素子が形成される。当該発光素子を、シール材405、406を用いて封止基板407を固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406(図10(B)では図示せず)には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

#### 【0159】

また、パッド412と第1の電極401の一部をシール材405、406の外に伸張して設けることによって、外部入力端子とすることができる。また、その上にコンバータな

50

どを搭載したICチップ420などを設けても良い。

【0160】

表示装置

ここでは、本発明の一態様の半導体装置を用いた表示装置の表示部等に用いることのできる表示パネルの一例について、図18及び図19を用いて説明する。以下で例示する表示パネルは、反射型の液晶素子と、発光素子との双方を有し、透過モードと反射モードの両方の表示を行うことのできる、表示パネルである。

【0161】

< 6 - 1 . 表示パネルの構成例 >

図18は、本発明の一態様の表示パネル688の斜視概略図である。表示パネル688は、基板651と基板661とが貼り合わされた構成を有する。図18では、基板661を破線で明示している。

10

【0162】

表示パネル688は、表示部662、回路659、配線666等を有する。基板651には、例えば回路659、配線666、及び画素電極として機能する導電膜663等が設けられる。また図18では基板651上にIC673とFPC672が実装されている例を示している。そのため、図18に示す構成は、表示パネル688とFPC672及びIC673を有する表示モジュールと言うこともできる。

【0163】

回路659は、例えば走査線駆動回路として機能する回路を用いることができる。

20

【0164】

配線666は、表示部662や回路659に信号や電力を供給する機能を有する。当該信号や電力は、FPC672を介して外部、またはIC673から配線666に入力される。

【0165】

また、図18では、COG(Chip On Glass)方式等により、基板651にIC673が設けられている例を示している。IC673は、例えば走査線駆動回路、または信号線駆動回路などとしての機能を有するICを適用できる。なお表示パネル688が走査線駆動回路及び信号線駆動回路として機能する回路を備える場合や、走査線駆動回路や信号線駆動回路として機能する回路を外部に設け、FPC672を介して表示パネル688を駆動するための信号を入力する場合などでは、IC673を設けない構成としてもよい。また、IC673を、COF(Chip On Film)方式等により、FPC672に実装してもよい。

30

【0166】

図18には、表示部662の一部の拡大図を示している。表示部662には、複数の表示素子が有する導電膜663がマトリクス状に配置されている。導電膜663は、可視光を反射する機能を有し、後述する液晶素子640の反射電極として機能する。

【0167】

また、図18に示すように、導電膜663は開口を有する。さらに導電膜663よりも基板651側に、発光素子660を有する。発光素子660からの光は、導電膜663の開口を介して基板661側に射出される。

40

【0168】

< 6 - 2 . 断面構成例 >

図19に、図18で例示した表示パネルの、FPC672を含む領域の一部、回路659を含む領域の一部、及び表示部662を含む領域の一部をそれぞれ切断したときの断面の一例を示す。

【0169】

表示パネルは、基板651と基板661の間に、絶縁膜697を有する。また基板651と絶縁膜697の間に、発光素子660、トランジスタ689、トランジスタ691、トランジスタ692、着色層634等を有する。また絶縁膜697と基板661の間に、

50

液晶素子 640、着色層 631等を有する。また基板 661と絶縁膜 697は接着層 641を介して接着され、基板 651と絶縁膜 697は接着層 642を介して接着されている。

【0170】

トランジスタ 692は、液晶素子 640と電氣的に接続し、トランジスタ 691は、発光素子 660と電氣的に接続する。トランジスタ 691とトランジスタ 692は、いずれも絶縁膜 697の基板 651側の面上に形成されているため、これらを同一の工程を用いて作製することができる。

【0171】

基板 661には、着色層 631、遮光膜 632、絶縁膜 698、及び液晶素子 640の共通電極として機能する導電膜 695、配向膜 633b、絶縁膜 696等が設けられている。絶縁膜 696は、液晶素子 640のセルギャップを保持するためのスペーサとして機能する。

10

【0172】

絶縁膜 697の基板 651側には、絶縁膜 681、絶縁膜 682、絶縁膜 683、絶縁膜 684、絶縁膜 685等の絶縁層が設けられている。絶縁膜 681は、その一部が各トランジスタのゲート絶縁層として機能する。絶縁膜 682、絶縁膜 683、及び絶縁膜 684は、各トランジスタを覆って設けられている。また絶縁膜 684を覆って絶縁膜 685が設けられている。絶縁膜 684及び絶縁膜 685は、平坦化層としての機能を有する。なお、ここではトランジスタ等を覆う絶縁層として、絶縁膜 682、絶縁膜 683、絶縁膜 684の3層を有する場合について示しているが、これに限られず4層以上であってもよいし、単層、または2層であってもよい。また平坦化層として機能する絶縁膜 684は、不要であれば設けなくてもよい。

20

【0173】

また、トランジスタ 689、トランジスタ 691、及びトランジスタ 692は、一部がゲートとして機能する導電膜 654、一部がソース又はドレインとして機能する導電膜 652、半導体膜 653を有する。ここでは、同一の導電膜を加工して得られる複数の層に、同じハッチングパターンを付している。

【0174】

液晶素子 640は反射型の液晶素子である。液晶素子 640は、導電膜 635、液晶層 694、導電膜 695が積層された積層構造を有する。また導電膜 635の基板 651側に接して、可視光を反射する導電膜 663が設けられている。導電膜 663は開口 655を有する。また導電膜 635及び導電膜 695は可視光を透過する材料を含む。また液晶層 694と導電膜 635の間に配向膜 633aが設けられ、液晶層 694と導電膜 695の間に配向膜 633bが設けられている。また、基板 661の外側の面には、偏光板 656を有する。

30

【0175】

液晶素子 640において、導電膜 663は可視光を反射する機能を有し、導電膜 695は可視光を透過する機能を有する。基板 661側から入射した光は、偏光板 656により偏光され、導電膜 695、液晶層 694を透過し、導電膜 663で反射する。そして液晶層 694及び導電膜 695を再度透過して、偏光板 656に達する。このとき、導電膜 663と導電膜 695の間に与える電圧によって液晶の配向を制御し、光の光学変調を制御することができる。すなわち、偏光板 656を介して射出される光の強度を制御することができる。また光は着色層 631によって特定の波長領域以外の光が吸収されることにより、取り出される光は、例えば赤色を呈する光となる。

40

【0176】

発光素子 660は、ボトムエミッション型の発光素子である。発光素子 660は、絶縁膜 697側から導電膜 643、EL層 644、及び導電膜 645bの順に積層された積層構造を有する。また導電膜 645bを覆って導電膜 645aが設けられている。導電膜 645bは可視光を反射する材料を含み、導電膜 643及び導電膜 645aは可視光を透過

50

する材料を含む。発光素子 660 が発する光は、着色層 634、絶縁膜 697、開口 655、導電膜 695 等を介して、基板 661 側に射出される。

【0177】

ここで、図 19 に示すように、開口 655 には可視光を透過する導電膜 635 が設けられていることが好ましい。これにより、開口 655 と重なる領域においてもそれ以外の領域と同様に液晶層 694 が配向するため、これらの領域の境界部で液晶の配向不良が生じ、意図しない光が漏れてしまうことを抑制できる。

【0178】

ここで、基板 661 の外側の面に配置する偏光板 656 として直線偏光板を用いてもよいが、円偏光板を用いることもできる。円偏光板としては、例えば直線偏光板と 1/4 波長位相差板を積層したものをを用いることができる。これにより、外光反射を抑制することができる。また、偏光板の種類に応じて、液晶素子 640 に用いる液晶素子のセルギャップ、配向、駆動電圧等を調整することで、所望のコントラストが実現されるようにすればよい。

10

【0179】

また導電膜 643 の端部を覆う絶縁膜 646 上には、絶縁膜 647 が設けられている。絶縁膜 647 は、絶縁膜 697 と基板 651 が必要以上に接近することを抑制するスペーサとしての機能を有する。また EL 層 644 や導電膜 645a を遮蔽マスク（メタルマスク）を用いて形成する場合には、当該遮蔽マスクが被形成面に接触することを抑制するためのスペーサとしての機能を有していてもよい。なお、絶縁膜 647 は不要であれば設けなくてもよい。

20

【0180】

トランジスタ 691 のソース又はドレインの一方は、導電膜 648 を介して発光素子 660 の導電膜 643 と電氣的に接続されている。

【0181】

トランジスタ 692 のソース又はドレインの一方は、接続部 693 を介して導電膜 663 と電氣的に接続されている。導電膜 663 と導電膜 635 は接して設けられ、これらは電氣的に接続されている。ここで、接続部 693 は、絶縁膜 697 に設けられた開口を介して、絶縁膜 697 の両面に設けられる導電層同士を接続する部分である。

【0182】

基板 651 と基板 661 とが重ならない領域には、接続部 690 が設けられている。接続部 690 は、接続層 649 を介して FPC 672 と電氣的に接続されている。接続部 690 は接続部 693 と同様の構成を有している。接続部 690 の上面は、導電膜 635 と同一の導電膜を加工して得られた導電層が露出している。これにより、接続部 690 と FPC 672 とを接続層 649 を介して電氣的に接続することができる。

30

【0183】

接着層 641 が設けられる一部の領域には、接続部 687 が設けられている。接続部 687 において、導電膜 635 と同一の導電膜を加工して得られた導電層と、導電膜 695 の一部が、接続体 686 により電氣的に接続されている。したがって、基板 661 側に形成された導電膜 695 に、基板 651 側に接続された FPC 672 から入力される信号または電位を、接続部 687 を介して供給することができる。

40

【0184】

接続体 686 としては、例えば導電性の粒子を用いることができる。導電性の粒子としては、有機樹脂またはシリカなどの粒子の表面を金属材料で被覆したものをを用いることができる。金属材料としてニッケルや金を用いると接触抵抗を低減できるため好ましい。またニッケルをさらに金で被覆するなど、2種類以上の金属材料を層状に被覆させた粒子を用いることが好ましい。また接続体 686 として、弾性変形、または塑性変形する材料を用いることが好ましい。このとき導電性の粒子である接続体 686 は、図 19 に示すように上下方向に潰れた形状となる場合がある。こうすることで、接続体 686 と、これと電氣的に接続する導電層との接触面積が増大し、接触抵抗を低減できるほか、接続不良など

50

の不具合の発生を抑制することができる。

【0185】

接続体686は、接着層641に覆われるように配置することが好ましい。例えば硬化前の接着層641に接続体686を分散させておけばよい。

【0186】

図19では、回路659の例としてトランジスタ689が設けられている例を示している。

【0187】

図19では、トランジスタ689及びトランジスタ691の例として、チャネルが形成される半導体膜653を2つのゲートで挟持する構成が適用されている。一方のゲートは導電膜654により、他方のゲートは絶縁膜682を介して半導体膜653と重なる導電膜699により構成されている。このような構成とすることで、トランジスタのしきい値電圧を制御することができる。このとき、2つのゲートを接続し、これらに同一の信号を供給することによりトランジスタを駆動してもよい。このようなトランジスタは他のトランジスタと比較して電界効果移動度を高めることが可能であり、オン電流を増大させることができる。その結果、高速駆動が可能な回路を作製することができる。さらには、回路部の占有面積を縮小することが可能となる。オン電流の大きなトランジスタを適用することで、表示パネルを大型化、または高精細化したときに配線数が増大したとしても、各配線における信号遅延を低減することが可能であり、表示ムラを抑制することができる。

【0188】

なお、回路659が有するトランジスタと、表示部662が有するトランジスタは、同じ構造であってもよい。また回路659が有する複数のトランジスタは、全て同じ構造であってもよいし、異なる構造のトランジスタを組み合わせ用いてもよい。また、表示部662が有する複数のトランジスタは、全て同じ構造であってもよいし、異なる構造のトランジスタを組み合わせ用いてもよい。

【0189】

各トランジスタを覆う絶縁膜682、絶縁膜683のうち少なくとも一方は、水や水素などの不純物が拡散しにくい材料を用いることが好ましい。すなわち、絶縁膜682または絶縁膜683はバリア膜として機能させることができる。このような構成とすることで、トランジスタに対して外部から不純物が拡散することを効果的に抑制することが可能となり、信頼性の高い表示パネルを実現できる。

【0190】

基板661側において、着色層631、遮光膜632を覆って絶縁膜698が設けられている。絶縁膜698は、平坦化層としての機能を有していてもよい。絶縁膜698により、導電膜695の表面を概略平坦にできるため、液晶層694の配向状態を均一にできる。

【0191】

表示パネル688を作製する方法の一例について説明する。例えば剥離層を有する支持基板上に、導電膜635、導電膜663、絶縁膜697を順に形成し、その後、トランジスタ691、トランジスタ692、発光素子660等を形成した後、接着層642を用いて基板651と支持基板を貼り合わせる。その後、剥離層と絶縁膜697、及び剥離層と導電膜635のそれぞれの界面で剥離することにより、支持基板及び剥離層を除去する。またこれとは別に、着色層631、遮光膜632、導電膜695等をあらかじめ形成した基板661を準備する。そして基板651または基板661に液晶を滴下し、接着層641により基板651と基板661を貼り合わせることで、表示パネル688を作製することができる。

【0192】

剥離層としては、絶縁膜697及び導電膜635との界面で剥離が生じる材料を適宜選択することができる。特に、剥離層としてタンゲステンなどの高融点金属材料を含む層と当該金属材料の酸化物を含む層を積層して用い、剥離層上の絶縁膜697として、窒化シ

10

20

30

40

50

リコンや酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコン等を複数積層した層を用いることが好ましい。剥離層に高融点金属材料を用いると、これよりも後に形成する層の形成温度を高めることが可能で、不純物の濃度が低減され、信頼性の高い表示パネルを実現できる。

【0193】

導電膜635としては、金属酸化物、金属窒化物、または低抵抗化された酸化物半導体等の酸化物または窒化物を用いることが好ましい。酸化物半導体を用いる場合には、水素、ボロン、リン、窒素、及びその他の不純物の濃度、並びに酸素欠損量の少なくとも一が、トランジスタに用いる半導体層に比べて高められた材料を、導電膜635に用いればよい。

【0194】

<6-3.各構成要素について>

以下では、上記に示す各構成要素について説明する。なお、先に示した機能と同様の機能を有する構成についての説明は省略する。

【0195】

〔接着層〕

接着層としては、紫外線硬化型等の光硬化型接着剤、反応硬化型接着剤、熱硬化型接着剤、嫌気型接着剤などの各種硬化型接着剤を用いることができる。これら接着剤としてはエポキシ樹脂、アクリル樹脂、シリコン樹脂、フェノール樹脂、ポリイミド樹脂、イミド樹脂、PVC(ポリビニルクロライド)樹脂、PVB(ポリビニルブチラル)樹脂、EVA(エチレンビニルアセテート)樹脂等が挙げられる。特に、エポキシ樹脂等の透湿性が低い材料が好ましい。また、二液混合型の樹脂を用いてもよい。また、接着シート等を用いてもよい。

【0196】

また、上記樹脂に乾燥剤を含んでもよい。例えば、アルカリ土類金属の酸化物(酸化カルシウムや酸化バリウム等)のように、化学吸着によって水分を吸着する物質を用いることができる。または、ゼオライトやシリカゲル等のように、物理吸着によって水分を吸着する物質を用いてもよい。乾燥剤が含まれていると、水分などの不純物が素子に侵入することを抑制でき、表示パネルの信頼性が向上するため好ましい。

【0197】

また、上記樹脂に屈折率の高いフィラーや光散乱部材を混合することにより、光取り出し効率を向上させることができる。例えば、酸化チタン、酸化バリウム、ゼオライト、ジルコニウム等を用いることができる。

【0198】

〔接続層〕

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

【0199】

〔着色層〕

着色層に用いることのできる材料としては、金属材料、樹脂材料、顔料または染料が含まれた樹脂材料などが挙げられる。

【0200】

〔遮光層〕

遮光層として用いることのできる材料としては、カーボンブラック、チタンブラック、金属、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が挙げられる。遮光層は、樹脂材料を含む膜であってもよいし、金属などの無機材料の薄膜であってもよい。また、遮光層に、着色層の材料を含む膜の積層膜を用いることもできる。例えば、ある色の光を透過する着色層に用いる材料を含む膜と、他の色の光を透過する着色層に用いる材料を含む膜との積層構造を用いることができる。着色層と遮光層の材料を共通化することで、装置を共通化できるほか工程を簡略化できるため好ましい。

10

20

30

40

50

## 【0201】

以上が各構成要素についての説明である。

## 【0202】

## &lt; 6 - 4 . 作製方法例 &gt;

ここでは、可撓性を有する基板を用いた表示パネルの作製方法の例について説明する。

## 【0203】

ここでは、表示素子、回路、配線、電極、着色層や遮光層などの光学部材、及び絶縁層等が含まれる層をまとめて素子層と呼ぶこととする。例えば、素子層は表示素子を含み、表示素子の他に表示素子と電氣的に接続する配線、画素や回路に用いるトランジスタなどの素子を備えていてもよい。

10

## 【0204】

また、ここでは、表示素子が完成した（作製工程が終了した）段階において、素子層を支持し、可撓性を有する部材のことを、基板と呼ぶこととする。例えば、基板には、厚さが10nm以上300µm以下の、極めて薄いフィルム等も含まれる。

## 【0205】

可撓性を有し、絶縁表面を備える基板上に素子層を形成する方法としては、代表的には以下に挙げる2つの方法がある。一つは、基板上に直接、素子層を形成する方法である。もう一つは、基板とは異なる支持基板上に素子層を形成した後、素子層と支持基板を剥離し、素子層を基板に転置する方法である。なお、ここでは詳細に説明しないが、上記2つの方法に加え、可撓性を有さない基板上に素子層を形成し、当該基板を研磨等により薄くすることで可撓性を持たせる方法もある。

20

## 【0206】

基板を構成する材料が、素子層の形成工程にかかる熱に対して耐熱性を有する場合には、基板上に直接、素子層を形成すると、工程が簡略化されるため好ましい。このとき、基板を支持基板に固定した状態で素子層を形成すると、装置内、及び装置間における搬送が容易になるため好ましい。

## 【0207】

また、素子層を支持基板上に形成した後に、基板に転置する方法を用いる場合、まず支持基板上に剥離層と絶縁層を積層し、当該絶縁層上に素子層を形成する。続いて、支持基板と素子層の間で剥離し、素子層を基板に転置する。このとき、支持基板と剥離層の界面、剥離層と絶縁層の界面、または剥離層中で剥離が生じるような材料を選択すればよい。この方法では、支持基板や剥離層に耐熱性の高い材料を用いることで、素子層を形成する際にかかる温度の上限を高めることができ、より信頼性の高い素子を有する素子層を形成できるため、好ましい。

30

## 【0208】

例えば剥離層として、タングステンなどの高融点金属材料を含む層と、当該金属材料の酸化物を含む層を積層して用い、剥離層上の絶縁層として、酸化シリコン、窒化シリコン、酸化窒化シリコン、窒化酸化シリコンなどを複数積層した層を用いることが好ましい。

## 【0209】

素子層と支持基板とを剥離する方法としては、機械的な力を加えることや、剥離層をエッチングすること、または剥離界面に液体を浸透させることなどが、一例として挙げられる。または、剥離界面を形成する2層の熱膨張係数の違いを利用し、加熱または冷却することにより剥離を行ってもよい。

40

## 【0210】

また、支持基板と絶縁層の界面で剥離が可能な場合には、剥離層を設けなくてもよい。

## 【0211】

例えば、支持基板としてガラスを用い、絶縁層としてポリイミドなどの有機樹脂を用いることができる。このとき、レーザ光等を用いて有機樹脂の一部を局所的に加熱する、または鋭利な部材により物理的に有機樹脂の一部を切断、または貫通すること等により剥離の起点を形成し、ガラスと有機樹脂の界面で剥離を行ってもよい。また、上記の有機樹脂

50



としては、感光性の材料を用いると、開口部などの形状を容易に作製しやすいため好適である。また、上記のレーザ光としては、例えば、可視光線から紫外線の波長領域の光であることが好ましい。例えば波長が200nm以上400nm以下の光、好ましくは波長が250nm以上350nm以下の光を用いることができる。特に、波長308nmのエキシマレーザを用いると、生産性に優れるため好ましい。また、Nd:YAGレーザの第三高調波である波長355nmのUVレーザなどの固体UVレーザ(半導体UVレーザともいう)を用いてもよい。

#### 【0212】

または、支持基板と有機樹脂からなる絶縁層の間に発熱層を設け、当該発熱層を加熱することにより、当該発熱層と絶縁層の界面で剥離を行ってもよい。発熱層としては、電流を流すことにより発熱する材料、光を吸収することにより発熱する材料、磁場を印加することにより発熱する材料など、様々な材料を用いることができる。例えば発熱層としては、半導体、金属、絶縁体から選択して用いることができる。

10

#### 【0213】

なお、上述した方法において、有機樹脂からなる絶縁層は、剥離後に基板として用いることができる。

#### 【0214】

以上が可携性を有する表示パネルを作製する方法についての説明である。

#### 【0215】

本実施の形態は、少なくともその一部を本明細書中に記載する他の構成と適宜組み合わせ実施することができる。

20

#### 【0216】

電子機器

本発明の一態様である電子機器の例について説明する。電子機器として、例えば、テレビジョン装置(テレビ、またはテレビジョン受信機ともいう)、コンピュータ用などのモニタ、デジタルカメラ、デジタルビデオカメラなどのカメラ、デジタルフォトフレーム、携帯電話機(携帯電話、携帯電話装置ともいう)、携帯型ゲーム機、携帯情報端末、音響再生装置、パチンコ機などの大型ゲーム機などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を以下に示す。

#### 【0217】

図11(A)は、テレビジョン装置の一例を示している。テレビジョン装置は、筐体7101に表示部7103が組み込まれている。また、ここでは、スタンド7105により筐体7101を支持した構成を示している。表示部7103により、映像を表示することが可能であり、表示部7103は、発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。

30

#### 【0218】

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

40

#### 【0219】

なお、テレビジョン装置は、受信機やモデムなどを備えた構成とする。受信機により一般のテレビ放送の受信を行うことができ、さらにモデムを介して有線または無線による通信ネットワークに接続することにより、一方向(送信者から受信者)または双方向(送信者と受信者間、あるいは受信者間同士など)の情報通信を行うことも可能である。

#### 【0220】

図11(B1)はコンピュータであり、本体7201、筐体7202、表示部7203、キーボード7204、外部接続ポート7205、ポインティングデバイス7206等を含む。なお、このコンピュータは、発光素子をマトリクス状に配列して表示部7203に用いることにより作製される。図11(B1)のコンピュータは、図11(B2)のような

50

形態であっても良い。図 1 1 ( B 2 ) のコンピュータは、キーボード 7 2 0 4、ポインティングデバイス 7 2 0 6 の代わりに第 2 の表示部 7 2 1 0 が設けられている。第 2 の表示部 7 2 1 0 はタッチパネル式となっており、第 2 の表示部 7 2 1 0 に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第 2 の表示部 7 2 1 0 は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部 7 2 0 3 もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されていることによって、収納や運搬をする際に画面を傷つける、破損するなどのトラブルの発生も防止することができる。

【 0 2 2 1 】

図 1 1 ( C ) ( D ) は、携帯情報端末の一例を示している。携帯情報端末は、筐体 7 4 0 1 に組み込まれた表示部 7 4 0 2 の他、操作ボタン 7 4 0 3、外部接続ポート 7 4 0 4、スピーカ 7 4 0 5、マイク 7 4 0 6 などを備えている。なお、携帯情報端末は、発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部 7 4 0 2 を有している。

10

【 0 2 2 2 】

図 1 1 ( C ) 及び ( D ) に示す携帯情報端末は、表示部 7 4 0 2 を指などで触れることで、情報を入力することができる構成とすることもできる。この場合、電話を掛ける、或いはメールを作成するなどの操作は、表示部 7 4 0 2 を指などで触れることにより行うことができる。

【 0 2 2 3 】

表示部 7 4 0 2 の画面は主として 3 つのモードがある。第 1 は、画像の表示を主とする表示モードであり、第 2 は、文字等の情報の入力を主とする入力モードである。第 3 は表示モードと入力モードの 2 つのモードが混合した表示 + 入力モードである。

20

【 0 2 2 4 】

例えば、電話を掛ける、或いはメールを作成する場合は、表示部 7 4 0 2 を文字の入力を主とする文字入力モードとし、画面に表示させた文字の入力操作を行えばよい。この場合、表示部 7 4 0 2 の画面のほとんどにキーボードまたは番号ボタンを表示させることが好ましい。

【 0 2 2 5 】

また、携帯情報端末内部に、ジャイロ、加速度センサ等の傾きを検出するセンサを有する検出装置を設けることで、携帯情報端末の向き（縦か横か）を判断して、表示部 7 4 0 2 の画面表示を自動的に切り替えるようにすることができる。

30

【 0 2 2 6 】

また、画面モードの切り替えは、表示部 7 4 0 2 を触れること、又は筐体 7 4 0 1 の操作ボタン 7 4 0 3 の操作により行われる。また、表示部 7 4 0 2 に表示される画像の種類によって切り替えるようにすることもできる。例えば、表示部に表示する画像信号が動画のデータであれば表示モード、テキストデータであれば入力モードに切り替える。

【 0 2 2 7 】

また、入力モードにおいて、表示部 7 4 0 2 の光センサで検出される信号を検知し、表示部 7 4 0 2 のタッチ操作による入力が一定期間ない場合には、画面のモードを入力モードから表示モードに切り替えるように制御してもよい。

40

【 0 2 2 8 】

表示部 7 4 0 2 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 7 4 0 2 に掌や指で触れ、掌紋、指紋等を撮像することで、本人認証を行うことができる。また、表示部に近赤外光を発光するバックライトまたは近赤外光を発光するセンシング用光源を用いれば、指静脈、掌静脈などを撮像することもできる。

【 0 2 2 9 】

なお、上記電子機器は、本明細書中に示した構成を適宜組み合わせる用いることができる。

【 0 2 3 0 】

また、表示部に本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましい。当該発光素子は発光

50

効率が良好な発光素子とすることが可能である。また、駆動電圧の小さい発光素子とすることが可能である。このため、本発明の一態様の発光素子を含む電子機器は消費電力の小さい電子機器とすることができる。

【0231】

図12は、発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図12に示した液晶表示装置は、筐体901、液晶層902、バックライトユニット903、筐体904を有し、液晶層902は、ドライバIC905と接続されている。バックライトユニット903には、発光素子が用いられており、端子906により、電流が供給されている。

【0232】

発光素子には本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましく、当該発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用することにより、消費電力の低減されたバックライトが得られる。

【0233】

図13は、本発明の一態様である電気スタンドの例である。図13に示す電気スタンドは、筐体2001と、光源2002を有し、光源2002として発光素子を用いた照明装置が用いられている。

【0234】

図14は、室内の照明装置3001の例である。当該照明装置3001には本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましい。

【0235】

本発明の一態様である自動車を図15に示す。当該自動車はフロントガラスやダッシュボードに発光素子が搭載されている。表示領域5000乃至表示領域5005は発光素子を用いて設けられた表示領域である。本発明の一態様の発光素子を用いることが好ましく、これにより表示領域5000乃至表示領域5005は消費電力を抑えられるため、車載に好適である。

【0236】

表示領域5000と表示領域5001は、自動車のフロントガラスに設けられた、発光素子を用いる表示装置である。この発光素子を、第1の電極と第2の電極を透光性を有する電極で作製することによって、反対側が透けて見える、いわゆるシースルー状態の表示装置とすることができる。シースルー状態の表示であれば、自動車のフロントガラスに設置したとしても、視界の妨げになることなく設置することができる。なお、駆動のためのトランジスタなどを設ける場合には、有機半導体材料による有機トランジスタや、酸化半導体を用いたトランジスタなど、透光性を有するトランジスタを用いると良い。

【0237】

表示領域5002はピラー部分に設けられた発光素子を用いる表示装置である。表示領域5002には、車体に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、ピラーで遮られた視界を補完することができる。また、同様に、ダッシュボード部分に設けられた表示領域5003は車体によって遮られた視界を、自動車の外側に設けられた撮像手段からの映像を映し出すことによって、死角を補い、安全性を高めることができる。見えな

【0238】

表示領域5004や表示領域5005はナビゲーション情報、速度計や回転数、走行距離、給油量、ギア状態、空調の設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域5000乃至表示領域5003にも設けることができる。また、表示領域5000乃至表示領域5005は照明装置として用いることも可能である。

【0239】

図16(A)及び図16(B)は2つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図1

10

20

30

40

50

6 (A) は、開いた状態であり、タブレット型端末は、筐体 9630、表示部 9631a、表示部 9631b、表示モード切り替えスイッチ 9034、電源スイッチ 9035、省電力モード切り替えスイッチ 9036、留め具 9033、操作スイッチ 9038、を有する。なお、当該タブレット端末は、本発明の一態様の発光素子を備えた発光装置を表示部 9631a、表示部 9631b の一方又は両方に用いることにより作製される。

【0240】

表示部 9631a は、一部をタッチパネル領域 9632a とすることができ、表示された操作キー 9637 にふれることでデータ入力を行うことができる。なお、表示部 9631a においては、一例として半分の領域が表示のみの機能を有する構成、もう半分の領域がタッチパネルの機能を有する構成を示しているが該構成に限定されない。表示部 9631a の全ての領域がタッチパネルの機能を有する構成としても良い。例えば、表示部 9631a の全面をキーボードボタン表示させてタッチパネルとし、表示部 9631b を表示画面として用いることができる。

10

【0241】

また、表示部 9631b においても表示部 9631a と同様に、表示部 9631b の一部をタッチパネル領域 9632b とすることができ、また、タッチパネルのキーボード表示切り替えボタン 9639 が表示されている位置に指やスタイラスなどでふれることで表示部 9631b にキーボードボタンを表示することができる。

【0242】

また、タッチパネル領域 9632a とタッチパネル領域 9632b に対して同時にタッチ入力することもできる。

20

【0243】

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

【0244】

また、図 16 (A) では表示部 9631b と表示部 9631a の表示面積が同じ例を示しているが特に限定されず、一方のサイズともう一方のサイズが異なってもよく、表示の品質も異なってもよい。例えば一方が他方よりも高精細な表示を行える表示パネルとしてもよい。

30

【0245】

図 16 (B) は、閉じた状態であり、本実施の形態におけるタブレット型端末では、筐体 9630、太陽電池 9633、充放電制御回路 9634、バッテリー 9635、DCDC コンバータ 9636 を備える例を示す。なお、図 16 (B) では充放電制御回路 9634 の一例としてバッテリー 9635、DCDC コンバータ 9636 を有する構成について示している。

【0246】

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

40

【0247】

また、この他にも図 16 (A) 及び図 16 (B) に示したタブレット型端末は、様々な情報 (静止画、動画、テキスト画像など) を表示する機能、カレンダー、日付又は時刻などを表示部に表示する機能、表示部に表示した情報をタッチ入力操作又は編集するタッチ入力機能、様々なソフトウェア (プログラム) によって処理を制御する機能、等を有することができる。

【0248】

50

タブレット型端末の表面に装着された太陽電池 9 6 3 3 によって、電力をタッチパネル、表示部、または映像信号処理部等に供給することができる。なお、太陽電池 9 6 3 3 は、筐体 9 6 3 0 の一面または二面に設けられていると効率的なバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成とすることができるため好適である。

【 0 2 4 9 】

また、図 1 6 ( B ) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 の構成、及び動作について図 1 6 ( C ) にブロック図を示し説明する。図 1 6 ( C ) には、太陽電池 9 6 3 3、バッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 8、スイッチ SW 1 乃至 SW 3、表示部 9 6 3 1 について示しており、バッテリー 9 6 3 5、DCDCコンバータ 9 6 3 6、コンバータ 9 6 3 8、スイッチ SW 1 乃至 SW 3 が、図 1 6 ( B ) に示す充放電制御回路 9 6 3 4 に対応する箇所となる。

10

【 0 2 5 0 】

まず外光により太陽電池 9 6 3 3 により発電がされる場合の動作の例について説明する。太陽電池で発電した電力は、バッテリー 9 6 3 5 を充電するための電圧となるよう DCDCコンバータ 9 6 3 6 で昇圧または降圧がなされる。そして、表示部 9 6 3 1 の動作に太陽電池 9 6 3 3 で充電された電力が用いられる際にはスイッチ SW 1 をオンにし、コンバータ 9 6 3 8 で表示部 9 6 3 1 に必要な電圧に昇圧または降圧をすることとなる。また、表示部 9 6 3 1 での表示を行わない際には、SW 1 をオフにし、SW 2 をオンにしてバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成とすればよい。

【 0 2 5 1 】

なお、太陽電池 9 6 3 3 については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、圧電素子（ピエゾ素子）や熱電変換素子（ペルティエ素子）などの他の発電手段によってバッテリー 9 6 3 5 の充電を行う構成であってもよい。無線（非接触）で電力を送受信して充電する無接点電力伝送モジュールや、また他の充電手段を組み合わせる構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

20

【 0 2 5 2 】

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

【 0 2 5 3 】

また、図 1 7 ( A ) ~ ( C ) に、折りたたみ可能な携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 7 ( A ) に展開した状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 7 ( B ) に展開した状態又は折りたたんだ状態の一方から他方に変化する途中の状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。図 1 7 ( C ) に折りたたんだ状態の携帯情報端末 9 3 1 0 を示す。携帯情報端末 9 3 1 0 は、折りたたんだ状態では可搬性に優れ、展開した状態では、継ぎ目のない広い表示領域により表示の一覧性に優れる。

30

【 0 2 5 4 】

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

40

【実施例 1】

【 0 2 5 5 】

本実施例では、本発明の一態様の作製方法を用いて作製した発光素子（発光素子 1）について、同様の作製方法で作製し、正面輝度をできるだけ小さくした構成を有する測定用の

50

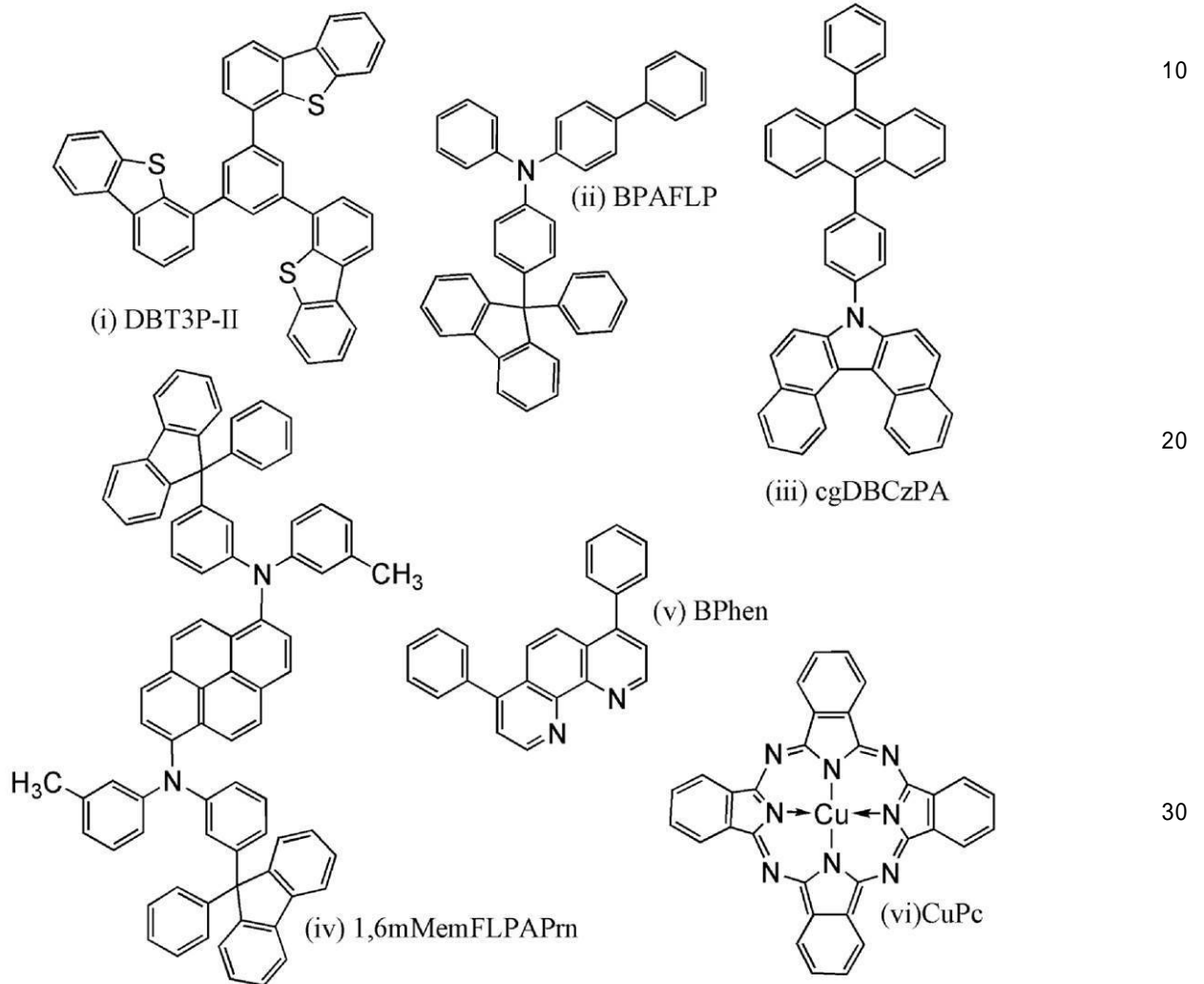
発光素子（発光素子 1 - 1）を用いて、a を求めた結果について詳しく説明する。

【0256】

まず、本発明の一態様の発光素子の作製方法及び作製された発光素子の構造について説明する。作製した発光素子に用いた有機化合物について以下に示す。また、測定用の発光素子の構造を図 28 に示す。

【0257】

【化 1】



【0258】

（発光素子 1 の作製方法）

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 101 を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

【0259】

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

【0260】

その後、 $10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 30 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷した。

【0261】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 101 上に、

40

30

50

抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 ( i ) で表される 4 , 4 ' , 4 ' ' - ( ベンゼン - 1 , 3 , 5 - トリイル ) トリ ( ジベンゾチオフェン ) ( 略称 : D B T 3 P - I I ) と酸化モリブデン ( V I ) とを重量比 4 : 2 ( = D B T 3 P - I I : 酸化モリブデン ) となるように 1 0 n m 共蒸着して正孔注入層 1 1 1 を形成した。

【 0 2 6 2 】

次に、正孔注入層 1 1 1 上に、上記構造式 ( i i ) で表される 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 ) を膜厚 3 0 n m となるように蒸着し、正孔輸送層 1 1 2 を形成した。

【 0 2 6 3 】

続いて、上記構造式 ( i i i ) で表される 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 ) と上記構造式 ( i v ) で表される 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 ) とを、重量比 1 : 0 . 0 3 ( = c g D B C z P A : 1 , 6 m M e m F L P A P r n ) となるように 1 5 n m 共蒸着して発光層 1 1 3 を形成した。なお、発光層 1 1 3 を形成する際 ( 蒸着中 ) 、蒸着室内に設けられた Q - M A S S ( U L V A C 社製、残留ガス分析計 Q u l e e B G M - 2 0 2 ) による測定において、全圧は  $1 \times 10^{-4}$  Pa 付近を推移し、分子量 4 4 として検出される二酸化炭素の分圧は  $6 \times 10^{-7}$  Pa 付近を推移していた。 ( 図 3 0 参照。なお図 3 0 においては、蒸着開始からの経過時間を表す横軸における 0 0 : 1 8 : 0 0 から 0 0 : 2 3 : 0 0 までが発光層を形成していた期間に相当する。 ) すなわち、蒸着時の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率は、約 0 . 6 % であった。このように、蒸着時の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が 0 . 0 3 % よりも大きいこと、具体的には 0 . 1 % 以上であることが重要である。なお、Q - M A S S は分子量 1 ~ 2 0 0 のガスしか検出していないため、Q - M A S S の全圧はチャンパー内の実際の全圧とは厳密には異なる。しかし、分子量が 2 0 0 を超えるガス成分の分圧は無視できるほど小さいため、いずれの全圧を用いても同様の結果が得られる。

【 0 2 6 4 】

その後、発光層 1 1 3 上に、c g D B C z P A を膜厚 2 0 n m となるように蒸着した後、上記構造式 ( v ) で表されるバソフェナントロリン ( 略称 : B P h e n ) を膜厚 1 5 n m となるように蒸着し、電子輸送層 1 1 4 を形成した。

【 0 2 6 5 】

電子輸送層 1 1 4 を形成した後、酸化リチウム ( L i <sub>2</sub> O ) を膜厚 0 . 1 n m となるように蒸着して電子注入層 1 1 5 を形成し、続いてアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚となるように蒸着することで第 2 の電極 1 0 2 を形成して発光素子 1 を作製した。

【 0 2 6 6 】

( 発光素子 1 - 1 の作製方法 )

発光素子 1 - 1 は上記発光素子 1 の電子注入層 1 1 5 を形成した後、上記構造式 ( v i ) で表される銅フタロシアニン ( 略称 : C u P c ) を 2 n m となるように蒸着して電子リレー層 1 1 8 を形成し、D B T 3 P - I I と酸化モリブデン ( V I ) とを重量比 2 : 1 ( = D B T 3 P - I I : 酸化モリブデン ) となるように 6 0 n m 共蒸着して P 型層 1 1 7 を形成し、膜厚調節層を形成した。

【 0 2 6 7 】

発光素子 1 及び発光素子 1 - 1 の素子構造を以下の表にまとめる。

【 0 2 6 8 】

10

20

30

40

【表 1】

	正孔 注入層	正孔 輸送層	発光層	電子輸送層		電子 注入層	膜厚調節層	
	10nm	30nm	15nm	20nm	15nm	0.1nm	2nm	60nm
発光 素子1	DBT3P-II: MoOx (4:2)	BPAFLP	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	Li <sub>2</sub> O	-	-
発光 素子1-1							CuPC	DBT3P-II: MoOx (4:2)

【 0 2 6 9 】

10

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

【 0 2 7 0 】

発光素子 1 の外部量子効率 - 輝度特性を図 20 に示す。また、発光素子 1 及び発光素子 1 - 1 の輝度 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 2 に示す。

【 0 2 7 1 】

【表 2】

20

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 <sub>x</sub>	色度 <sub>y</sub>	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子1	3.3	0.27	6.9	0.14	0.18	14	11
発光素子1-1	4.6	4.38	110	0.23	0.36	1.0	0.4

【 0 2 7 2 】

このように、発光素子 1 は外部量子効率 11% の非常に良好な効率を示す発光素子であることがわかる。

【 0 2 7 3 】

発光素子 1 - 1 は発光素子 1 にさらに膜厚調節層を形成した素子である。発光素子の光路長を調整することによって、正面方向に向かう光を減衰させ、配向状態を表す a の値を求めやすくした。なお、発光素子 1 と発光素子 1 - 1 はその構成及び作製方法において膜厚調節層の有無のみが異なるものであるため、発光層における発光物質の配向状態は同じであると推察できる。

30

【 0 2 7 4 】

発光素子 1 - 1 を用いて、発光層における発光材料の配向状態について調べた。まず、図 29 に示したように、発光素子 1 - 1 が設けられた基板を検出器（浜松ホトニクス社製マルチチャンネル分光器 PMA - 12）に対して θ = 0 度から 80 度まで傾けながら 1 度毎に EL 発光スペクトルを測定し、EL 発光のスペクトル形状の角度依存性を測定した。この測定では、発光素子 1 - 1 と検出器との間には、基板面に垂直に直線偏光子（グラントリー偏光プリズム）を挿入し、発光素子 1 - 1 が発する光から S 偏光を除き、P 偏光のみのスペクトルを測定した。

40

【 0 2 7 5 】

図 21 に、縦軸に角度（θ）における EL 発光スペクトルの 440 nm から 956 nm までの面積強度、横軸に検出器の角度（φ）を表すグラフを示した。図中、○ のプロットとして示したグラフが実測値、実線や破線で示したグラフが、有機デバイスシミュレータである setfos における計算結果である。当該計算は、素子で使用している各層の膜厚、屈折率および消衰係数の実測値、ドーパントの発光スペクトルの実測値、発光領域の位置および幅、および配向パラメータ a を入力して行った。これらの内、各層の膜厚、屈折率、消衰係数は分光エリプソメーター（ジェー・エー・ウーラム・ジャパン社製 M - 20

50



00U)を用いて測定した。測定には、石英基板上に当該材料を真空蒸着法により150nm成膜した膜を使用した。ドーパントの発光スペクトルは蛍光光度計(浜松ホトニクス社製FS920)を用いて測定した。測定には、石英基板上にcgDBCzPAと1,6mMemFLPAPrnとを重量比1:0.03、膜厚はcgDBCzPAが50nmとなるように真空蒸着法により共蒸着成膜した膜を使用した。setfosによる計算では、さらに発光領域の設定を行う。ここでは、ホール輸送層と発光層の界面を頂点として、再結合確率が陰極方向に対して指数関数的な減衰曲線を示す発光領域の状態(exponential)を仮定し、再結合確率が $1/e$ に減衰する膜厚が10nmとなるように発光領域が広がっていると設定した。これにより、パラメータaごとに、その発光スペクトルの面積強度の角度依存性を算出することができる。発光素子1-1の測定値は $a = 0.16$ の時の計算値と良い一致を示した。

10

#### 【0276】

また、図22に、発光素子1-1のEL発光スペクトルの角度依存性を測定した2D等高線図(実測)を示す。また、図23には計算により得られた2D等高線図を示した。図より、これらは良い一致を示していることがわかり、このことは、本実験と計算とで発光素子1及び発光素子1-1における発光材料の配向が正確に求められたことを示唆している。

#### 【0277】

ここで、遷移双極子の向きがランダムである場合のaの値が $1/3 = 0.33$ 、完全に基板に対して水平である場合のaの値が0であり、 $a = 0$ である場合の取出し効率が $a = 1/3 = 0.33$ である場合の光取出し効率の1.5倍になることを鑑みると、今回の $a = 0.16$ という値を有する発光素子は、ランダム配向である発光素子の1.26倍の光取出し効率となることがわかる。つまり、本発明の発光素子は、ランダム配向である素子の1.26倍の発光効率を示すことになる。

20

#### 【0278】

なお、発光素子1と発光素子1-1は、その発光層の材料も、成膜方法も同じであるため、発光素子1は、発光素子1-1と同様に、 $a = 0.16$ の配向を有すると言える。発光素子1は外部量子効率11%の非常に良好な値を示す発光素子であり、aの値が0.2以下であることで、良好な発光効率を有する発光素子を得ることができた。なおこの素子は、過渡EL測定の結果から、TTAが発生していることもわかった。また、cgDBCzPAと1,6mMemFLPAPrnとを重量比1:0.03、膜厚はcgDBCzPAが50nmとなるように真空蒸着法により共蒸着成膜した膜の量子収率は、360nm励起光において、平均で0.85であった。すなわち、本実施例の発光層はaが0.2以下、かつ蛍光量子収率が0.84以上であり、TTAが生じていなかったとしても、外部量子効率が7.5%以上となり得る理論的条件を満たしている。また本実施例では、このことに加えて、TTAが発生しているおかげで外部量子効率が10%を超えている非常に良好な特性を有する発光素子を得ることができた。

30

#### 【実施例2】

#### 【0279】

本実施例では、本発明の一態様の作製方法を用いて作製した発光素子(発光素子2)について、同様の作製方法で作製し、正面輝度をできるだけ小さくした構成を有する測定用の発光素子(発光素子2-1)を用いて、aを求めた結果について詳しく説明する。

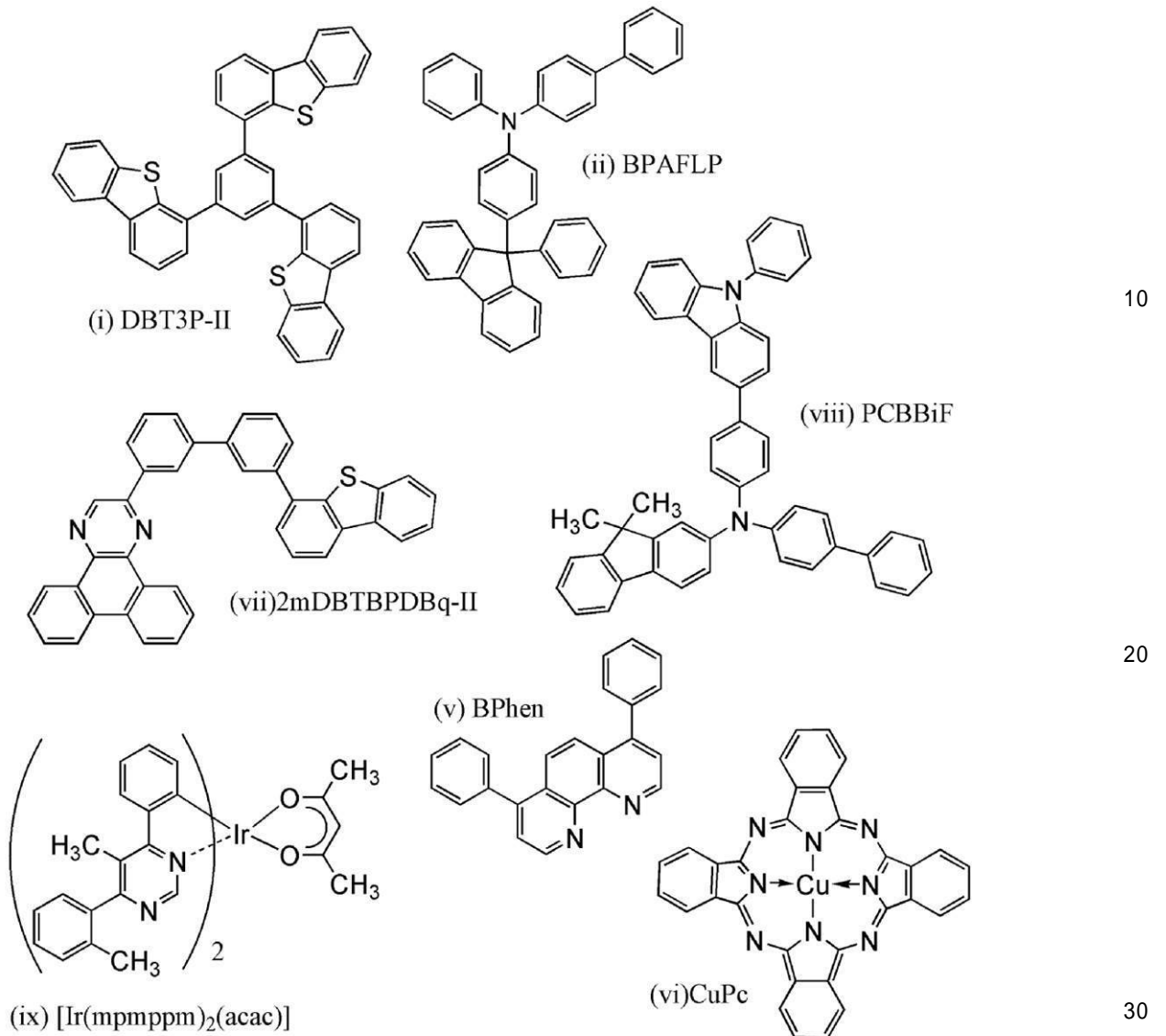
40

#### 【0280】

まず、本発明の一態様の発光素子の作製方法及び作製された発光素子の構造について説明する。作製した発光素子に用いた有機化合物について以下に示す。また、測定用の発光素子の構造を図28に示す。

#### 【0281】

## 【化 2】



## 【 0 2 8 2 】

(発光素子 2 の作製方法)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極 101 を形成した。なお、その膜厚は 70 nm とし、電極面積は 2 mm × 2 mm とした。

## 【 0 2 8 3 】

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

## 【 0 2 8 4 】

その後、 $10^{-4}$  Pa 程度まで内部が減圧された真空蒸着装置に基板を導入し、真空蒸着装置内の加熱室において、170 で 30 分間の真空焼成を行った後、基板を 30 分程度放冷した。

## 【 0 2 8 5 】

次に、第 1 の電極 101 が形成された面が下方となるように、第 1 の電極 101 が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、第 1 の電極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により上記構造式 (i) で表される 4, 4', 4'' - (ベンゼン - 1, 3, 5 - トリイル) トリ (ジベンゾチオフェン) (略称: DBT3P - II) と酸化モリブデン (VI) とを重量比 4 : 2 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン) となるように 50 nm 共蒸着して正孔注入層 111 を形成した。

10

20

30

40

50

## 【0286】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(i i)で表される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:BP AFLP)を膜厚20nmとなるように蒸着し、正孔輸送層112を形成した。

## 【0287】

続いて、上記構造式(v i i)で表される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:2mDBTBPD Bq- I I)と上記構造式(v i i i)で表されるN-(1, 1'-ビフェニル-4-イル)-9, 9-ジメチル-N-[4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)フェニル]-9H-フルオレン-2-アミン(略称:PCBBiF)と上記構造式(i x)で表されるビス{2-[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-ピリミジニル-N3]フェニル-C}(2, 4-ペンタンジオナト-<sup>2</sup>O, O')イリジウム(I I I)(略称:[Ir(m p m p p m)<sub>2</sub>(a c a c)])とを、重量比0.8:0.2:0.05(=2mDBTBPD Bq- I I:PCBBiF:[Ir(m p m p p m)<sub>2</sub>(a c a c)])となるように40nm共蒸着して発光層113を形成した。なお、発光層113を形成する際(蒸着中)、蒸着室内に設けられたQ-MASSの測定において、全圧は $2 \times 10^{-4}$ Pa付近を推移し、分子量44として検出される二酸化炭素の分圧は $1 \times 10^{-6}$ Pa付近を推移していた。(図31参照。なお図31においては、蒸着開始からの経過時間を表す横軸における00:18:00から00:19:20までが発光層を形成していた期間に相当する。)すなわち、蒸着時の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率は、約0.5%であった。このように、蒸着時の全圧に対する二酸化炭素の分圧の比率が0.03%よりも大きいこと、具体的には0.1%以上であることが重要である。なお、Q-MASSは分子量1~200のガスしか検出していないため、Q-MASSの全圧はチャンパー内の実際の全圧とは厳密には異なる。しかし、分子量が200を超えるガス成分の分圧は無視できるほど小さいため、いずれの全圧を用いても同様の結果が得られる。

10

20

## 【0288】

その後、発光層113上に、2mDBTBPD Bq- I Iを膜厚25nmとなるように蒸着した後、上記構造式(v)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を膜厚10nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

30

## 【0289】

電子輸送層114を形成した後、酸化リチウム(Li<sub>2</sub>O)を膜厚0.1nmとなるように蒸着して電子注入層115を形成し、続いてアルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで第2の電極102を形成して本実施例の発光素子2を作製した。

## 【0290】

(発光素子2-1の作製方法)

発光素子2-1は上記発光素子2の電子注入層115を形成した後、上記構造式(v i)で表される銅フタロシアニン(略称:CuPc)を2nm形成し、DBT3P- I Iと酸化モリブデン(V I)とを重量比2:1(=DBT3P- I I:酸化モリブデン)となるように85nm共蒸着して膜厚調節層を形成した。

40

## 【0291】

発光素子2及び発光素子2-1の素子構造を以下の表にまとめる。

## 【0292】

【表 3】

	正孔注入層	正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層	膜厚調節層	
	50nm	20nm	40nm	25nm	10nm	0.1nm	2nm	85nm
発光素子2	DBT3P-II: MoOx (4:2)	BPAFLP	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: [Ir(mppppm) <sub>2</sub> (acac)]	2mDBTBPDBq-II	BPhen	Li <sub>2</sub> O	-	-
発光素子2-1			[Ir(mppppm) <sub>2</sub> (acac)] (0.8:0.2:0.05)				CuPC	DBT3P-II: MoOx (4:2)

## 【0293】

10

発光素子2及び発光素子2-1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大气に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、発光素子2及び発光素子2-1の初期特性について測定を行った。なお、測定は25℃に保たれた雰囲気で行った。

## 【0294】

発光素子2の外部量子効率-輝度特性を図24に示す。また、発光素子2及び発光素子2-1の輝度1000cd/m<sup>2</sup>付近における主要な特性を表4に示す。

## 【0295】

## 【表4】

20

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度 <sub>x</sub>	色度 <sub>y</sub>	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
発光素子2	2.8	0.03	0.8	0.49	0.50	105	30
発光素子2-1	4.2	0.90	23	0.49	0.50	4.1	2.5

## 【0296】

このように、発光素子2は外部量子効率30%の非常に良好な効率を示す発光素子であることがわかる。ここで、今回用いた発光材料である[Ir(mppppm)<sub>2</sub>(acac)]の発光量子収率(η<sub>int</sub>)は0.84であることがわかっている。キャリアバランス(β)が1、励起子生成割合(γ)が1であるとすると、光取出し効率(η<sub>ext</sub>)は、35.7%と算出される。これは、一般に言われている光取出し効率の理論値20%~30%よりも非常に大きい値となっている。

30

## 【0297】

発光素子2-1は発光素子2にさらに膜厚調節層を形成した素子である。発光素子の光路長を調整することによって、正面方向に向かう光を減衰させることにより、配向状態を表すaの値を求めやすくした。なお、発光素子2と発光素子2-1はその構成及び作製方法において膜厚調節層の有無のみが異なるものであるため、発光層における発光物質の配向状態は同じであると推察できる。

## 【0298】

発光素子2-1を用いて、発光層における発光材料の配向状態について調べた。まず、図29に示したように、発光素子2-1が設けられた基板を検出器（浜松ホトニクス社製マルチチャンネル分光器PMA-12）に対してθ=0度から80度まで傾けながら1度毎にEL発光スペクトルを測定し、EL発光のスペクトル形状の角度依存性を測定した。この測定では、発光素子2-1と検出器との間には、基板面に垂直に直線偏光子（グラネター偏光プリズム）を挿入し、発光素子2-1が発する光からS偏光を除き、P偏光のみのスペクトルを測定した。

40

## 【0299】

図25に、縦軸に角度(θ)におけるEL発光スペクトルの440nmから956nmまでの面積強度、横軸に検出器の角度(φ)を表すグラフを示した。図中、○のプロットとして示したグラフが実測値、実線や破線で示したグラフが、有機デバイスシミュレータで

50

ある *setfos* における計算結果である。当該計算は、素子で使用している各層の膜厚、屈折率および消衰係数の実測値、ドーパントの発光スペクトルの実測値、発光領域の位置および幅、および配向パラメータ  $a$  を入力して行った。これらの内、各層の膜厚、屈折率、消衰係数は分光エリプソメーター（ジェー・イー・ウーラム・ジャパン社製 M-2000U）を用いて測定した。測定には、石英基板上に当該材料を真空蒸着法により 150 nm 成膜した膜を使用した。ドーパントの発光スペクトルは蛍光光度計（浜松ホトニクス社製 FS920）を用いて測定した。測定には、石英基板上に 2 m D B T B P D B q - I I と P C B B i F と I r ( m p m p p m )<sub>2</sub> ( a c a c ) とを重量比 0.8 : 0.2 : 0.05、膜厚は 50 nm となるように真空蒸着法により共蒸着成膜した膜を使用した。 *setfos* による計算では、さらに、発光領域の設定を行う。ここでは、ホール輸送層と発光層の界面を頂点として、再結合確率が陰極方向に対して指数関数的な減衰曲線を示す発光領域の状態 ( *exponential* ) を仮定し、再結合確率が  $1/e$  に減衰する膜厚が 25 nm となるように発光領域が広がっていると設定した。これにより、パラメータ  $a$  ごとに、その発光スペクトルの面積強度の角度依存性を算出することができる。発光素子 2 - 1 の測定値は  $a = 0.18$  の時の計算値と良い一致を示した。

10

#### 【0300】

また、図 26 に、発光素子 2 - 1 の EL 発光スペクトルの角度依存性を測定した 2D 等高線図（実測）を示す。また、図 27 には計算によって得られた 2D 等高線図を示した。図より、これらは良い一致を示していることがわかり、このことは、本実験と計算とで発光素子 2 及び発光素子 2 - 1 における発光材料の配向が正確に求められたことを示唆している。

20

#### 【0301】

ここで、遷移双極子の向きがランダムである場合の  $a$  の値が  $1/3 = 0.33$ 、完全に基板に対して水平である場合の  $a$  の値が 0 であり、  $a = 0$  である場合の取出し効率が  $a = 1/3 = 0.33$  である場合の光取出し効率の 1.5 倍になることを鑑みると、今回の  $a = 0.18$  という値を有する発光素子は、ランダム配向である発光素子の 1.23 倍の光取出し効率となることがわかる。

#### 【0302】

なお、発光素子 2 と発光素子 2 - 1 は、その発光層の材料も、成膜方法も同じであるため、発光素子 2 の発光層は、発光素子 2 - 1 と同様に、  $a = 0.18$  の配向を有すると言える。発光素子 2 は外部量子効率 30% の非常に良好な値を示す発光素子であり、  $a$  の値が 0.2 以下であることで、良好な発光効率を有する発光素子を得ることができた。また、2 m D B T B P D B q - I I と P C B B i F と I r ( m p m p p m )<sub>2</sub> ( a c a c ) とを重量比 0.8 : 0.2 : 0.05、膜厚は 50 nm となるように真空蒸着法により共蒸着成膜した膜の量子収率は、370 nm の励起光において、平均で 0.84 であった。すなわち、本実施例の発光層は  $a$  が 0.2 以下、かつ燐光量子収率が 0.84 以上であり、外部量子効率が 30% 以上となり得る理論的条件を満たしている。

30

#### 【符号の説明】

#### 【0303】

- 101 第1の電極
- 102 第2の電極
- 103 EL層
- 111 正孔注入層
- 112 正孔輸送層
- 113 発光層
- 114 電子輸送層
- 115 電子注入層
- 116 電荷発生層
- 117 P型層
- 118 電子リレー層

40

50

1 1 9	電子注入バッファ層	
1 5 0	観測方向	
1 5 1	x 軸方向および y 軸方向	
1 5 2	z 軸方向	
4 0 0	基板	
4 0 1	第 1 の電極	
4 0 3	E L 層	
4 0 4	第 2 の電極	
4 0 5	シール材	
4 0 6	シール材	10
4 0 7	封止基板	
4 1 2	パッド	
4 2 0	I C チップ	
5 0 1	第 1 の電極	
5 0 2	第 2 の電極	
5 0 3	E L 層	
5 1 1	第 1 の発光ユニット	
5 1 2	第 2 の発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
6 0 1	駆動回路部 ( ソース線駆動回路 )	20
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 ( ゲート線駆動回路 )	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C ( フレキシブルプリントサーキット )	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	30
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	n チャネル型 F E T	
6 2 4	p チャネル型 F E T	
6 3 1	着色層	
6 3 2	遮光膜	
6 3 3 a	配向膜	40
6 3 3 b	配向膜	
6 3 4	着色層	
6 3 5	導電膜	
6 4 0	液晶素子	
6 4 1	接着層	
6 4 2	接着層	
6 4 3	導電膜	
6 4 4	E L 層	
6 4 5 a	導電膜	
6 4 5 b	導電膜	50

6 4 6	絶縁膜	
6 4 7	絶縁膜	
6 4 8	導電膜	
6 4 9	接統層	
6 5 1	基板	
6 5 2	導電膜	
6 5 3	半導体膜	
6 5 4	導電膜	
6 5 5	開口	
6 5 6	偏光板	10
6 5 9	回路	
6 6 0	発光素子	
6 6 1	基板	
6 6 2	表示部	
6 6 3	導電膜	
6 6 6	配線	
6 7 2	F P C	
6 7 3	I C	
6 8 1	絶縁膜	
6 8 2	絶縁膜	20
6 8 3	絶縁膜	
6 8 4	絶縁膜	
6 8 5	絶縁膜	
6 8 6	接統体	
6 8 7	接統部	
6 8 8	表示パネル	
6 8 9	トランジスタ	
6 9 0	接統部	
6 9 1	トランジスタ	
6 9 2	トランジスタ	30
6 9 3	接統部	
6 9 4	液晶層	
6 9 5	導電膜	
6 9 6	絶縁膜	
6 9 7	絶縁膜	
6 9 8	絶縁膜	
6 9 9	導電膜	
7 3 0	絶縁膜	
7 7 0	平坦化絶縁膜	
7 7 2	導電膜	40
7 8 2	発光素子	
7 8 3	液滴吐出装置	
7 8 4	液滴	
7 8 5	層	
7 8 6	E L 層	
7 8 8	導電膜	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	
9 0 4	筐体	50

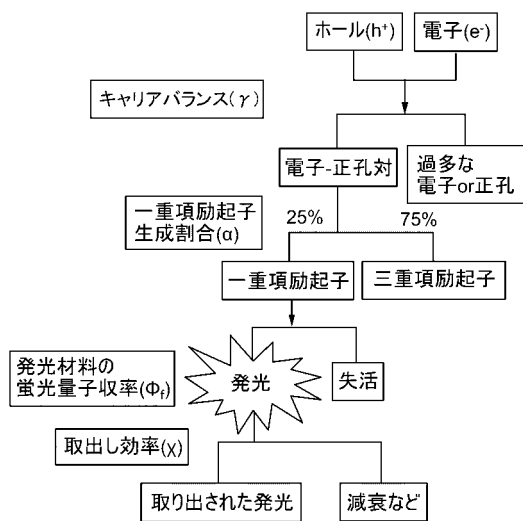
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	10
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第 1 の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第 2 の層間絶縁膜	
1 0 2 2	電極	
1 0 2 4 W	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 R	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 4 G	発光素子の第 1 の電極	20
1 0 2 4 B	発光素子の第 1 の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 9	発光素子の第 2 の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	30
1 0 3 5	黒色層 (ブラックマトリックス)	
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
1 4 0 0	液滴吐出装置	
1 4 0 2	基板	
1 4 0 3	液滴吐出手段	
1 4 0 4	撮像手段	
1 4 0 5	ヘッド	40
1 4 0 6	点線	
1 4 0 7	制御手段	
1 4 0 8	記憶媒体	
1 4 0 9	画像処理手段	
1 4 1 0	コンピュータ	
1 4 1 1	マーカー	
1 4 1 2	ヘッド	
1 4 1 3	材料供給源	
1 4 1 4	材料供給源	
1 4 1 5	材料供給源	50



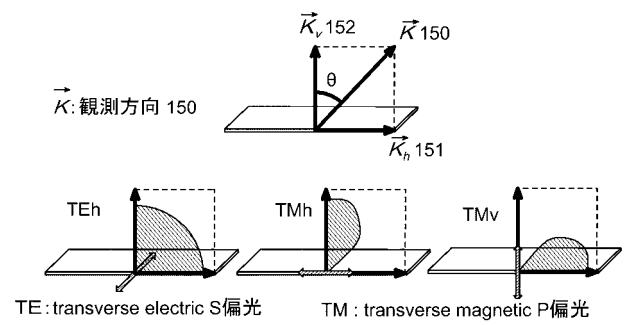
1 4 1 6	ヘッド	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	表示領域	
5 0 0 1	表示領域	
5 0 0 2	表示領域	
5 0 0 3	表示領域	
5 0 0 4	表示領域	
5 0 0 5	表示領域	10
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	
7 2 0 4	キーボード	20
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	第2の表示部	
7 4 0 1	筐体	
7 4 0 2	表示部	
7 4 0 3	操作ボタン	
7 4 0 4	外部接続ポート	
7 4 0 5	スピーカ	
7 4 0 6	マイク	
9 0 3 3	留め具	30
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	
9 0 3 8	操作スイッチ	
9 3 1 0	携帯情報端末	
9 3 1 1	表示パネル	
9 3 1 2	表示領域	
9 3 1 3	ヒンジ	
9 3 1 5	筐体	
9 6 3 0	筐体	40
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	タッチパネル領域	
9 6 3 2 b	タッチパネル領域	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	
9 6 3 6	D C D Cコンバータ	
9 6 3 7	操作キー	50

9 6 3 8      コンバータ  
9 6 3 9      ボタン

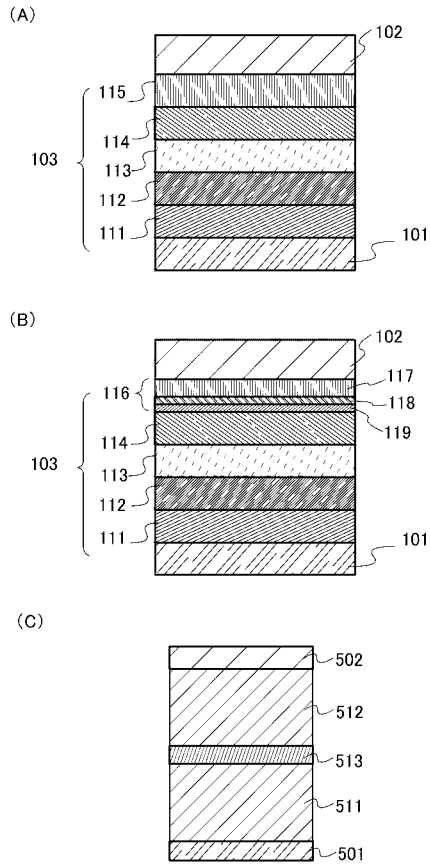
【 図 1 】



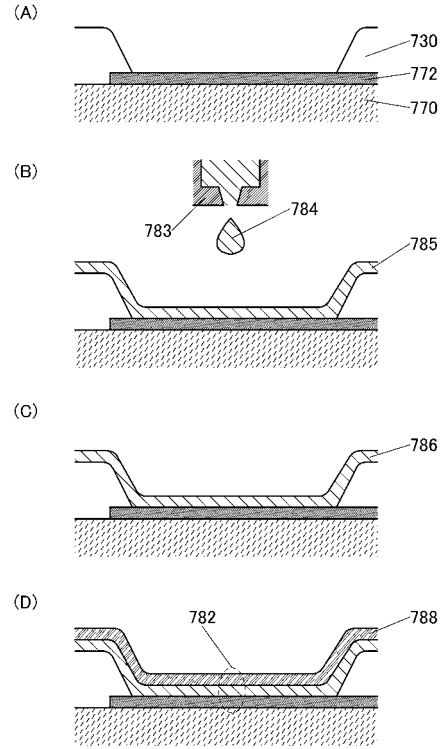
【 図 2 】



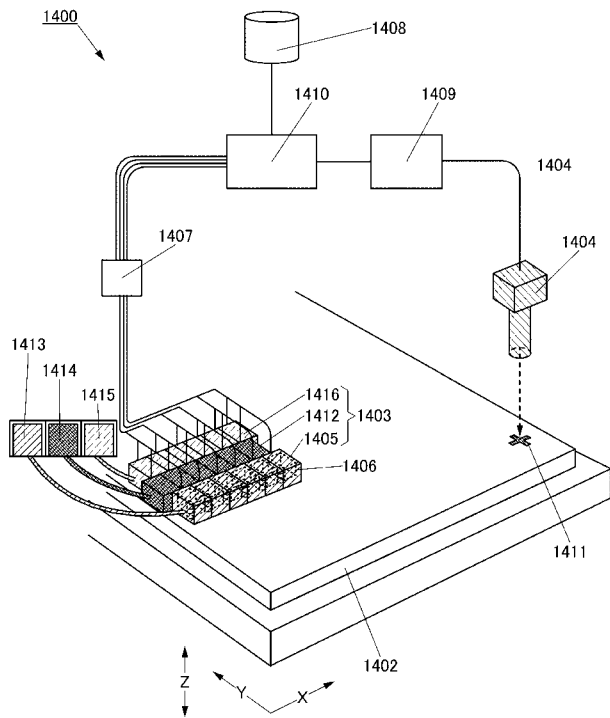
【 図 3 】



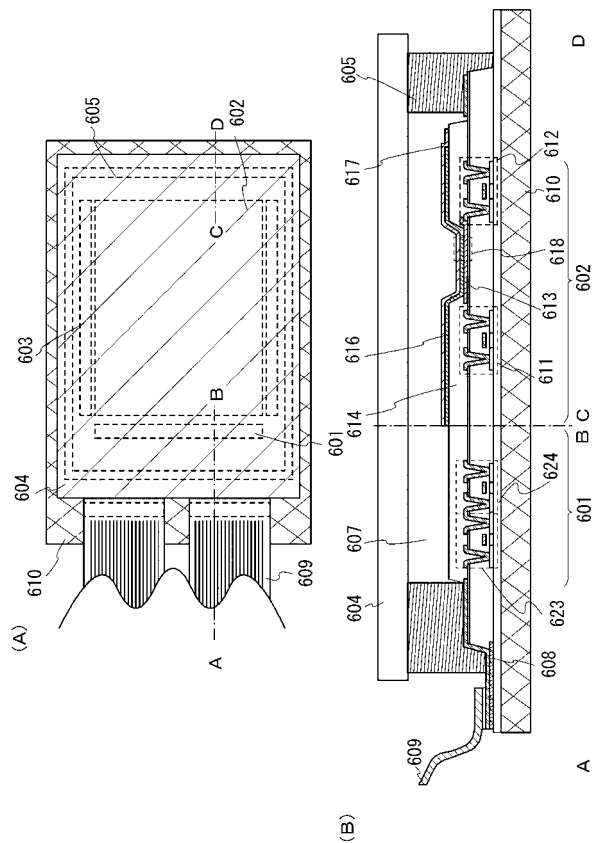
【 図 4 】



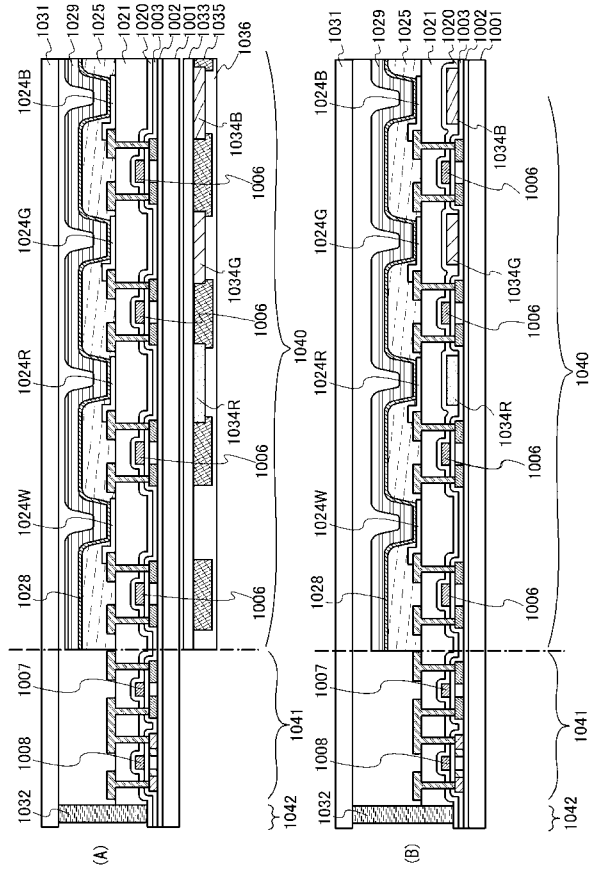
【 図 5 】



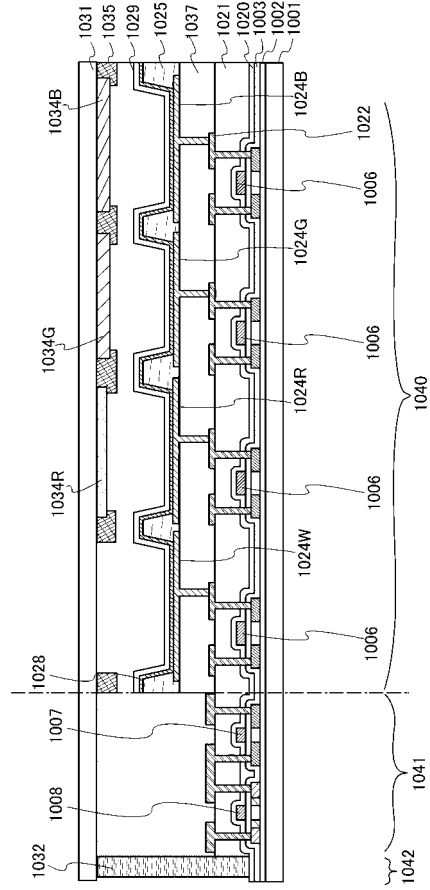
【 図 6 】



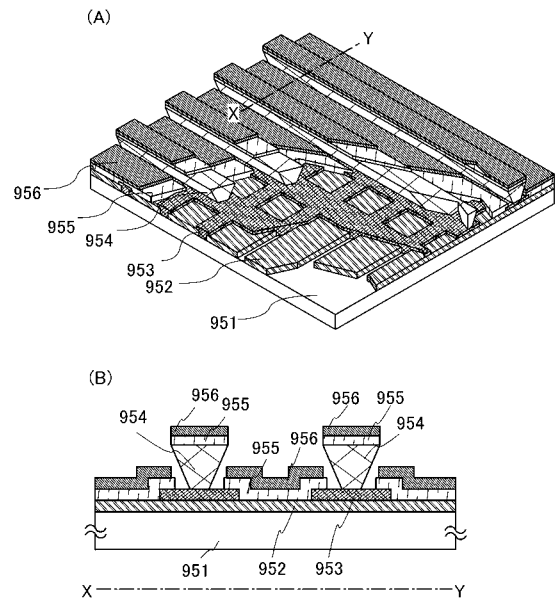
【 図 7 】



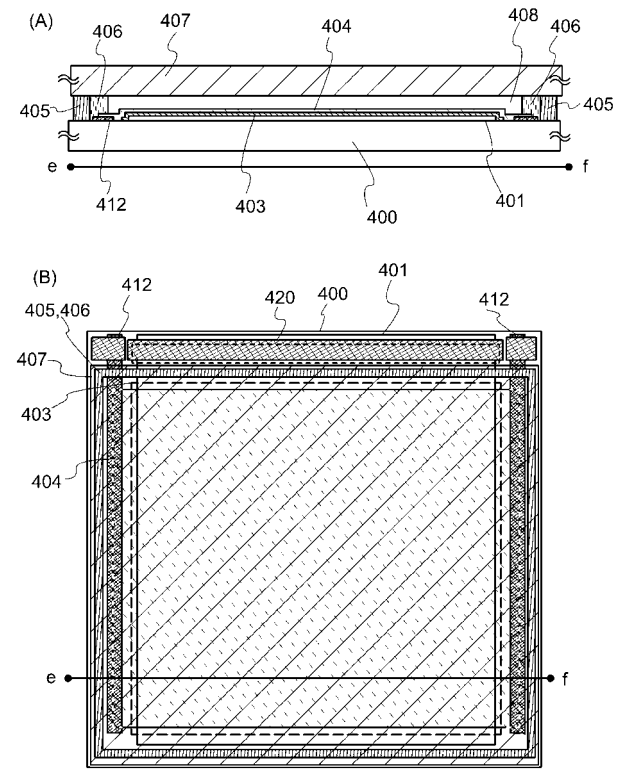
【 図 8 】



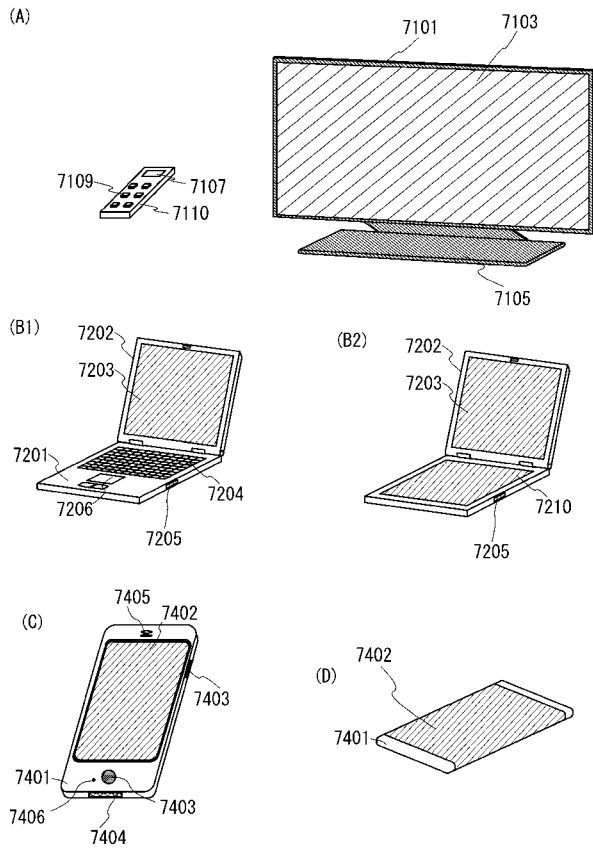
【 図 9 】



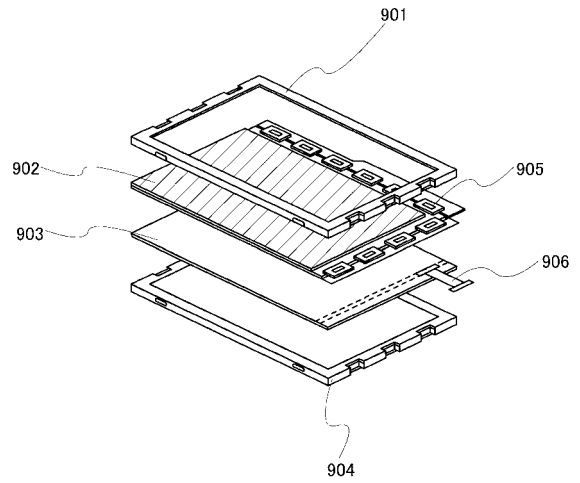
【 図 10 】



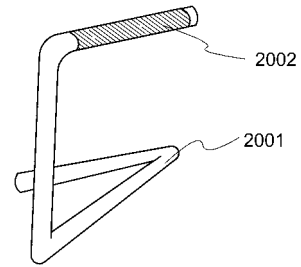
【図 1 1】



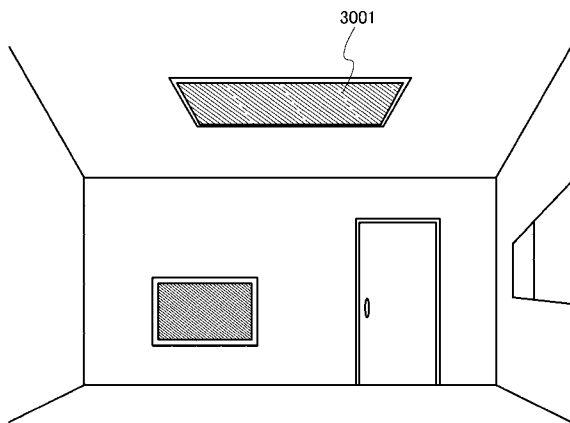
【図 1 2】



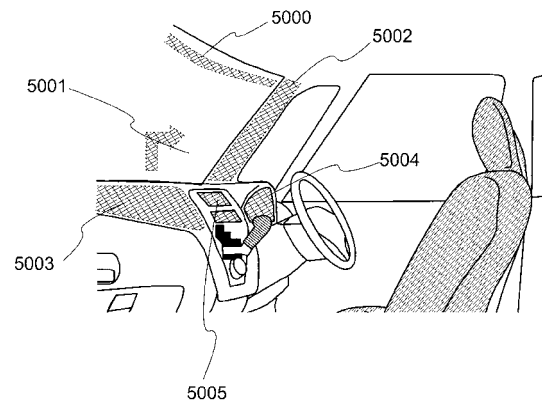
【図 1 3】



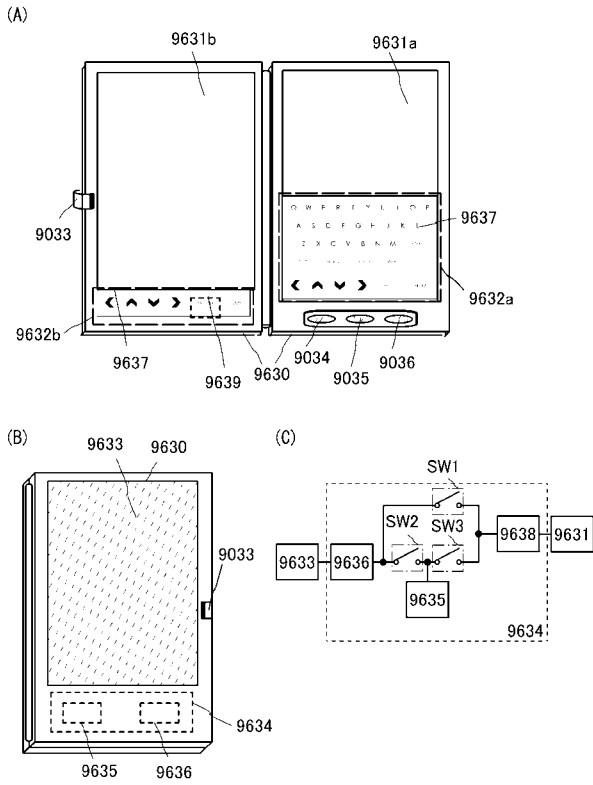
【図 1 4】



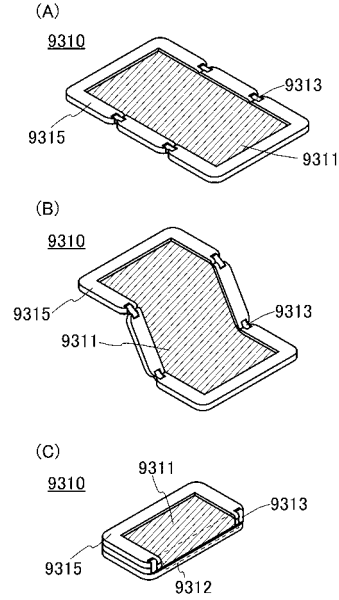
【図 1 5】



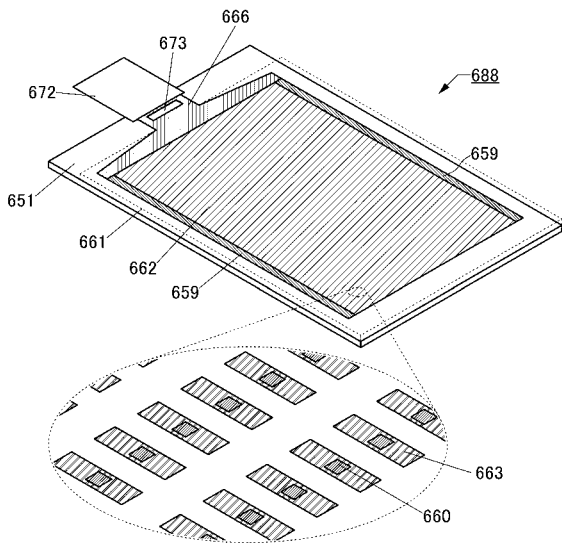
【 図 1 6 】



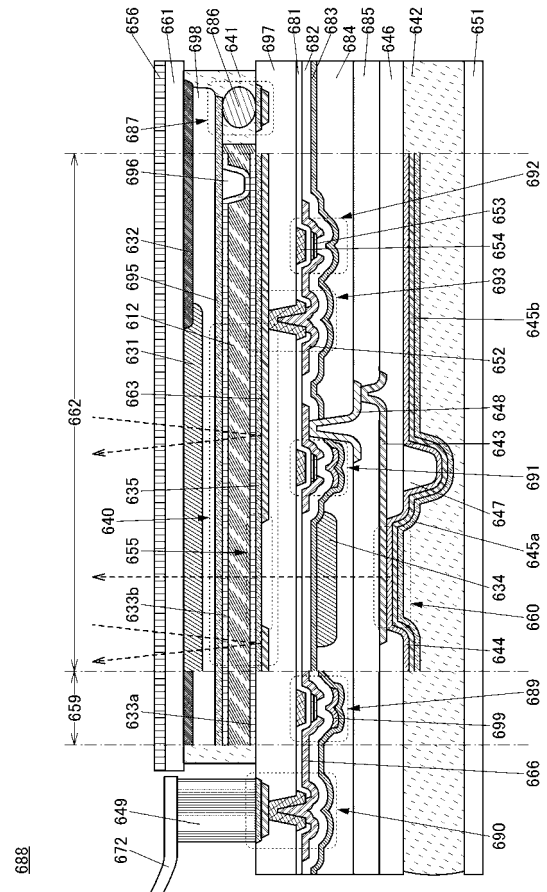
【 図 1 7 】



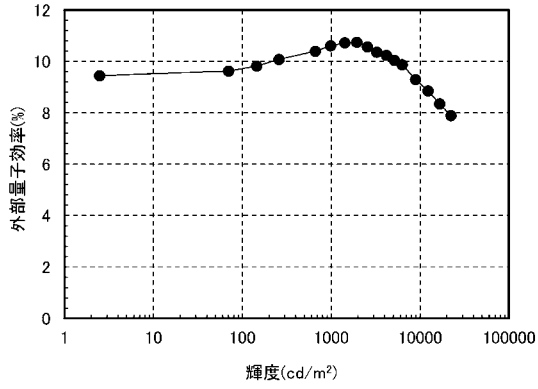
【 図 1 8 】



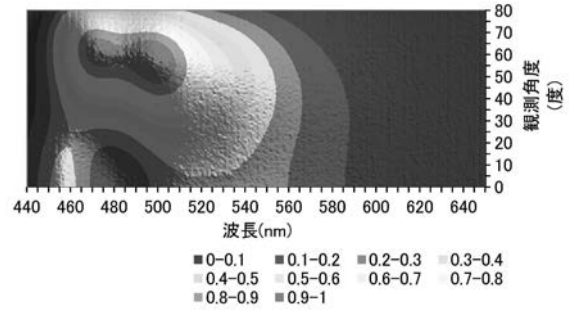
【 図 1 9 】



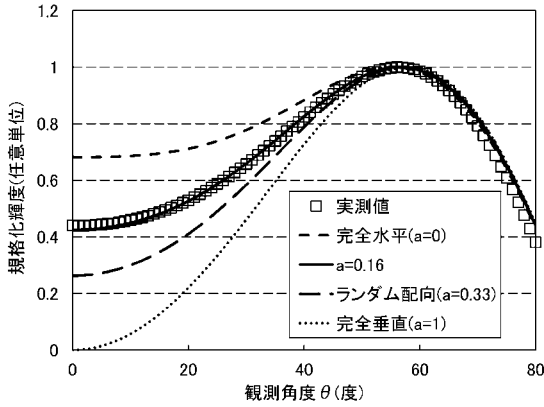
【 図 2 0 】



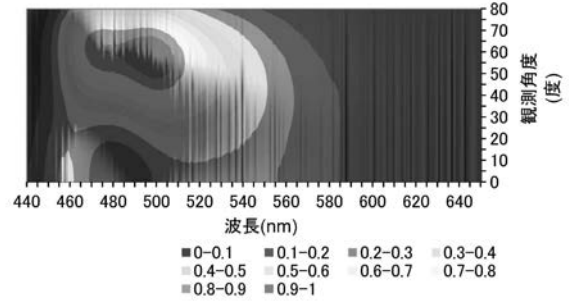
【 図 2 2 】



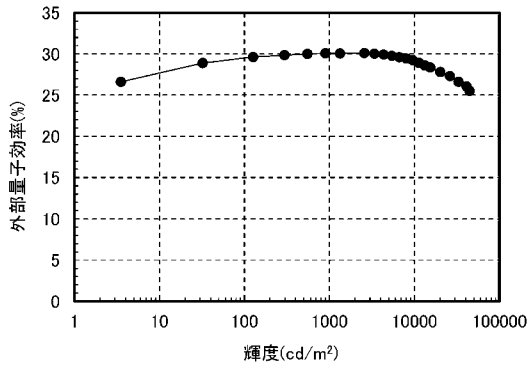
【 図 2 1 】



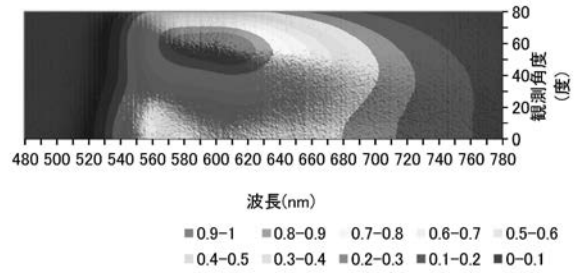
【 図 2 3 】



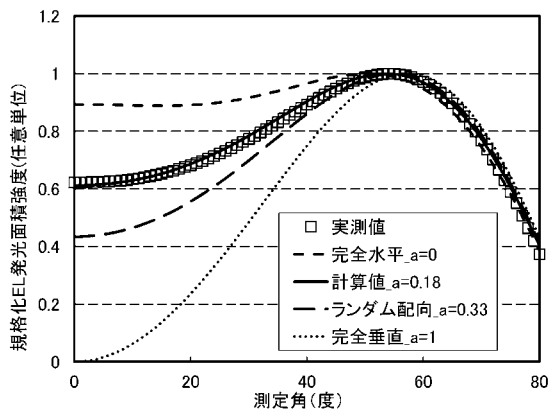
【 図 2 4 】



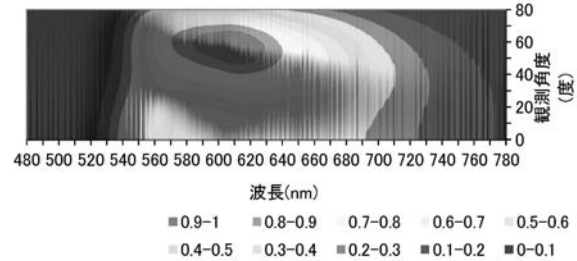
【 図 2 6 】



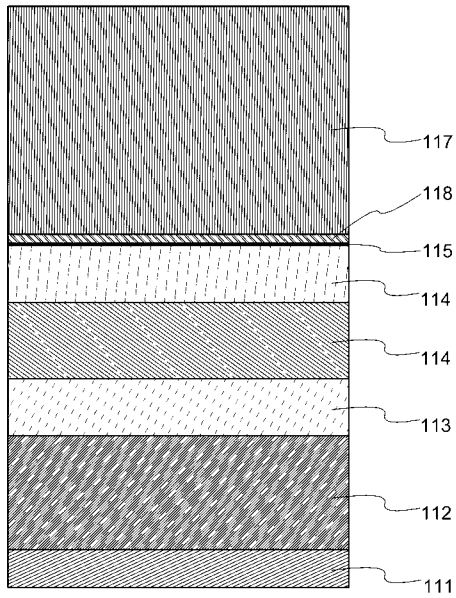
【 図 2 5 】



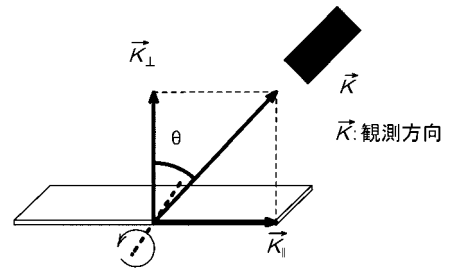
【 図 2 7 】



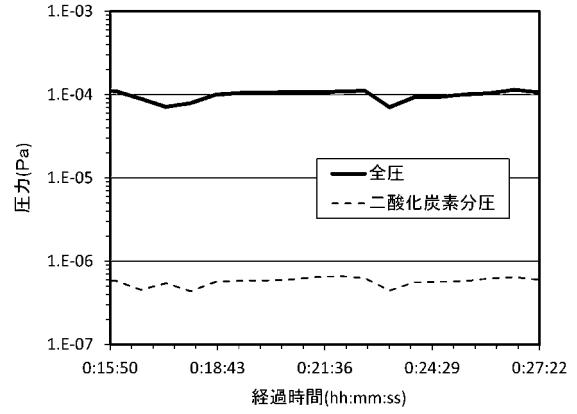
【 図 2 8 】



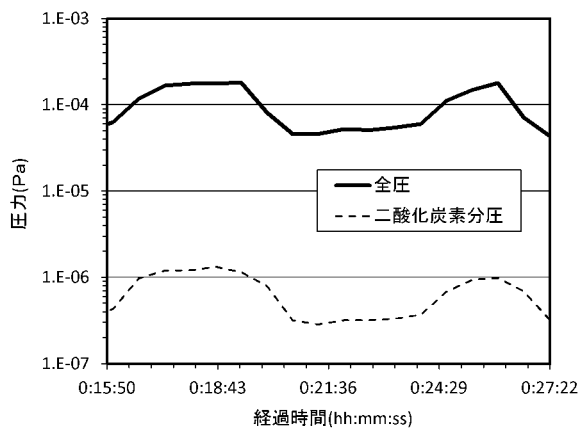
【 図 2 9 】



【 図 3 0 】



【 図 3 1 】





フロントページの続き

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB03 BB08 CC04 CC14 DD53 DD59 DD64  
DD66 DD67 DD68 DD69 FF14 FF17 GG04 GG28