

(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2014-90165
(P2014-90165A)

(43) 公開日 平成26年5月15日(2014.5.15)

(51) Int.Cl.

H01L 51/50 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01)

F 1

H05B 33/22
H05B 33/14
C09K 11/06D
B

テーマコード(参考)

3 K 1 O 7

審査請求 未請求 請求項の数 15 O L (全 44 頁)

(21) 出願番号 特願2013-208088 (P2013-208088)
 (22) 出願日 平成25年10月3日 (2013.10.3)
 (31) 優先権主張番号 特願2012-221243 (P2012-221243)
 (32) 優先日 平成24年10月3日 (2012.10.3)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(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
 (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
 小松 のぞみ
 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 尾坂 晴恵
 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 濑尾 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

最終頁に続く

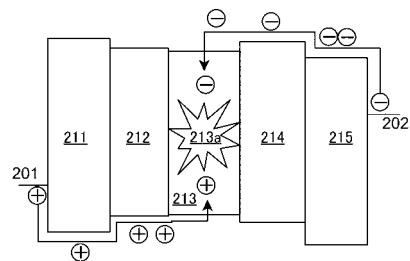
(54) 【発明の名称】発光素子、発光装置、表示装置、電子機器及び照明装置

(57) 【要約】

【課題】E-L層中のハロゲン化合物による悪影響を抑制しつつ、材料コストや製造コストが抑えられた、安価に製造可能な発光素子を提供する。

【解決手段】陽極と発光層との間に少なくとも2の層を有する発光素子において、当該2層のうち、陽極に近い方のハロゲン化物、ハロゲン元素の濃度が、発光層に近い方のそれよりも大きい発光素子を提供する。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

陽極と、

陰極と、

前記陽極と、前記陰極との間に挟まれたEL層とを有し、

前記EL層は、少なくとも前記陽極側から第1の層と、第2の層と、発光層とをこの順で有し、

第2の層は発光層と接しており、

前記第1の層に含まれるハロゲン化物は前記第2の層に含まれるハロゲン化物よりも多いことを特徴とする発光素子。

10

【請求項 2】

陽極と、

陰極と、

前記陽極と、前記陰極との間に挟まれたEL層とを有し、

前記EL層は、少なくとも前記陽極側から第1の層と、第2の層と、発光層とをこの順で有し、

第2の層は発光層と接しており、

前記第1の層に含まれるハロゲン元素は前記第2の層に含まれるハロゲン元素よりも多いことを特徴とする発光素子。

20

【請求項 3】

陽極と、

陰極と、

前記陽極と、前記陰極との間に挟まれたEL層とを有し、

前記EL層は、少なくとも前記陽極側から第1の層と、第2の層と、発光層とをこの順で有し、

第2の層は発光層と接しており、

前記第2の層に含まれるハロゲン元素はD-SIMSでの二次イオン強度比が炭素の強度の1/10000未満であり、

前記第1の層に含まれるハロゲン元素は前記第2の層に含まれるハロゲン元素よりも多いことを特徴とする発光素子。

30

【請求項 4】

請求項1乃至請求項3のいずれか一項において、前記第1の層に含まれるハロゲン元素がD-SIMSでの二次イオン強度比が炭素の強度の1/10000以上1/100以下である発光素子。

【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、

前記発光層は正孔輸送性よりも電子輸送性の高い層である発光素子。

【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の層は、正孔輸送性を有する有機化合物と、前記有機化合物にアクセプタ性を示す物質との混合膜であることを特徴とする発光素子。

40

【請求項 7】

請求項6において、前記有機化合物はジベンゾチオフェン骨格またはジベンゾフラン骨格を有する化合物である発光素子。

【請求項 8】

請求項6又は請求項7において、前記有機化合物は4,4',4''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)または4,4',4''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾフラン)である発光素子。

【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の層は正孔注入層であり、前記

50

第2の層は正孔輸送層である発光素子。

【請求項10】

請求項2乃至請求項9のいずれか一項において、前記ハロゲン元素とは臭素若しくは塩素又はその両方である発光素子。

【請求項11】

請求項1乃至請求項10において、前記発光層のホスト材料がアントラセン骨格を有する物質である発光素子。

【請求項12】

請求項1乃至請求項11のいずれか一に記載の発光素子を有する照明装置。

【請求項13】

請求項1乃至請求項11のいずれか一に記載の発光素子と、前記発光素子を制御する手段を備えた発光装置。

【請求項14】

請求項1乃至請求項11のいずれか一に記載の発光素子を表示部に有し、前記発光素子を制御する手段を備えた表示装置。

【請求項15】

請求項1乃至請求項11のいずれか一に記載の発光素子を有する電子機器。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機化合物を発光物質として用いた発光素子、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、有機化合物を用いたエレクトロルミネッセンス(EL: Electroluminescence)を利用する発光素子(有機EL素子)の研究開発が盛んに行われている。これら発光素子の基本的な構成は、一対の電極間に発光物質を含む有機化合物層(EL層)を挟んだものである。この素子に電圧を印加することにより、発光物質からの発光を得ることができる。

【0003】

このような発光素子は自発光型であるため、液晶ディスプレイに比べ画素の視認性が高く、バックライトが不要である等の利点があり、フラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。また、このような発光素子を用いたディスプレイは、薄型軽量に作製できることも大きな利点である。さらに非常に応答速度が速いことも特徴の一つである。

【0004】

これらの発光素子は発光層を二次元に連続して形成することが可能であるため、面状の発光面を得ることができる。よって、大面積の素子を容易に形成することができる。このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に応用できる面光源としての利用価値も高い。

【0005】

このように、様々な特徴を有する有機EL素子であるが、普及のために越えなければいけない一番大きな壁は、その価格である。

【0006】

フラットパネルディスプレイの代表である液晶ディスプレイの価格は下落の一途をたどり、LED照明の価格も徐々に下がりつつある。これら、先行する商品群との価格差があまりにも大きいからは、多くの他にない特徴を有する有機ELデバイスであっても、普及は促進されない。

【0007】

価格以前に、寿命や消費電力などの基本的な性能が、他の競合するデバイスと比較して

10

20

30

40

50

同等もしくは良好でなければいけないことはもちろんである。

【0008】

特許文献1では、EL層を構成する有機化合物中のハロゲン化合物に注目し、その濃度を一定以下とすることによって長寿命な発光素子を得ることが開示されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0009】

【特許文献1】国際公開第00/41443号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

10

【0010】

特許文献1のように、EL層中のハロゲン化合物の濃度を一定以下にするためには、材料の精製や製造雰囲気の制御などを厳密に行う必要があり、それは材料コストや製造コストの増加に繋がる。

【0011】

そこで、本発明の一態様では、EL層中のハロゲン化合物による悪影響を抑制しつつ、材料コストや製造コストが抑えられた、安価に製造可能な発光素子を提供することを課題とする。

【0012】

また、本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、安価に製造可能な発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することを課題とする。

20

【0013】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を実現すればよいものとする。

【課題を解決するための手段】

【0014】

発明者らは、陽極と発光層との間に少なくとも2の層を有する発光素子において、2層のうち、陽極に近い方のハロゲン化物、ハロゲン元素の濃度が、発光層に近い方のこれらの濃度よりも大きい発光素子が上記課題を解決することができることを見出した。

【0015】

すなわち、本発明の構成の一は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に挟まれたEL層とを有し、前記EL層は、少なくとも前記陽極側から第1の層と、第2の層と、発光層とをこの順で有し、前記第1の層に含まれるハロゲン化物、ハロゲン元素の濃度は前記第2の層に含まれるこれらの濃度よりも大きいことを特徴とする発光素子である。なお、ハロゲン化合物は第1の層、第2の層いずれにおいても不純物として検出される。

30

【0016】

また、本発明の他の構成は、陽極と、陰極と、前記陽極と、前記陰極との間に挟まれたEL層とを有し、前記EL層は、少なくとも前記陽極側から第1の層と、第2の層と、発光層とをこの順で有し、前記第2の層に含まれるハロゲン元素は、ダイナミックモードでの二次イオン質量分析法(D-SIMS)による検出量が同分析における炭素の検出量の1/1000未満であり、前記第1の層に含まれるハロゲン元素は前記第2の層に含まれるハロゲン元素よりも多いことを特徴とする発光素子である。

40

【0017】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記第1の層に含まれるハロゲン元素のD-SIMSによる検出量が同分析における炭素の検出量の1/100以上1/100以下である発光素子である。

【0018】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記発光層が正孔輸送性よりも電子輸送性の高い層である発光素子である。

【0019】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記第1の層が、正

50

孔輸送性を有する有機化合物と、前記有機化合物にアクセプタ性を示す物質との混合膜であることを特徴とする発光素子である。

【0020】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記有機化合物はジベンゾチオフェン骨格またはジベンゾフラン骨格を有する化合物である発光素子である。

【0021】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記有機化合物が4,4',4''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾチオフェン)または4,4',4''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリ(ジベンゾフラン)である発光素子である。

10

【0022】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子において、前記第1の層が正孔注入層であり、前記第2の層が正孔輸送層である発光素子である。

【0023】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を有する照明装置である。

【0024】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子と、当該発光素子を制御する手段を備えた発光装置である。

【0025】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を表示部に有し、発光素子を制御する手段を備えた表示装置である。

20

【0026】

また、本発明の他の構成は、上記構成を有する発光素子を有する電子機器である。

【0027】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクター、例えば異方導電性フィルム、又はTCP(Tape Carrier Package)が取り付けられたモジュール、TCPの先にプリント配線板が設けられたモジュール、又は発光素子にCOG(Chip On Glass)方式によりIC(集積回路)が直接実装されたモジュールも全て発光装置に含むものとする。さらに、照明器具等に用いられる発光装置も含むものとする。

30

【発明の効果】

【0028】

本発明の一態様では、EL層中のハロゲン化合物による悪影響を抑制しつつ、材料コストや製造コストが抑えられた、安価に製造可能な発光素子を提供することができる。

【0029】

本発明の一態様は、上述の発光素子を用いることにより、安価に製造可能な発光装置、表示装置、電子機器、及び照明装置を各々提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0030】

【図1】発光素子の概念図。

40

【図2】発光素子の概念図。

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図7】照明装置の概念図。

【図8】電子機器を表す図。

【図9】電子機器を表す図。

【図10】照明装置を表す図。

【図11】照明装置を表す図。

50

【図12】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図13】電子機器を表す図、および電子機器の回路のブロック図。

【図14】発光素子1乃至発光素子3の電流密度-輝度特性を表す図。

【図15】発光素子1乃至発光素子3の輝度-電流効率特性を表す図。

【図16】発光素子1乃至発光素子3の電圧-電流特性を表す図。

【図17】発光素子1乃至発光素子3の発光スペクトル。

【図18】発光素子4乃至発光素子6の電流密度-輝度特性を表す図。

【図19】発光素子4乃至発光素子6の輝度-電流効率特性を表す図。

【図20】発光素子4乃至発光素子6の電圧-電流特性を表す図。

【図21】発光素子4乃至発光素子6の発光スペクトル。

10

【図22】発光素子1乃至発光素子3の規格化輝度時間変化を表す図。

【図23】発光素子4乃至発光素子6の規格化輝度時間変化を表す図。

【図24】発光素子2のD-SIMS測定結果。

【図25】発光素子3のD-SIMS測定結果。

【発明を実施するための形態】

【0031】

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

20

【0032】

(実施の形態1)

発光素子を構成する材料は、不純物がなるべく少ない方が良いということが定説である。これら不純物は、特に発光素子の耐久性能(寿命)に大きな影響を及ぼすことが分かっている。

【0033】

これら不純物の大部分は、材料の分解物や、材料合成時の副生成物、あるいは未反応の原料などである。特に、ハロゲン化物のカップリング反応を用いて合成されることの多い発光素子用材料において、ハロゲン化物は避け難い不純物であるにも関わらず発光素子の耐久性に大きな影響を及ぼす。そこで、発光層と接する正孔輸送層に用いる正孔輸送性材料が含有するハロゲン化物の濃度を変えた3つの素子の、駆動時間に対する輝度の変化を測定した。なお、今回用いた発光素子は、キャリアの再結合領域が、発光層から正孔輸送層との界面付近まで分布していると考えられる素子である。

30

【0034】

なお、以下に示すハロゲン化物の濃度は、液体クロマトグラフィのUV検出器で得られたクロマトグラムのピーク面積比から求めた。分析装置としては、Waters製、Waters Acuity UPLC™ Systemを用いた。なお、この分析によってハロゲン化物が微量であるため検出が困難だった材料においては、さらに飛行時間型質量分析計(Time-of-Flight mass spectrometer; TOF-MSS)を搭載した検出器を用いて測定を行った。

40

【0035】

発光素子Aはハロゲン化物の量がTOF-MSSの検出限界未満であった材料を、発光素子Bは0.1%未満のハロゲン化物を含む材料を、発光素子Cは約4%のハロゲン化物を含む材料を、発光層と接する正孔輸送層に用いた。発光素子A乃至発光素子Cはその他の材料及び構成については同じである。

【0036】

結果より、正孔輸送層に含まれるハロゲン化物の量が多ければ多いほど、発光素子の耐久性は明らかに短くなっている、発光素子Aと発光素子Cとでは実に100倍以上の差が表れた。

【0037】

50

今度は、正孔輸送層と陽極との間に位置する正孔注入層に用いる正孔輸送性材料が含有するハロゲン化物の濃度を変えた3つの素子の駆動時間に対する輝度劣化を評価した。

【0038】

発光素子Dはハロゲン化物の量がT O F - M Sの検出限界未満であった材料を、発光素子Eは0.1%未満のハロゲン化物を含む材料を、発光素子Fは約4%のハロゲン化物を含む材料を正孔注入層に用いた。発光素子D乃至発光素子Fはその他の材料及び構成については同じである。なお、発光素子D乃至発光素子Fにおける正孔注入層に用いた正孔輸送性材料は、発光素子A乃至発光素子Cにおいて正孔輸送層に用いた正孔輸送性材料と各々同じものである。

【0039】

測定の結果、発光素子D乃至発光素子Fの寿命はほぼ同等であることがわかった。

【0040】

発光層と接する正孔輸送層におけるハロゲン化物の濃度が異なる発光素子においては、100倍以上の寿命の差が出たのに対して、正孔輸送層と陽極との間に位置する正孔注入層におけるハロゲン化物の濃度を異ならせた発光素子においては、有意差がみられなかった。この結果から、正孔注入層に用いられる正孔輸送性材料は、ハロゲン化物が多く含まれていても問題が生じ難いことが分かった。これは、発光素子の寿命は、キャリアの再結合領域により近い層のハロゲン化物の濃度には敏感であるが、発光層から離れた層におけるハロゲン化物の濃度には比較的鈍感であることを示している。

【0041】

有機合成において、鈴木カップリングに代表されるようなハロゲン化物を原料として用いる反応は、簡便で高収率、安価に共役分子を合成できるため、良く用いられる。しかしながら上述したように、この反応を有機ELなど半導体デバイスの材料の合成で用いる場合、材料に残留した微量のハロゲン化物がデバイス特性に大きく影響を及ぼすため、それらを念入りに除く必要がある。また、昇華精製などの高温処理の際に、ハロゲン化物から目的物（主材料）へハロゲン元素が転移して目的物のハロゲン化物（ハロゲン付加体）が生成する場合がある。この場合、ハロゲン付加体と目的物の昇華温度が近く、分離が困難となることがある。これらハロゲン付加体を取り除くためには、精製処理を繰り返さなければならず、収率も低くなり、高純度の材料はその分価格が高くなる。正孔注入層に用いる正孔輸送性材料をハロゲン化物の比較的多いものを用いることが可能であれば、大きなコスト削減につながる。また、正孔注入層はマイクロキャビティの形成など、発光素子の光学的距離の調節にも用いられる場合があり、この場合当該層の膜厚が大きくなり、多くの材料を使用するため、コストの削減効果はより大きくなる。

【0042】

すなわち、発光層と接する第2の層である正孔輸送層のハロゲン化物の濃度よりも、正孔輸送層と陽極との間に位置する第1の層である正孔注入層のハロゲン化物の濃度が高い発光素子は、耐久性に影響を与えることなく安価に作製することができる。

【0043】

図1は、本発明の実施形態の発光素子のエネルギーバンド図（モデル）の一例である。陽極201から正孔注入層211に注入された正孔は、正孔輸送層212を介して発光層213に達する。同様に陰極202から電子注入層215に注入された電子は電子輸送層214を介して発光層213に達する。そして、発光層213において、電子と正孔が再結合して発光が得られる。電子と正孔の再結合領域（発光領域）213aは発光層213に形成される。

【0044】

この発光領域213aに近接する領域にハロゲン化物が存在することにより、発光素子の耐久性能（寿命）に悪影響が表れる。発光領域213aから十分に離れた領域、すなわち、このモデルにおいては正孔注入層211におけるハロゲン化物による悪影響は大きくない。

【0045】

10

20

30

40

50

図1においては正孔注入層211が第1の層、正孔輸送層212が第2の層に相当し、発光層と接する第2の層である正孔輸送層212のハロゲン化物の濃度よりも、正孔輸送層と陽極との間に位置する第1の層である正孔注入層211のハロゲン化物の濃度が高い発光素子は、耐久性に影響を与えることなく、安価に作製することができる。

【0046】

図2に本発明の一態様の発光素子を表す図を示した。本実施の形態の発光素子は第1の電極101と第2の電極102との間にEL層103が挟まれた構造を有する。第1の電極101及び第2の電極102はその一方が陽極として機能し、他方が陰極として機能する。図2では第1の電極が陽極として機能し、第2の電極が陰極として機能するものとして説明する。

10

【0047】

EL層103は陽極側から、少なくとも第1の層111、第2の層112及び発光層113を有している。EL層103におけるその他の層は、特に限定されないが、例えば、図2に示したように電子輸送層114及び電子注入層115などを有している。なお、第1の層111、第2の層112は代表的にはそれぞれ正孔注入層、正孔輸送層に相当するが、これに限られることはない。また、第1の層111と第2の層112との判別はハロゲン化物の濃度で行われるものとする。本実施の形態における発光素子においては、第1の層111のハロゲン化物の濃度は第2の層112のハロゲン化物の濃度よりも高いことが特徴である。

20

【0048】

ハロゲン化物は、上述のように材料の合成過程で混入することが多いことから、特に臭化物、塩化物が混入しやすく、また、それらは素子の耐久性に影響を及ぼしやすい。そのため、臭化物、塩化物の濃度が低い材料を第2の層112に、臭化物、塩化物の濃度が第2の層112よりも高い材料を第1の層111に用いることによって、耐久性に影響を及ぼすことなく発光素子を安価に作製することができる。

【0049】

この構成を有することによって、ハロゲン化物の影響による寿命の低下を抑制することが可能であり、且つ第1の層111にコストの小さい材料を用いることができることから、第1の層111と第2の層112両方に高純度な材料を用いるよりも安価に、耐久性に影響を与えることなく、発光素子を提供することができるようになる。

30

【0050】

また、第2の層112のハロゲン化物の濃度はD-SIMSによるハロゲン元素の検出量が同分析における炭素の検出量の1/10000未満であると(より好ましくは1/1000未満)、より効果的に寿命に対する影響を抑制するために好ましい構成である。

【0051】

また、発光層の輸送性が電子輸送性の方が正孔輸送性よりも高い構成である場合、キャリアの再結合領域が第2の層112と発光層113との界面付近となることからハロゲン化物の影響を受けやすいため、上記構成を適用することがより好ましい。

40

【0052】

また、発光領域となる発光層113に含まれるハロゲン化物も同様に第1の層111よりも少ない(すなわち、発光層113のハロゲン化物の濃度は第2の層112のハロゲン化物と同等に低い)ことが好ましい。

【0053】

第1の層111におけるハロゲン元素のD-SIMSによる検出量が、同分析における炭素の検出量の1/1000以上であっても当然構わないし、同分析における炭素の検出量の1/100以下であれば発光素子への影響はほとんど表れない。また、同分析における炭素の検出量の1/1000以上以上のハロゲン元素を許容することによってコスト的な優位性が大きくなるため、より好ましい構成である。

【0054】

50

(実施の形態 2)

本実施の形態では実施の形態 1 で説明した発光素子の詳細な構造の例について図 2 (A) (B) を用いて以下に説明する。

【 0 0 5 5 】

図 2 (A) において、発光素子は、第 1 の電極 101 と、第 2 の電極 102 と、第 1 の電極 101 と第 2 の電極との間に設けられた E L 層 103 とから構成されている。なお、本形態では第 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。つまり、第 1 の電極 101 の方が第 2 の電極 102 よりも電位が高くなるように、第 1 の電極 101 と第 2 の電極 102 に電圧を印加したときに、発光が得られる構成となっている。また、 E L 層は第 1 の電極 101 側から少なくとも第 1 の層 111 、第 2 の層 112 及び発光層 113 の積層構造を有するものとする。

10

【 0 0 5 6 】

第 1 の電極 101 は陽極として機能するため、仕事関数の大きい(具体的には 4 . 0 eV 以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム - 酸化スズ (I T O : I n d i u m T i n O x i d e) 、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、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (I W Z O) 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 ~ 2 0 w t % 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、酸化タンゲステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (I W Z O) は、酸化インジウムに対し酸化タンゲステンを 0 . 5 ~ 5 w t % 、酸化亜鉛を 0 . 1 ~ 1 w t % 含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することもできる。この他、金 (A u) 、白金 (P t) 、ニッケル (N i) 、タンゲステン (W) 、クロム (C r) 、モリブデン (M o) 、鉄 (F e) 、コバルト (C o) 、銅 (C u) 、パラジウム (P d) 、または金属の窒化物(例えば、窒化チタン)等が挙げられる。グラフエンも用いることができる。なお、後述する複合材料を第 1 の層 111 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。

20

【 0 0 5 7 】

E L 層 103 の積層構造については、第 1 の層 111 、第 2 の層 112 及び発光層 113 が実施の形態 1 に示したような構成となつていれば他は特に限定されない。例えば、電子輸送層、電子注入層、キャリアプロック層、中間層等を適宜組み合わせて構成することができる。本実施の形態では、 E L 層 103 は、第 1 の電極 101 の上に順に積層した正孔注入層、正孔輸送層、発光層 113 、電子輸送層 114 、電子注入層 115 を有する構成について説明する。各層を構成する材料について以下に具体的に示す。なお、本実施の形態においては、正孔注入層が第 1 の層 111 、正孔輸送層が第 2 の層 112 に相当するが、第 1 の層、第 2 の層は必ずしもこれらである必要はなく、陽極と陰極の間に位置する 2 つの層のうち、発光層 113 側に存在する層が第 2 の層 112 、第 2 の層 112 と陽極との間に存在する層が第 1 の層 111 となる。

30

【 0 0 5 8 】

正孔注入層は、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、タンゲステン酸化物、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: H₂Pc) や銅フタロシアニン (C u P C) 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] ビフェニル(略称: D P A B) 、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: D N T P D) 等の芳香族アミン化合物、或いはポリ(エチレンジオキシチオフェン) / ポリ(スチレンスルホン酸)(P E D O T / P S S) 等の高分子等によつても正孔注入層を形成することができる。第一の層の膜厚は 3 0 n m 以上

40

50

、あるいは50nm以上が好ましい。

【0059】

また、正孔注入層として、正孔輸送性を有する材料にアクセプター性物質を含有させた複合材料を用いることができる。これにより、電極の仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、第1の電極101として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料も用いることができるようになる。アクセプター性物質としては、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：F₄-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。例えば、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、酸化タンクス滕、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。

10

【0060】

複合材料に用いる正孔輸送性を有する材料としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素など、種々の有機化合物を用いることができる。これらは、高分子化合物（オリゴマー、デンドリマー、ポリマー等）であっても良い。なお、複合材料に用いる有機化合物としては、正孔輸送性の高い有機化合物であることが好ましい。具体的には、10⁻⁶ cm² / 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を有する材料として用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

20

【0061】

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：D TDPPA）、D PAB、D NTPD、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）等を挙げができる。

20

【0062】

複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、具体的には、3-[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA1）、3,6-ビス[N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)-N-フェニルアミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCA2）、3-[N-(1-ナフチル)-N-(9-フェニルカルバゾール-3-イル)アミノ]-9-フェニルカルバゾール（略称：PCzPCN1）等を挙げができる。

30

【0063】

また、複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、他に、4,4'-ジ(N-カルバゾリル)ビフェニル（略称：CBP）、1,3,5-トリス[4-(N-カルバゾリル)フェニル]ベンゼン（略称：TCPB）、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)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を用いることができる。

40

【0064】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：t-BuDNA）、2-tert-ブチル-9,10-ジ(1-ナフチル)アントラセン、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン（略称：DPPA）、2-tert-ブチル-9,10-ビス(4-フェニルフェニル)アントラセン（略称：t-BuDBA）、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン（略称：DNA）、9,10-ジフェニルアントラセン（略称：DPAnth）、2-tert-ブチルアントラセン（略称：t-BuAnth）、9,10-ビス(4-メチル-1-ナフチル)アントラセン（略称：DMNA）、2-tert-ブチル-9,10-ビス[2-(1-ナフチル)フェニル]アントラセ

50

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_{er}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 ~ 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

10

【0065】

なお、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてよい。例えば、4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ビフェニル(略称: DPVB 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: DPVPA)等が挙げられる。

【0066】

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)-N'}-フェニルアミノ)フェニル]メタクリルアミド](略称: PTPDMA)、ポリ[N,N'-ビス(4-ブチルフェニル)-N,N'-ビス(フェニル)ベンジジン](略称: Poly-TPD)等の高分子化合物を用いることができる。

20

【0067】

正孔注入層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。

【0068】

正孔輸送層は、正孔輸送性を有する材料を含む層である。例えば、4,4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPB)や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',4'''-トリス(N,N-ジフェニルアミノ)トリフェニルアミン(略称: TDATA)、4,4',4'''-トリス[N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニルアミン(略称: MTDATA)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: BSPB)、4-フェニル-4'-(9-フェニルフルオレン-9-イル)トリフェニルアミン(略称: BPALP)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 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 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を有する材料として挙げた有機化合物も正孔輸送層に用いることができる。なお、正孔輸送性を有する材料を含む層は、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。また、第2の層の膜厚は第1の層の膜厚よりも小さいことが好ましい。

30

【0069】

第1の層111である正孔注入層と第2の層112である正孔輸送層は実施の形態1に示したような構成及び関係を有する。すなわち、正孔注入層は、正孔輸送層よりも多くのハロゲン化物由来のハロゲン元素を含有している。これにより、純度の低い材料を正孔注入層に、純度の高い材料を正孔輸送層に用いることになり、これらの層に純度の高い材料を用いて形成するよりも安価に発光素子を作製することができる。また、発光層113に隣接する正孔輸送層に純度の高い材料を用いるために、ハロゲン化物またはハロゲン元素による発光素子への悪影響、すなわち耐久性の低下を抑制することが可能となっている。

【0070】

40

50

当該ハロゲン化物としては、臭化物、塩化物が混入しやすいため、本実施の形態における発光素子においては、臭化物（臭素元素）、塩化物（塩素元素）の濃度について以上のような関係を有していることが好ましい。特に臭化物（臭素元素）の濃度について以上のような関係を有していることが好ましい。

【0071】

発光層113は発光性の物質を含む層である。発光性の物質としては、蛍光発光物質やりん光発光物質のいずれも使用することができる。また、発光層は、発光性の物質のみで構成されても、ホスト材料中に発光性の物質が分散された構成であってもよい。

【0072】

なお、発光層113が正孔輸送性よりも電子輸送性が高い場合、キャリアの再結合領域、すなわち発光領域が発光層と第2の層112（正孔輸送層）との界面近傍となるため、正孔輸送層のハロゲン化物（ハロゲン元素）の影響を受けやすく、本実施の形態における素子構造が適用好適である。

【0073】

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。

【0074】

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-N(2)フェニル-C}イリジウム(III)(略称：Ir(mpptz-dmp)₃)、トリス(5-メチル-3,4-ジフェニル-4H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(III)(略称：Ir(Mptz)₃)、トリス[4-(3-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(III)(略称：Ir(iprptz-3b)₃)のような4H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス[3-メチル-1-(2-メチルフェニル)-5-フェニル-1H-1,2,4-トリアゾラト]イリジウム(III)(略称：Ir(Mptz1-mp)₃)、トリス(1-メチル-2-フェニル-4-プロピル-1H-1,2,4-トリアゾラト)イリジウム(III)(略称：Ir(Prptz1-Me)₃)のような1H-トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac-トリス[1-(2,6-ジイソプロピルフェニル)-2-フェニル-1H-イミダゾール]イリジウム(III)(略称：Ir(iprpmi)₃)、トリス[3-(2,6-ジメチルフェニル)-7-メチルイミダゾ[1,2-f]フェナントリジナト]イリジウム(III)(略称：Ir(dmpimp-t-Me)₃)のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)テトラキス(1-ピラゾリル)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^{2'}]イリジウム(III)ピコリナート(略称：FIrpic)、ビス[2-(3,5-ビストリフルオロメチルフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)ピコリナート(略称：Ir(CF₃ppy)₂(pic))、ビス[2-(4',6'-ジフルオロフェニル)ピリジナト-N,C^{2'}]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称：FIracac)のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440nmから520nmに発光のピークを有する化合物である。

【0075】

また、トリス(4-メチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称：Ir(mppm)₃)、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称：Ir(tBupp)₃)、(アセチルアセトナト)ビス(6-メチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称：Ir(mppm)₂(acac))、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称：Ir(tBupp)₂(acac))、(ア

10

20

30

40

50

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 : Ir (n b p p m)₂ (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 : Ir (m p m p p m)₂ (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 : Ir (d p p m)₂ (a c a c)) のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、 (アセチルアセトナト) ビス (3 , 5 - ジメチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : Ir (m p p r - M e)₂ (a c a c)) 、 (アセチルアセトナト) ビス (5 - イソプロピル - 3 - メチル - 2 - フェニルピラジナト) イリジウム (I I I) (略称 : Ir (m p p r - i P r)₂ (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や、 トリス (2 - フェニルピリジナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) (略称 : Ir (p p y)₃) 、 ビス (2 - フェニルピリジナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : Ir (p p y)₂ (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 : Ir (b z q)₂ (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 : Ir (b z q)₃) 、 トリス (2 - フェニルキノリナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) (略称 : Ir (p q)₃) 、 ビス (2 - フェニルキノリナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : Ir (p q)₂ (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、 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 : Tb (a c a c)₃ (Ph en)) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、 500 nm ~ 600 nm に発光のピークを有する。なお、 ピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、 信頼性や発光効率にも際だって優れるため、 特に好ましい。

【 0076 】

また、 (ジイソブチリルメタナト) ビス [4 , 6 - ビス (3 - メチルフェニル) ピリミジナト] イリジウム (I I I) (略称 : Ir (5 m d p p m)₂ (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 : Ir (5 m d p p m)₂ (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 : Ir (d 1 n p m)₂ (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、 (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 : Ir (t p p r)₂ (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 : Ir (t p p r)₂ (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 : Ir (F d p q)₂ (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や、 トリス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) (略称 : Ir (p i q)₃) 、 ビス (1 - フェニルイソキノリナト - N , C²⁺) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称 : Ir (p i q)₂ (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) のような白金錯体や、 トリス (1 , 3 - ジフェニル - 1 , 3 - プロパンジオナト) (モノフェナントロリン) ヨーロピウム (I I I) (略称 : Eu (D B M)₃ (Ph en)) 、 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) ヨーロピウム (I I I) (略称 : Eu (T T A)₃ (Ph en)) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、 赤色のりん光発光を示す化合物であり、 600 nm から 700 nm に発光のピークを有する。また、 ピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体は、 色度の良い赤色発光が得られる。

【 0077 】

また、 以上で述べたりん光性化合物の他、 公知のりん光性発光材料を選択して用いてもよ

10

20

30

40

50

い。

【0078】

また、蛍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。

【0079】

5 , 6 - ビス [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 2 , 2 ' - ビピリジン (略称 : P A P 2 B P y) 、 5 , 6 - ビス [4 ' - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) ピフェニル - 4 - イル] - 2 , 2 ' - ビピリジン (略称 : P A P P 2 B P y) 、 N , N ' - ビス [4 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] - N , N ' - ディフェニル - ピレン - 1 , 6 - ジアミン (略称 : 1 , 6 F L P A P r n) 、 N , N ' - ビス (3 - メチルフェニル) - N , N ' - ビス [3 - (9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル) フェニル] ピレン - 1 , 6 - ジアミン (略称 : 1 , 6 m M e m F L P A P r n) 、 N , N ' - ビス [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N , N ' - ディフェニルスチルベン - 4 , 4 ' - ジアミン (略称 : Y G A 2 S) 、 4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4 ' - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : Y G A P A) 、 4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) - 4 ' - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) トリフェニルアミン (略称 : 2 Y G A P P A) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : P C A P A) 、 ペリレン、 2 , 5 , 8 , 1 1 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン (略称 : T B P) 、 4 - (1 0 - フェニル - 9 - アントリル) - 4 ' - (9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル) トリフェニルアミン (略称 : P C B A P A) 、 N , N ' - (2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9 , 1 0 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン) ビス [N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン] (略称 : D P A B P A) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P P A) 、 N - [4 - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) フェニル] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A P P A) 、 N , N , N ' , N ' , N ' , N ' , N ' , N ' - オクタフェニルジベンゾ [g , p] クリセン - 2 , 7 , 1 0 , 1 5 - テトラアミン (略称 : D B C 1) 、 クマリン 3 0 、 N - (9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル) - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン (略称 : 2 P C A P A) 、 N - [9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - 2 - アントリル] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン (略称 : 2 D P A B P h A) 、 9 , 1 0 - ビス (1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称 : 2 Y G A B P h A) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称 : D P h A P h A) 、 クマリン 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 ' - ビフェニル - 4 - イル) - 6 , 1 1 - ジフェニルテトラセン (略称 : B P T) 、 2 - (2 - { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : D C M 1) 、 2 - { 2 - メチル - 6 - [2 - (2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C M 2) 、 N , N , N ' , 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]

10

20

30

40

50

j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T I) 、 2 - { 2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : D C J T B) 、 2 - (2 , 6 - ビス { 2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニル } - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称 : B i s D C M) 、 2 - { 2 , 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチル - 2 , 3 , 6 , 7 - テトラヒドロ - 1 H , 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン } プロパンジニトリル (略称 : B i s D C J T M) などが挙げられる。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いるため好ましい。

10

【 0 0 8 0 】

ホスト材料としては特に限定はなく、種々のキャリア輸送材料を選択することができる。

【 0 0 8 1 】

例えば、電子輸送性を有する材料としては、ビス (1 0 - 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 ₂) 、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) などの金属錯体や、 2 - (4 - ビフェニリル) - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 3 , 4 - オキサジアゾール (略称 : P B D) 、 3 - (4 - ビフェニリル) - 4 - フェニル - 5 - (4 - t e r t - ブチルフェニル) - 1 , 2 , 4 - トリアゾール (略称 : T A Z) 、 1 , 3 - ビス [5 - (p - t e r t - 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 : 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) 、 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) 、 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) 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) 、 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) 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 - (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が挙げられる。上述した中でも、ジアジン骨格を有する複素環化合物やピリジン骨格を有する複素環化合物は、信頼性が良好であり好ましい。特に、ジアジン (ピリミジンやピラジン) 骨格を有する複素環化合物は、電子輸送性が高く、駆動電圧低減にも寄与する。

20

30

40

【 0 0 8 2 】

なお、蛍光発光物質、特に青色の発光を呈する蛍光発光物質を用いる場合、発光素子の安定性が良好となることから、アントラセン骨格を有する化合物をホスト材料として用いると良い。なお、アントラセン骨格を有する化合物は、電子輸送性が正孔輸送性より高い場合が多く、本発明の一形態を好適に適用することができる。

50

【0083】

また、正孔輸送性を有する材料としては、N P B、T P D、B S P B、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)、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)、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 ' - ピフルオレン - 2 - アミン(略称: P C B A S F)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: m C P)、C B 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)、3, 3 ' - ビス(9 - フェニル - 9 H - カルバゾール)(略称: P C C P)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(ジベンゾチオフェン)(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 I)、4 - [4 - (9 - フェニル - 9 H - 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: D B T F L P - I V)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: D B F 3 P - I I)、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)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。

【0084】

また、以上で述べたホスト材料の他、公知の物質の中からホスト材料を用いても良い。なお、発光性の物質として、りん光発光物質を用いる場合には、当該りん光発光物質の三重項準位(基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差)よりも大きい三重項準位を有する物質を選択することが好ましい。発光性の物質として、蛍光発光物質を用いる場合には、当該蛍光発光物質のバンドギャップよりも広いバンドギャップを有する物質を選択することが好ましい。

【0085】

ホスト材料は、一種類の物質で構成しても、二種類以上の物質で構成してもよい。二種類以上の物質で構成する場合には、一方が正孔輸送性を有する材料、他方を電子輸送性を有する材料とすると発光層の輸送性の制御などが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 ~ 9 : 1 とすればよい。また、当該2種類の材料がエキサイプレックスを形成することで、効率よく発光性の物質を励起することができるようになる。この場合、エキサイプレックスの発光が発光性の物質におけるもっとも長波長側の吸収帯に重なることがより好ましい。さらに、この2種類の物質の混合割合は発光層内で変化していてもよい。

【0086】

電子輸送層114は、電子輸送性を有する材料を含む層である。例えば、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム(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(略称: A l m q₃)、B e B q₂、B A l q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からなる層である。また、この他Z n P B O、Z n B T Zなどのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いること

10

20

30

40

50

ができる。さらに、金属錯体以外にも、PBD) や OXD - 7、TAZ、パソフェナントロリン(略称: BPhen)、パソキュプロイン(略称: BCp)なども用いることができる。ここに述べた物質は、電子輸送性が高く、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。なお、上述した電子輸送性のホスト材料を電子輸送層 114 に用いても良い。

【0087】

また、電子輸送層 114 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。

【0088】

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。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發揮する。

【0089】

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(CaF₂)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。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。

【0090】

発光層の輸送性が電子輸送性の方が正孔輸送性よりも高い構成である場合、電子輸送層 114 は、発光層 113 よりもハロゲン元素を多く含んでいても良い。電子輸送層 114 は、D-SIMS によるハロゲン元素の検出量が同分析における炭素の検出量の 1/100 以下であれば発光素子への影響はほとんど表れない。また、D-SIMS によるハロゲン元素の検出量が同分析における炭素の検出量の 1/10000 以上に相当するハロゲン化物を許容することによってコスト的な優位性が大きくなるため、より好ましい。電子注入層 115 は発光層 113 と接していないため、ハロゲン元素の含有量は電子輸送層 114 より高くて良い。

【0091】

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 3.8 eV 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、スパッタリング法やインクジェット法、スピノコート法等を用いて成膜することが可能である。

【0092】

また、EL 層 103 の形成方法としては、乾式法、湿式法を問わず、種々の方法を用いることができる。例えば、真空蒸着法、インクジェット法またはスピノコート法など用いても構わない。また各電極または各層ごとに異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0093】

10

20

30

40

50

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。

【0094】

以上のような構成を有する発光素子は、第1の電極101と第2の電極102との間に与えられた電位差により電流が流れ、発光性の高い物質を含む層である発光層113において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。つまり発光層113に発光領域が形成されるような構成となっている。

【0095】

また、発光層の輸送性が正孔輸送性の方が電子輸送性よりも高い構成である場合、キャリアの再結合領域が電子輸送層114と発光層113との界面付近となることから電子輸送層114中のハロゲン化物の影響を受けやすいため、電子輸送層114のハロゲン化物の濃度はD-SIMSによるハロゲン元素の検出量が同分析における炭素の検出量の1/10000未満（より好ましくは1/100000未満）であると、寿命に対する影響をより効果的に抑制することができるるために好ましい構成である。またこの場合でも、電子注入層115のハロゲン元素の濃度は、電子輸送層114より高くても良い。

10

【0096】

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っ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は、透光性を有する電極である。第1の電極101のみが透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101を通って取り出される。また、第2の電極102のみが透光性を有する電極である場合、発光は第2の電極102を通って取り出される。第1の電極101および第2の電極102がいずれも透光性を有する電極である場合、発光は第1の電極101および第2の電極102を通って、両方から取り出される。

20

【0097】

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。

【0098】

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における発光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に含まれる材料の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。

30

【0099】

図2(B)には図2(A)と異なる構成を有する発光素子を示した。図2(B)を参照して、複数の発光ユニットを積層した構成の発光素子（以下、積層型素子ともいう）の様子を説明する。この発光素子は、第1の電極と第2の電極との間に、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2(A)で示したEL層103と同様な構成を有する。つまり、図2(A)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、本実施の形態では、複数の発光ユニットを有する発光素子ということができる。

40

【0100】

図2(B)において、第1の電極501と第2の電極502との間には、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と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2(A)における第1の電極101と第2の電極102に相当し、図2(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。

50

【0101】

電荷発生層513には、有機化合物と金属酸化物の複合材料が含まれている。この有機化合物と金属酸化物の複合材料は、図2(A)で示した正孔注入層に用いることができる複合材料を用いることができる。有機化合物と金属酸化物の複合材料は、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れているため、低電圧駆動、低電流駆動を実現することができる。なお、陽極側の界面が電荷発生層に接している発光ユニットは、電荷発生層が正孔輸送層の役割も担うことができるため、正孔輸送層を設けなくとも良い。

【0102】

なお、電荷発生層513は、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と他の材料により構成される層を積層構造として形成してもよい。例えば、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、電子供与性物質と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを積層して形成してもよい。また、有機化合物と金属酸化物の複合材料を含む層と、透明導電膜とを積層して形成してもよい。

10

【0103】

いずれにしても、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512に挟まれる電荷発生層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ものであれば良い。例えば、図2(B)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。

20

【0104】

図2(B)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、さらに長寿命な素子を実現できる。

20

【0105】

なお、図2(B)の構成において、電荷発生層513は図2(A)における第1の層と同様にハロゲン化物が含まれていても素子の特性に影響を及ぼしにくい。複数の発光ユニットを有する図2(B)のような素子に関しては、陽極に接する発光ユニット511は、図2(A)のEL層と同様にみなし、それ以外の発光ユニット512と電荷発生層を含んだ全体を図2(A)のEL層と同様にみなすものとする。すなわち、陽極と直接接しない発光ユニットに関しては、電荷発生層を第1の層とする。

30

【0106】

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、第2の発光ユニットで青の発光を得ることで、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可能である。

【0107】

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

40

【0108】

(実施の形態3)

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いた発光装置について説明する。

【0109】

本実施の形態では、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図3を用いて説明する。なお、図3(A)は、発光装置を示す上面図、図3(B)は図3(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

50

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。

【0110】

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

【0111】

次に、断面構造について図3(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。素子基板 610としてはガラス、プラスチックなどからなる基板を用いることができる。

【0112】

なお、ソース線駆動回路 601はnチャネル型TFT 623とpチャネル型TFT 624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。なお、TFT 623、624の構造は、特に限定されない。スタガ型のTFTでもよいし逆スタガ型のTFTでもよい。また、TFT 623、624に用いる半導体の結晶性についても特に限定されず、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。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一体型を示すが、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

【0113】

また、画素部 602はスイッチング用TFT 611と、電流制御用TFT 612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る。なお、第1の電極 613の端部を覆って絶縁物 614が形成されている。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。

30

【0114】

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の上端部に曲率半径(0.2μm~3μm)を有する曲面を持たせることが好ましい。また、絶縁物 614として、ネガ型の感光性樹脂、或いはポジ型の感光性樹脂いずれも使用することができる。

【0115】

第1の電極 613上には、EL層 616、および第2の電極 617がそれぞれ形成されている。ここで、陽極として機能する第1の電極 613に用いる材料としては、実施の形態2の第1の電極の材料を用いることができる。例えば、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

40

【0116】

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、スピンドルコート法等の種々の方法によって形成される。EL層 616は、実施の形態1及び実施の形態2で説明したような構成を含んでいる。また、EL層 616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、デンドリマーを含む)であっても良い。

【0117】

50

さらに、E L層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、実施の形態2の第2の電極の材料を用いることができる。なお、E L層616で生じた光を第2の電極617に透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜（ITO、2～20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、ケイ素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）等）との積層を用いるのが良い。

【0118】

なお、第1の電極613、E L層616、第2の電極617によって発光素子が形成されている。当該発光素子は実施の形態1又は実施の形態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ているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態1又は実施の形態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も良い。

10

【0119】

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。

20

【0120】

なお、シール材605にはエポキシ系樹脂やガラスフリットを用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。また、封止基板604に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiberglass-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樹脂等からなるプラスチック基板を用いることができる。

20

【0121】

以上のようにして、実施の形態1又は実施の形態2に記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得ることができ、このため、耐久性に影響を与えることなく、低成本で発光装置を製造することができる。

30

【0122】

図4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）等を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4（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、E L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。

【0123】

また、図4（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1036で覆われている。また、図4（A）においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、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色の画素でフルカラーの映像を表現することができる。

40

【0124】

図4（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

50

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。

【0125】

また、以上に説明した発光装置では、TFT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 5 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。発光装置は TFT と第 1 の電極を接続する接続電極 1022 を覆う第 3 の層間絶縁膜を有する。

【0126】

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 5 のようなトップエミッション型の発光装置である場合、第 1 の電極を反射電極とすることが好ましい。EL 層 1028 の構成は、実施の形態 1 又は実施の形態 2 において EL 層 103 として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

10

【0127】

図 5 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 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こととする。

20

【0128】

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 色でフルカラー表示を行ってもよい。

【0129】

本実施の形態における発光装置は、実施の形態 1 又は実施の形態 2 に記載の発光素子を用いているため、耐久性に影響を与えることなく、低コストで製造することができる。

【0130】

ここまででは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図 6 には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図 6 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 6 (B) は図 6 (A) を X-Y で切断した断面図である。図 6 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。多数の微小な発光素子がマトリクス状に配置されることになるので、それぞれを制御することによって表示装置として利用できる。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、クロストーク等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。このパッシブマトリクス型の発光装置は、実施の形態 1 又は実施の形態 2 で示した発光素子を用いることで、耐久性に影響を与えることなく、低コストで提供することができる。

30

【0131】

また、本実施の形態は他の実施の形態と自由に組み合わせることができる。

【0132】

（実施の形態 4）

本実施の形態では、実施の形態 1 又は実施の形態 2 に記載の発光素子を照明装置として用いる例を図 7 を参照しながら説明する。図 7 (B) は照明装置の上面図、図 7 (A) は図 7 (B) における e-f 断面図である。

【0133】

40

50

本実施の形態における照明装置は、支持体である透光性を有する基板 400 上に、第 1 の電極 401 が形成されている。第 1 の電極 401 は実施の形態 1 における第 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。

【0134】

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。

【0135】

第 1 の電極 401 上には EL 層 403 が形成されている。EL 層 403 は実施の形態 1 における EL 層 103 の構成、又は発光ユニット 511、512 及び電荷発生層 513 を合わせた構成などに相当する。なお、これらの構成については当該記載を参照されたい。

10

【0136】

EL 層 403 を覆って第 2 の電極 404 を形成する。第 2 の電極 404 は実施の形態 1 における第 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によって形成される。第 2 の電極 404 はパッド 412 と接続することによって、電圧が供給される。

【0137】

以上、第 1 の電極 401、EL 層 403、及び第 2 の電極 404 を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は耐久性に影響を与えることなく安価に製造できるため、本実施の形態における照明装置は耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

20

【0138】

以上の構成を有する発光素子を、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 7（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。

【0139】

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ます。また、その上にコンバーターなどを搭載した IC チップ 420 などを設けても良い。

30

【0140】

以上、本実施の形態に記載の照明装置は、EL 素子に実施の形態 1 又は実施の形態 2 に記載の発光素子を有することから、耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

【0141】

（実施の形態 5）

本実施の形態では、実施の形態 1 又は実施の形態 2 に記載の発光素子をその一部に含む電子機器の例について説明する。実施の形態 1 又は実施の形態 2 に記載の発光素子は耐久性に影響を与えることなく、安価に作製可能であるため、耐久性に影響を与えることなく安価な電子機器装置を提供することができる。

40

【0142】

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

【0143】

図 8（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 710 1 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

50

能であり、表示部 7103 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をマトリクス状に配列して構成されている。当該発光素子は、耐久性に影響を与えることなく安価に製造することが可能である。そのため、当該発光素子で構成される表示部 7103 を有するテレビジョン装置は耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

【0144】

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。

10

【0145】

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。受信機により一般的な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。

【0146】

図 8 (B1) はコンピュータであり、本体 7201、筐体 7202、表示部 7203、キーボード 7204、外部接続ポート 7205、ポインティングデバイス 7206 等を含む。なお、このコンピュータは、実施の形態 2 又は実施の形態 3 で説明したものと同様の発光素子をマトリクス状に配列して表示部 7203 に用いることにより作製される。図 8 (B1) のコンピュータは、図 8 (B2) のような形態であっても良い。図 8 (B2) のコンピュータは、キーボード 7204、ポインティングデバイス 7206 の代わりに第 2 の表示部 7210 が設けられている。第 2 の表示部 7210 はタッチパネル式となっており、第 2 の表示部 7210 に表示された入力用の表示を指や専用のペンで操作することによって入力を行うことができる。また、第 2 の表示部 7210 は入力用表示だけでなく、その他の画像を表示することも可能である。また表示部 7203 もタッチパネルであっても良い。二つの画面がヒンジで接続されることによって、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。なお、このコンピュータは、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をマトリクス状に配列して表示部 7203 に用いることにより作製される。そのため、当該発光素子で構成される表示部 7203 を有するコンピュータは耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

20

【0147】

図 8 (C) は携帯型遊技機であり、筐体 7301 と筐体 7302 の 2 つの筐体で構成されており、連結部 7303 により、開閉可能に連結されている。筐体 7301 には、実施の形態 1 及び実施の形態 2 で説明した発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部 7304 が組み込まれ、筐体 7302 には表示部 7305 が組み込まれている。また、図 8 (C) に示す携帯型遊技機は、その他、スピーカ部 7306、記録媒体挿入部 7307、LED ランプ 7308、入力手段（操作キー 7309、接続端子 7310、センサ 7311（力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい又は赤外線を測定するあるいは検知する機能を含むもの）、マイクロフォン 7312）等を備えている。もちろん、携帯型遊技機の構成は上述のものに限定されず、少なくとも表示部 7304 および表示部 7305 の両方、または一方に実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部を用いていく、その他付属設備が適宜設けられた構成とすることができます。図 8 (C) に示す携帯型遊技機は、記録媒体に記録されているプログラム又はデータを読み出して表示部に表示する機能や、他の携帯型遊技機と無線通信を行って情報を共有する機能を有する。なお、図 8 (C) に示す携帯型遊技機が有する機能はこれに限定されず、様々な機能を有することができる。上述のような表示部 7304 を有する携帯型遊技機は、表示部 7304 に実施

30

40

50

の形態 1 又は実施の形態 2 で示した発光素子を用いていることから、耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

【 0 1 4 8 】

図 8 (D) は、携帯電話機の一例を示している。携帯電話機は、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、携帯電話機 7 4 0 0 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部 7 4 0 2 を有している。そのため、耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができる。

【 0 1 4 9 】

図 8 (D) に示す携帯電話機は、表示部 7 4 0 2 を指などで触ることで、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 を指などで触ることにより行うことができる。

【 0 1 5 0 】

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。

【 0 1 5 1 】

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みしい。

【 0 1 5 2 】

また、携帯電話機内部に、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、携帯電話機の向き（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。

【 0 1 5 3 】

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 1 5 4 】

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。

【 0 1 5 5 】

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 1 5 6 】

図 9 は、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子をバックライトに適用した液晶表示装置の一例である。図 9 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1 、液晶層 9 0 2 、バックライトユニット 9 0 3 、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ IC 9 0 5 と接続されている。また、バックライトユニット 9 0 3 には、実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子が用いられおり、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

【 0 1 5 7 】

実施の形態 1 及び実施の形態 2 に記載の発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用したことにより、平面形状の照明装置を耐久性に影響を与えることなく低コストで作製でき、また大面積化も可能である。これにより、バックライトの大面積化が可能であり、液晶表示装置の大面積化も可能になる。さらに、実施の形態 2 に記載の発光素子を適用した

10

20

30

40

50

発光装置は厚みを小さくできるため、表示装置の薄型化も可能となる。

【0158】

図10は、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図10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、実施の形態4に記載の照明装置が用いられている。

【0159】

図11は、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を、室内の照明装置3001として用いた例である。実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができるため、耐久性に影響を与えることなく安価に照明装置を提供することができる。また、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

10

【0160】

実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図12に実施の形態2に記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。

【0161】

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

20

【0162】

表示領域5002はピラー部分に設けられた実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子を搭載した表示装置である。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。見えない部分を補完するように映像を映すことによって、より自然に違和感なく安全確認を行うことができる。

30

【0163】

表示領域5004や表示領域5005はナビゲーション情報、スピードメーターやタコメーター、走行距離、給油量、ギア状態、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者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。

40

【0164】

実施の形態1及び実施の形態2に記載の発光素子は耐久性に影響を与えることなく安価に製造することができるので、表示領域5000乃至表示領域5005に設けられた表示装置を車載用の発光装置又は照明装置として好適に用いることができる。

【0165】

図13(A)及び図13(B)は2つ折り可能なタブレット型端末の一例である。図13(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を有する。なお、当該タブレット

50

端末は、実施の形態1及び実施の形態2に記載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。

【0166】

表示部9631aは、一部をタッチパネル領域9632aとすることでき、表示された操作キー9037にふれることでデータ入力をすることができる。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

【0167】

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す。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ル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。

【0168】

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。

【0169】

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ます。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。

20

【0170】

また、図13(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いてもよい。また、表示の品質も異なっていてもよい。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

【0171】

図13B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13(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。

【0172】

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を保護するため、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

【0173】

また、この他にも図13(A)及び図13(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。

【0174】

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

50

を行う構成とすることができるため好適である。

【0175】

また、図13(B)に示す充放電制御回路9634の構成、及び動作について図13(C)にブロック図を示し説明する。図13(C)には、太陽電池9633、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3、表示部9631について示しており、バッテリー9635、DCDCコンバータ9636、コンバータ9638、スイッチSW1乃至SW3が、図13(B)に示す充放電制御回路9634に対応する箇所となる。

【0176】

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

10

【0177】

なお、太陽電池9633については、発電手段の一例として示したが、発電手段は特に限定されず、圧電素子(ピエゾ素子)や熱電変換素子(ペルティ工素子)などの他の発電手段によってバッテリー9635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て行う構成としてもよく、発電手段を有さなくとも良い。

20

【0178】

また、上記表示部9631を具備していれば、図13に示した形状のタブレット型端末に限定されない。

【0179】

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

【実施例1】

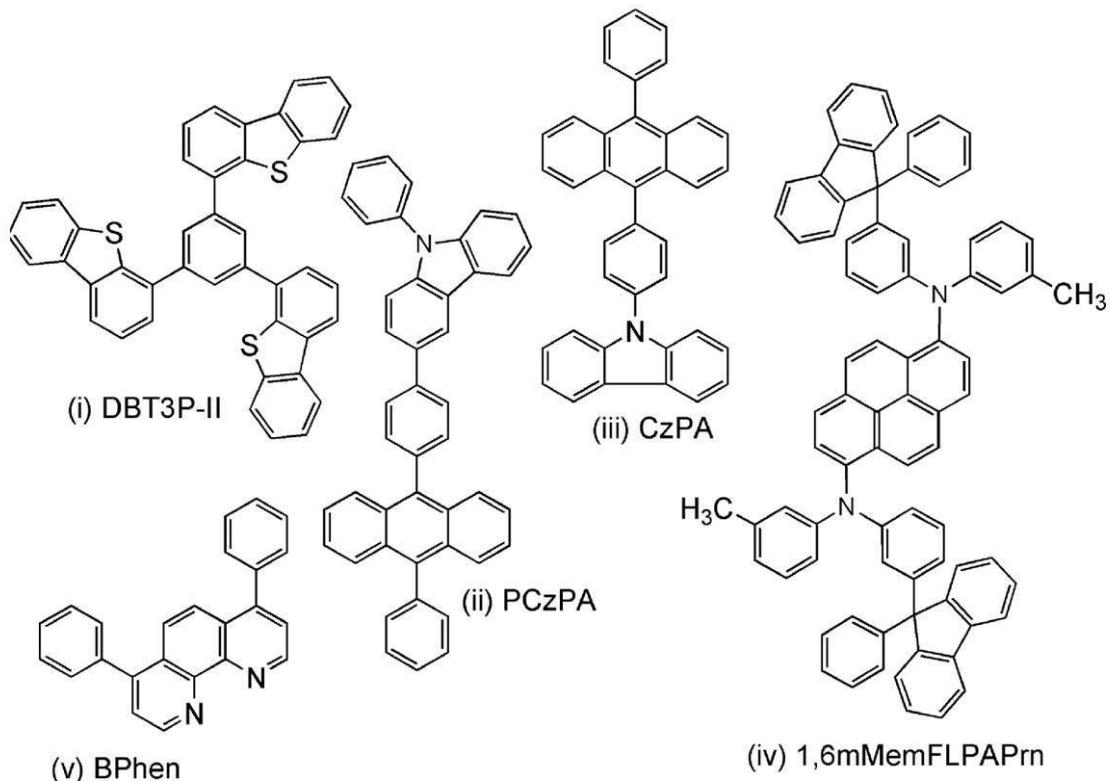
【0180】

30

本実施例では、本発明の一態様の発光素子(発光素子2及び発光素子3)及び比較発光素子(発光素子1、発光素子4乃至発光素子6)について説明する。本実施例で用いる材料の化学式を以下に示す

【0181】

【化1】



10

20

30

40

50

【0182】

以下に、発光素子1乃至発光素子6の作製方法を示す。

【0183】

(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(ITSO)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110nmとし、電極面積は2mm×2mmとした。ここで、第1の電極101は、発光素子の陽極として機能する電極である。

【0184】

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度1時間焼成した後、UVオゾン処理を370秒行った。

【0185】

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度30分間の真空焼成を行った後、基板を30分程度放冷した。

【0186】

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、 10^{-4} Pa程度まで減圧した後、第1の電極101上に、上記構造式(i)で表されるDBT3P-II、と酸化モリブデン(VI)を共蒸着することで、第1の層111(正孔注入層)を形成した。その膜厚は、50nmとし、DBT3P-IIと酸化モリブデンの比率は、重量比で4:2(=DBT3P-II:酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で、複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。なお、ここで用いたDBT3P-IIは、不純物である臭化物の濃度がUPLC装置のUV検出器の検出限界未満、かつ、TOF-MSの検出限界未満の高純度なものを用いた。なお、TOF-MSでは、DBT3P-IIの合成過程や昇華精製過程で生成しやすい臭化物の分子量、m/z 522、m/z 704、m/z 784臭化物での検出を試みた。

【0187】

次に、第1の層111(正孔注入層)上に、上記構造式(iii)で表される、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)を10nmの膜厚となるように成膜し、第2の層112(正孔輸送層)を形成した。PCzPAは、臭化物の量がUPLC装置のUV検出器、TOF-MSの検出限界未満の高純度なものを使用したため、発光素子1は、第1の層111、第2の層112ともに臭化物をほとんど含まない構成を有する素子である。なお、TOF-MSでは、PCzPAの合成過程や昇華精製過程で生成しやすい臭化物の分子量、m/z 410、m/z 651での臭化物検出を試みた。

【0188】

さらに、第2の層112(正孔輸送層)上に、上記構造式(iii)で表されるCzPAと上記構造式(iv)で表される1,6-mMermFLPAPrnとを、重量比1:0.05(=CzPA:1,6-mMermFLPAPrn)となるように30nm共蒸着し、発光層113を形成した。

【0189】

その後、発光層113上にCzPAを膜厚10nmとなるように成膜し、さらに、上記構造式(v)で表されるBPhenを15nmとなるように成膜して、電子輸送層114を形成した。

【0190】

電子輸送層114を形成したら、その後、LiFを1nmの膜厚となるように蒸着し、電子注入層115を形成し、最後に、陰極として機能する第2の電極102として、アルミニウムを200nmの膜厚となるように蒸着することで、本実施例の発光素子1を作製した。

【0191】

なお、上述した蒸着過程において、蒸着は全て抵抗加熱法を用いた。

【0192】

(発光素子2の作製方法)

発光素子2は、発光素子1における第1の層111のDBT3P-IIとして、臭化物が、UV検出器で検出できず(0.1%未満であり)、TOF-MSにおいてその存在が確認できたもの(TOF-MSの検出限界以上)を用いた。その他の構成は発光素子1と同様に形成した。

【0193】

(発光素子3の作製方法)

発光素子3は、発光素子1における第1の層111のDBT3P-IIとして、UV検出器で得たクロマトグラムのピークの面積比から求めた臭化物濃度が4%程度であったものを用いた。その他の構成は発光素子1と同様に形成した。

【0194】

(発光素子4の作製方法)

発光素子4は、発光素子1における第2の層112のPCzPAに換えて、臭化物濃度がTOF-MSの検出限界未満であるDBT3P-IIを用いた。すなわち、発光素子4は第1の層111におけるDBT3P-IIと、第2の層112におけるDBT3P-IIがともに高純度である構成である。

【0195】

(発光素子5の作成方法)

発光素子5は発光素子1における第1の層111のDBT3P-IIに換えて、及び第2の層112のPCzPAに換えて、臭化物が、UV検出器では確認できず、TOF-MS検出器においてその存在が確認できたものDBT3P-IIを用いた。すなわち、発光素子5は第1の層111におけるDBT3P-IIと、第2の層112のDBT3P-II中における臭化物濃度が共にTOF-MSの検出限界より高く、0.1%未満である構成である。

【0196】

10

20

30

40

50

(発光素子 6 の作成方法)

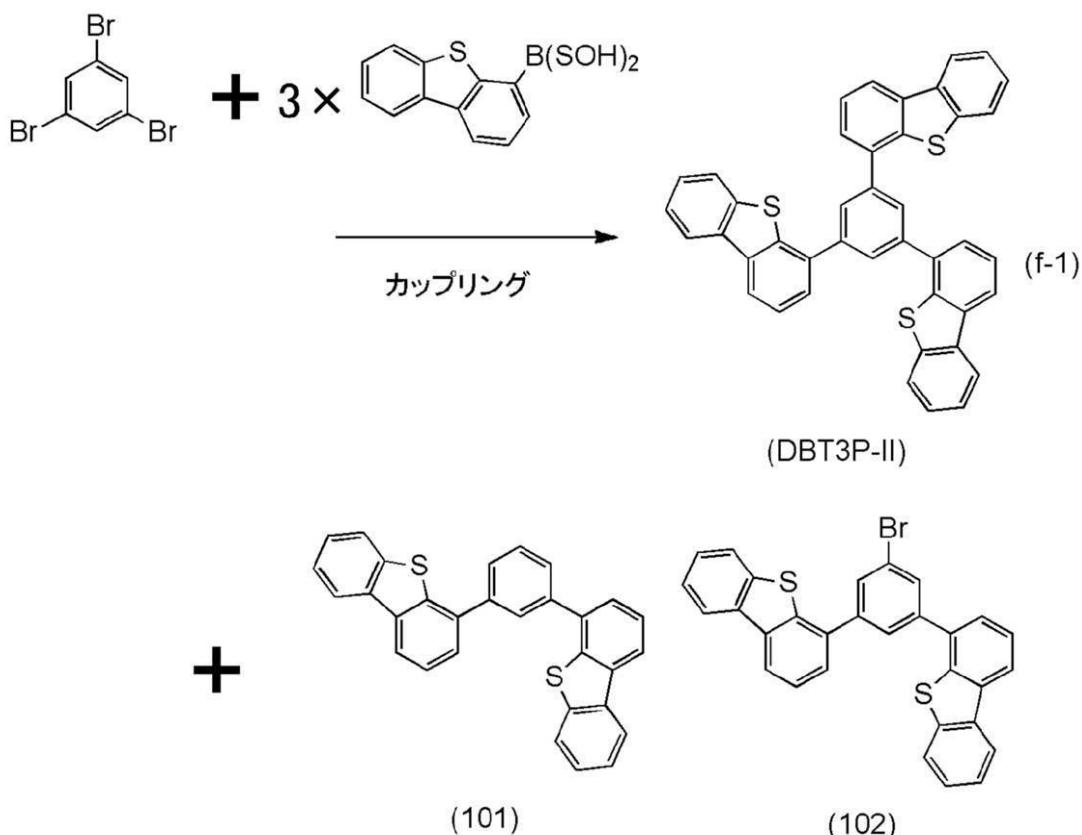
発光素子6は発光素子1における第1の層111のDBT3P-IIに換えて、及び第2の層112のPCzPAに換えてUV検出器で得られたクロマトグラムのピーク面積から求めた臭化物濃度が4%程度であるDBT3P-IIを用いた。すなわち、発光素子6は第1の層111におけるDBT3P-IIと、第2の層112のDBT3P-II中ににおける臭化物濃度が共に4%程度である構成である。

[0 1 9 7]

今回用いたDBT3P-IIは、トリプロモベンゼンと約3等量のジベンゾチオフェン-4-ボロン酸との鈴木・宮浦カップリングによって合成している(スキーム(f-1))。

【 0 1 9 8 】

【化 2】



[0 1 9 9]

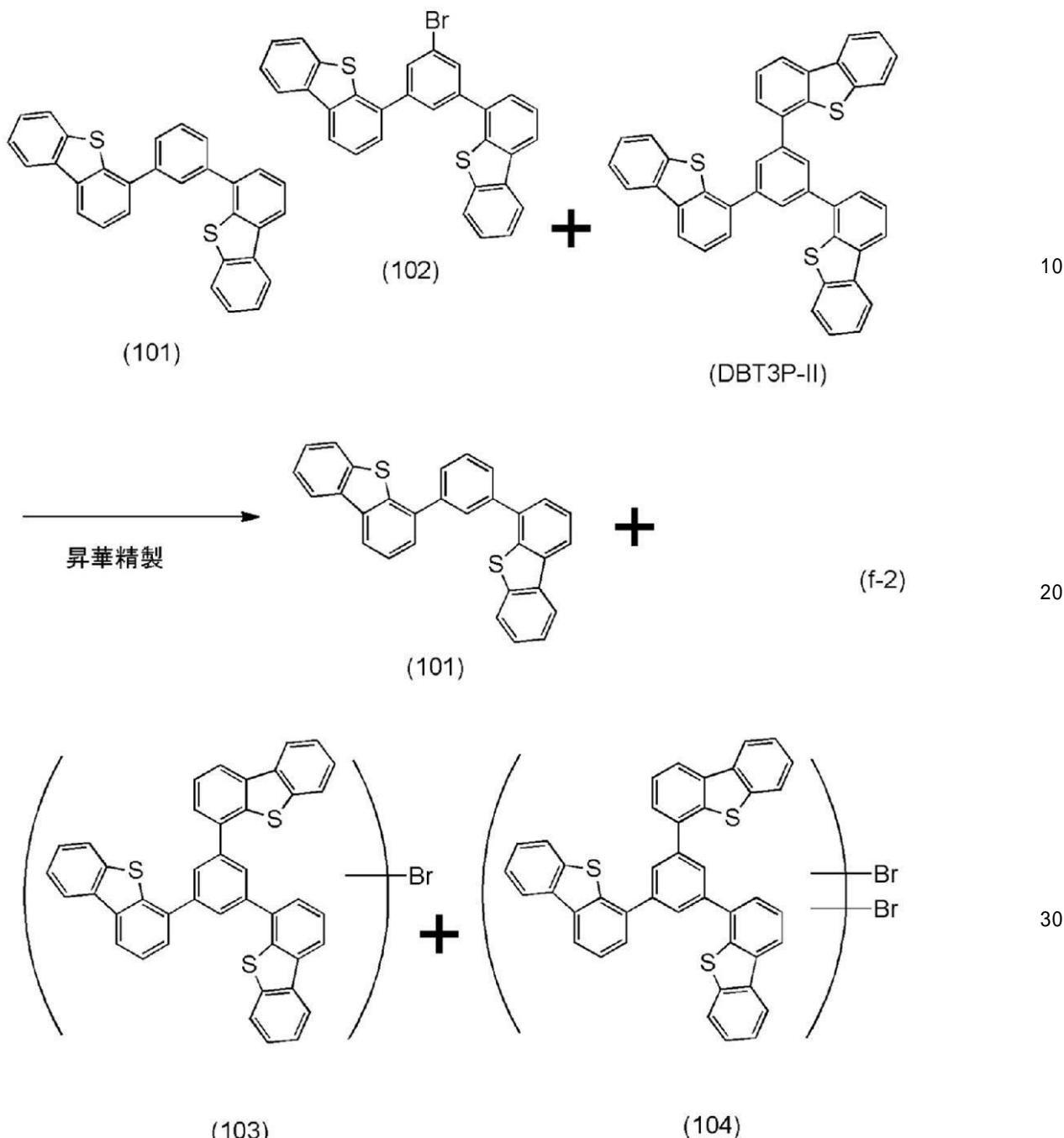
D B T 3 P - I I もその中間体や副生成物も有機溶剤への溶解性が低く、精製が困難な材料の一つである。

[0 2 0 0]

スキーム(f-1)中の化合物(101)や化合物(102)は、それぞれこのカップリングで生じる副生成物や中間体であり、これらが混ざったDBT3P-IIを昇華精製したところ、化合物(102)からDBT3P-IIへ1つあるいは2つの臭素原子が転移したと思われる化合物(103)及び化合物(104)が新たに検出され、化合物(102)の含有量が減少し、化合物(101)の含有量が上昇した。このことから、今回用いたDBT3P-II中の不純物である臭化物は、スキーム(f-2)で示した経路で生成することが確認された。

〔 0 2 0 1 〕

【化3】



【0202】

なお、これら中間体や副生成物は、TOF-MSで検出された同位体ピークと分子量から同定した。TOF-MSでは、 m/z 522（化合物(102)）、 m/z 704（化合物(104)）、 m/z 785（化合物(104)）の物質を検出した。臭化物の濃度は、クロマトグラムにおけるこれら臭化物との吸収強度の積分値とDBT3P-IIの積分値の比より割出した（吸収波長：210-500 nm）。

【0203】

なお、発光素子2及び発光素子5での、臭化物濃度0.1%未満の材料に関しては、UV検出器では臭化物のピークは認識されなかつたが、臭化物の保持時間において、TOF-MS分析では、同位体ピークと分子量に基づき、臭化物の存在が確認された。

【0204】

各発光素子の第1の層及び第2の層における臭化物の濃度を表1にまとめた。

【0205】

【表1】

	発光素子1	発光素子2	発光素子3
第1の層	○	△	×
第2の層	○	○	○
	発光素子4	発光素子5	発光素子6
第1の層	○	△	×
第2の層	○	△	×

○:検出限界未満、△:~0.1%未満、×:4%程度

【0206】

10

発光素子1乃至発光素子6を、窒素雰囲気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、80にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の信頼性について測定を行った。なお、測定は室温（25に保たれた雰囲気）で行った。

【0207】

20

発光素子1乃至発光素子3の電流密度 - 輝度特性を図14に、輝度 - 電流効率特性を図15に、電圧 - 電流特性を図16に、発光スペクトルを図17に示す。また、発光素子4乃至発光素子6の電流密度 - 載度特性を図18に、輝度 - 電流効率特性を図19に、電圧 - 電流特性を図20に、発光スペクトルを図21に示す。

【0208】

20

また、発光素子1乃至発光素子3の1000cd/m²付近における主要な特性値を表2に、発光素子4乃至発光素子6の1000cd/m²付近における主要な特性値を表3に示す。

【0209】

【表2】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	電流 効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子1	3.2	0.49	12.3	0.15 0.20	7.9	7.8	5.9
発光素子2	3.2	0.53	13.3	0.15 0.19	7.9	7.8	6.0
発光素子3	3.1	0.40	10.1	0.15 0.20	7.9	8.0	5.6

30

【0210】

【表3】

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm ²)	色度x 色度y	電流 効率 (cd/A)	パワー 効率 (lm/W)	外部量子 効率 (%)
発光素子4	3.4	0.46	11.4	0.15 0.21	9.7	9.0	6.7
発光素子5	3.5	0.48	12.0	0.15 0.20	9.5	8.5	6.9
発光素子6	3.4	0.49	12.3	0.15 0.22	9.9	9.1	6.8

40

【0211】

これらの結果より、各発光素子の初期特性に有意差は見られなかった。

【0212】

次に、発光素子1乃至発光素子3の初期輝度5000cd/m²、電流値一定の条件下における駆動時間に対する輝度変化を表す図を図22に、発光素子4乃至発光素子6の初期輝度5000cd/m²、電流値一定の条件下における駆動時間に対する輝度変化を表す図を図23に示した。図22から、発光素子1乃至発光素子3はほぼ同様の特性を示しており、第1の層に含まれる臭化物の影響が抑制されていることがわかる。一方図23では、第2の層に含まれるハロゲン化物の量が増えるにつれて輝度の劣化が大きくなっている。

50

発光素子4と発光素子6では耐久性に100倍以上の差があることがわかる。このように第2の層に含まれるハロゲン化物(ハロゲン元素)の影響は大きく、第2の層のハロゲン元素の濃度は低いほど好ましい。一方で第1の層におけるハロゲン元素の濃度には鈍感であることがわかるため、第1の層にはハロゲン化物が比較的多く含まれる化合物を用いることができ、当該化合物の価格が安価であることから、コスト的に有利な発光素子を製造することができる。

【0213】

図24には発光素子2の、図25には発光素子3のD-SIMSでの測定結果を示した。一次イオンは $C s^+$ を用い、一次加速電圧は2.0kVとした。測定は陰極側から行い、横軸のスケールは、酸素元素のイオン強度より見積った。深さ60nm程度までが電子注入層から正孔輸送層に相当し、60-110nm程度が正孔注入層に相当する。図より、臭化物濃度0.1%未満及び同4%程度の材料を用いた第1の層では、ハロゲン元素(臭素、塩素)の検出ができることがわかった。また、臭素の濃度差も再現されることがわかった。このように、実施例の発光素子である発光素子2及び発光素子3は正孔注入層にハロゲン元素が含まれているにも関わらず、発光層や(発光層に接している)正孔輸送層にハロゲン元素を含まない(ハロゲン元素がTOF-MSの検出限界未満である)発光素子1や発光素子4と同様の良好な素子特性を示すことがわかった。一方で、ハロゲン元素を含む材料を正孔輸送層にも用いた発光素子5及び発光素子6は、顕著な耐久性の低下を示すことがわかった。

【0214】

なお、正孔注入層で検出されている塩素は、酸化モリブデン(純度3N8)に含まれている塩素に由来すると考えられる。この酸化モリブデンの蒸着膜をD-SIMSで測定したところ、10 count/sec程度の塩素が検出され、臭素のイオン強度は検出下限未満であった。

【0215】

以上の結果より、発光層に接していない正孔注入層は、ハロゲン元素(特に臭素や塩素)が含まれていても、発光特性や信頼性に大きな影響を及ぼさないことが分かった。そのため、正孔注入層に用いる材料は、有機EL素子で一般的に言われている程高純度品を用いる必要が無く、製造コストを大幅に抑えることができることが分かった。その目安としては、D-SIMS測定で、炭素に対してハロゲン元素のイオン強度が約1/10000以上の物質であればコスト的なメリットが大きい。また、ハロゲン元素の濃度に上限はないが、D-SIMS測定で、炭素に対してハロゲン元素のイオン強度が1/100以下である方が、素子の特性(駆動電圧など)に影響を及ぼしづらいと考えられるため、好ましい。

【0216】

また、本実施例の素子構造は、発光領域が正孔輸送層と発光層の界面であると考えられる。そのため、発光層に接する電子輸送層にハロゲン元素(臭素や塩素)が含まれていても、発光特性や信頼性に大きな影響を及ぼさないと考えられる。そのため、電子輸送層に用いる材料も、有機EL素子で一般的に言われている程高純度品を用いる必要が無いと考えられる。その目安としては、D-SIMS測定において、炭素に対してハロゲン元素のイオン強度が約1/10000以上、1/100以下であると、コスト的な優位性と、良好な素子の特性(駆動電圧など)を両立しやすいため好ましい構成である。

【0217】

一方、発光層に接している正孔輸送層に関しては、ハロゲン化物を極力抑えた、高純度品を用いる必要があることが分かった。その目安としては、D-SIMS測定において、炭素に対してハロゲン元素のイオン強度が約1/10000未満(より好ましくは1/10000未満)であることがわかった。またこの目安は、発光層においても同様に言える。また、発光材料は蛍光材料でも燐光材料でも同様のことが言える。

【実施例2】

【0218】

10

20

30

40

50

UPLCのUV検出器で臭化物濃度が1%程度と見積もられたDBT3P-II(試料A)、及び臭化物が同検出限界未満の濃度であり、TOF-SIMSでは検出可能なDBT3P-II(試料B)、臭化物濃度がTOF-SIMSの検出限界未満のDBT3P-II(試料C)のハロゲン元素のより精密な定量を、燃焼-イオンクロマトグラフィにより行った。本測定では燃焼分解を(株)三菱化学アナリティック社製自動試料燃焼装置AQF-2100H型を用いて行い、その後のイオンクロマトグラフィをダイオネクス社製イオンクロマトグラフィーシステムDionex ICS-2100にて行った。なお、試料Bは発光素子2で用いたDBT3P-IIと同じロットで合成された材料であり、試料Cは、発光素子4と同様の構成で正孔輸送層に用いた場合に、発光素子4と同等の素子特性(電流効率、駆動電圧、信頼性)であることを確認している。

10

【0219】

燃焼分解の条件を以下に示す。ヒーター温度は、入り口側温度900、出口側温度1000とし、試料ポートを移動させることで加熱温度を調整した。加熱雰囲気はアルゴン、加湿アルゴン、酸素の混合雰囲気とした。また、吸収液としては内部標準としてリン酸30ppmを溶解させた水を5ml使用した。

【0220】

イオンクロマトグラフィの条件を以下に示す。溶離液としてはKOH水溶液を用い、溶離液ジェネレーターを使用した。流量は1.0mL/min、溶離液の注入量は100μLとした。分離カラムはDionex IonPac AS20 4mm×250mmを用い、カラム温度は35とした。サプレッサーはASRSであり、サプレッサー電流は100mAとした。検出器は電気伝導度検出器を用い、電気伝導度セル温度は35とした。結果を表4に示す。

20

【0221】

【表4】

	F	Cl	Br
試料A	17	27	3400
試料B	0.18	0.31	160
試料C	0.44	0.37	6.0

[ppm]

30

【0222】

各試料のハロゲン元素濃度は、UPLC検出器によって見積った濃度と良い相関を示した。この結果より、発光層及び/又は第2の層に含まれるハロゲン濃度は10ppm未満であれば、第1の層のハロゲン濃度はそれ以上でもよく、3000ppm以上存在しても素子の耐久性に悪影響を及ぼさず、安価で発光素子を得ることができることがわかる。一方、発光層に接している第2の層に関しては、ハロゲン元素の濃度が好ましくは100ppm以下、より好ましくは10ppm以下が好ましいことが分かった。

【符号の説明】

【0223】

40

- 101 第1の電極
- 102 第2の電極
- 103 E L層
- 111 第1の層
- 112 第2の層
- 113 発光層
- 114 電子輸送層
- 115 電子注入層
- 201 陽極
- 202 陰極

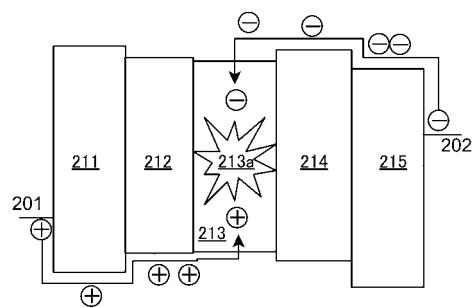
50

2 1 1	正孔注入層	
2 1 2	正孔輸送層	
2 1 3	発光層	
2 1 4	電子輸送層	
2 1 5	電子注入層	
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	10
4 0 6	シール材	
4 0 7	封止基板	
4 1 2	パッド	
4 2 0	I C チップ	
5 0 1	第1の電極	
5 0 2	第2の電極	
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T F T	
6 1 2	電流制御用T F 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T F T	
6 2 4	pチャネル型T F T	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	40
9 0 4	筐体	
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	50

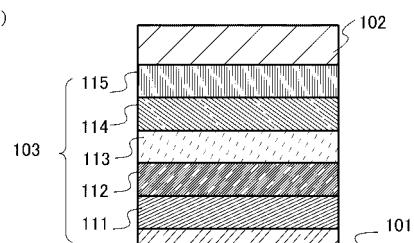
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 0 7	ゲート電極	
1 0 0 8	ゲート電極	
1 0 2 0	第1の層間絶縁膜	
1 0 2 1	第2の層間絶縁膜	
1 0 2 2	接続電極	
1 0 2 4 W	発光素子の第1の電極	10
1 0 2 4 R	発光素子の第1の電極	
1 0 2 4 G	発光素子の第1の電極	
1 0 2 4 B	発光素子の第1の電極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L層	
1 0 2 9	発光素子の第2の電極	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	透明な基材	
1 0 3 4 R	赤色の着色層	20
1 0 3 4 G	緑色の着色層	
1 0 3 4 B	青色の着色層	
1 0 3 5	黒色層(ブラックマトリックス)	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 4 0	画素部	
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周辺部	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
5 0 0 0	表示領域	30
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	
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	40
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	
7 2 0 5	外部接続ポート	
7 2 0 6	ポインティングデバイス	
7 2 1 0	第2の表示部	
7 3 0 1	筐体	
7 3 0 2	筐体	50

7 3 0 3	連結部	
7 3 0 4	表示部	
7 3 0 5	表示部	
7 3 0 6	スピーカ部	
7 3 0 7	記録媒体挿入部	
7 3 0 8	L E D ランプ	
7 3 0 9	操作キー	
7 3 1 0	接続端子	
7 3 1 1	センサ	
7 4 0 1	筐体	10
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	
7 4 0 0	携帯電話機	
9 0 3 3	留め具	
9 0 3 4	スイッチ	
9 0 3 5	電源スイッチ	
9 0 3 6	スイッチ	20
9 0 3 7	操作キー	
9 6 3 0	筐体	
9 6 3 1	表示部	
9 6 3 1 a	表示部	
9 6 3 1 b	表示部	
9 6 3 2 a	タッチパネル領域	
9 6 3 2 b	タッチパネル領域	
9 6 3 3	太陽電池	
9 6 3 4	充放電制御回路	
9 6 3 5	バッテリー	30
9 6 3 6	D C D C コンバータ	
9 6 3 8	コンバータ	
9 6 3 9	ボタン	

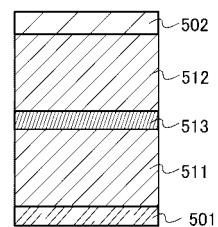
【 図 1 】



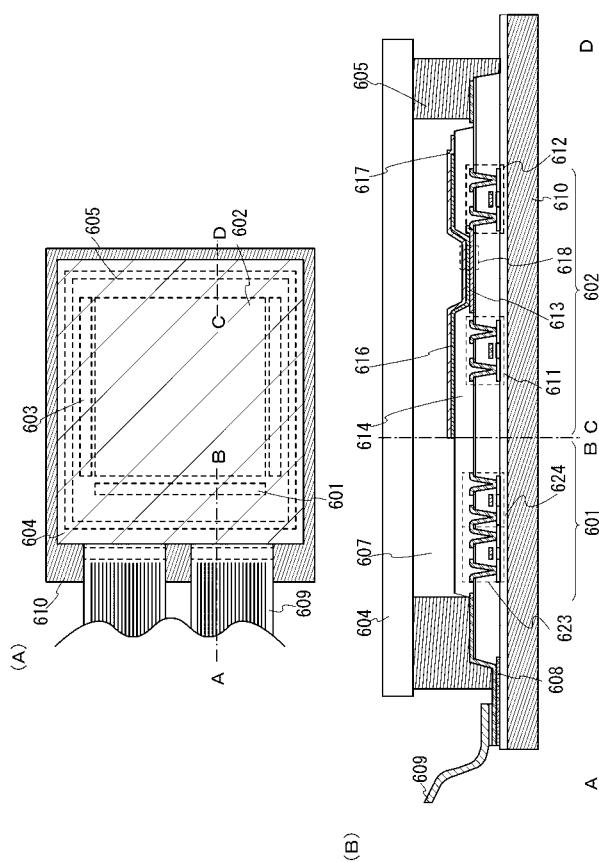
【 図 2 】



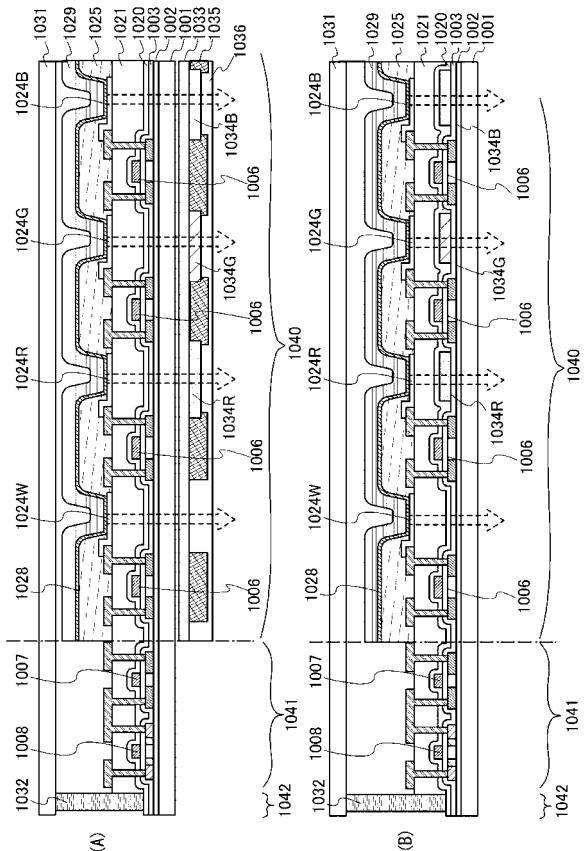
(B)



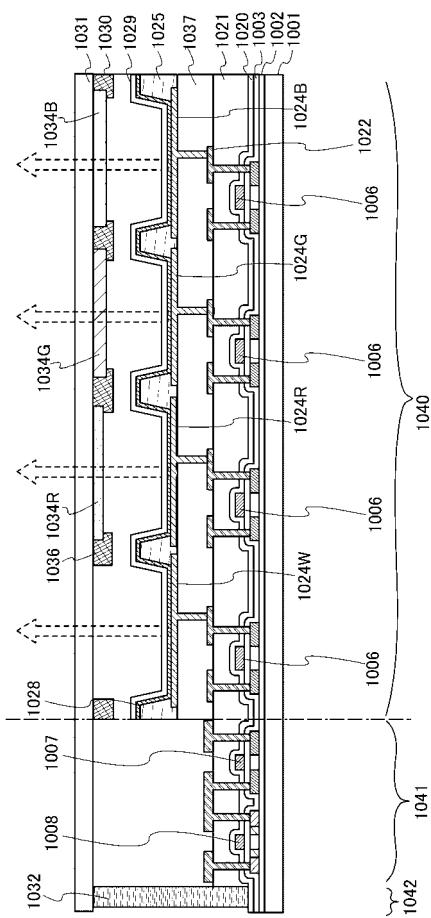
【図3】



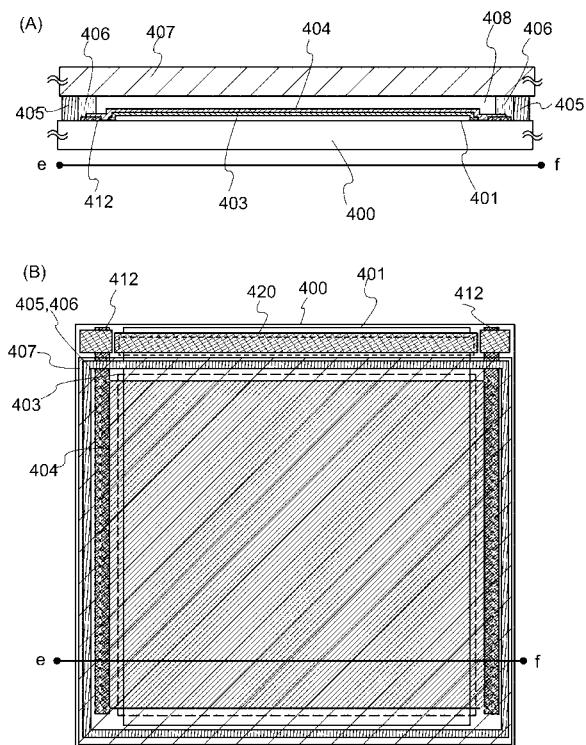
【 図 4 】



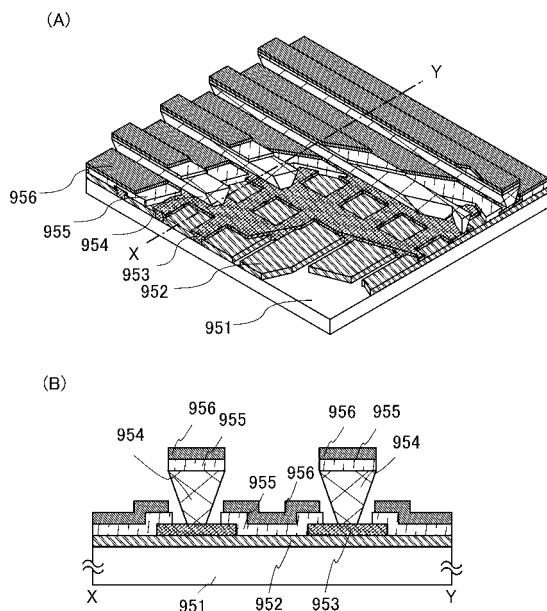
【 図 5 】



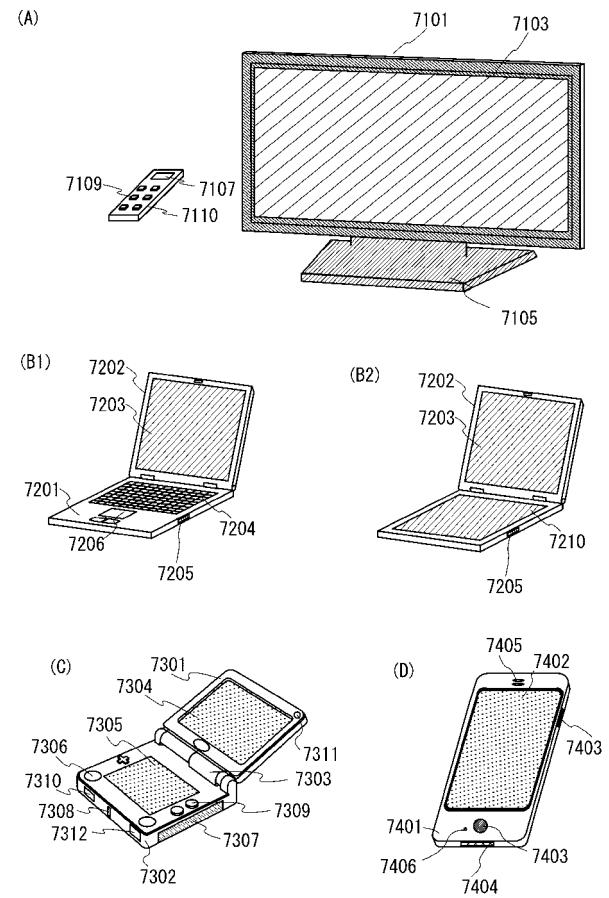
【 図 7 】



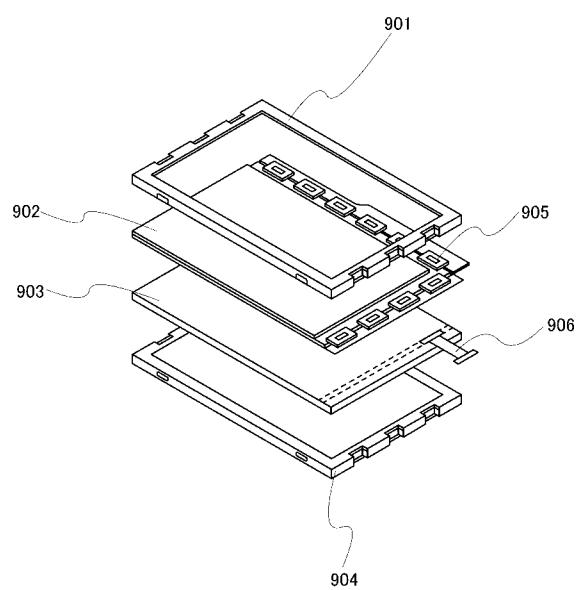
【図6】



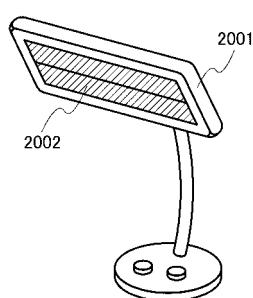
【 図 8 】



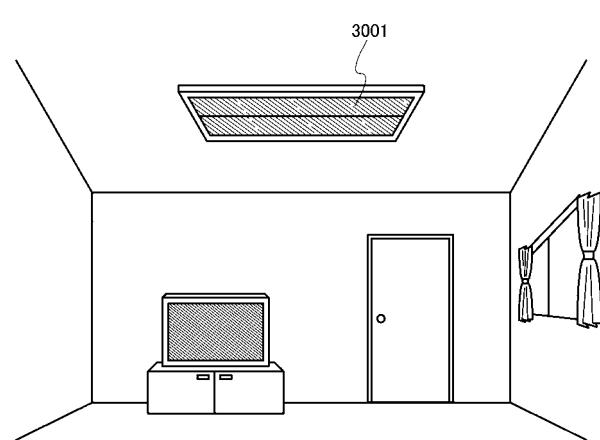
【図 9】



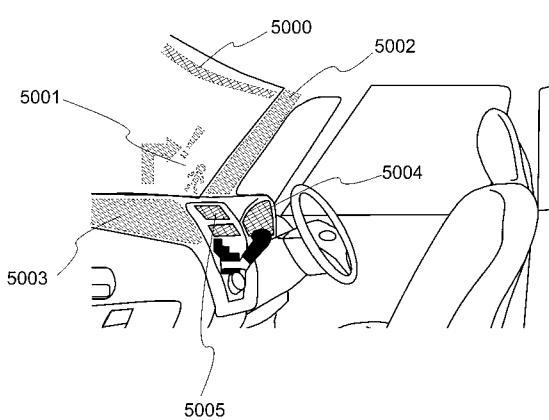
【図 10】



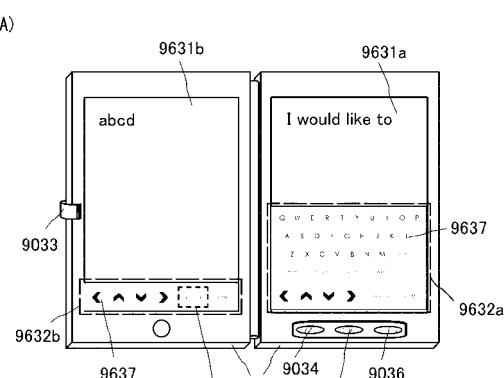
【図 11】



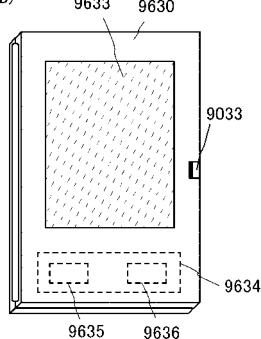
【図 12】



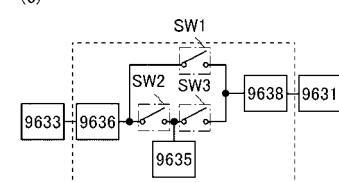
【図 13】



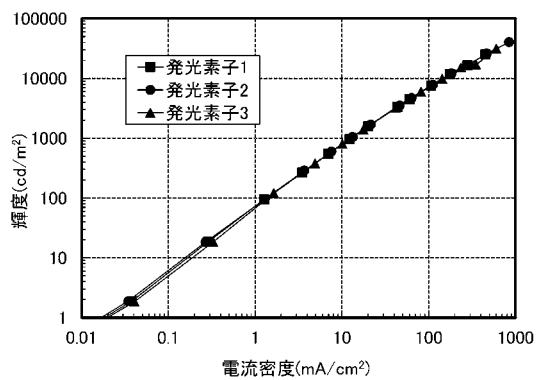
(B)



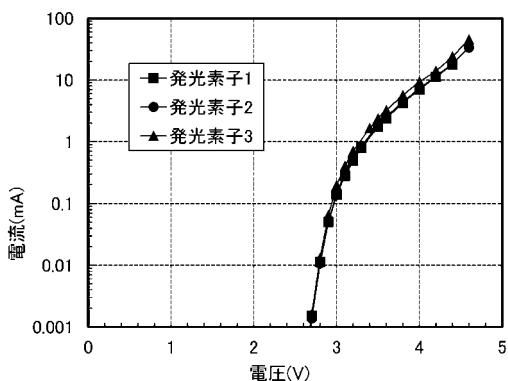
(C)



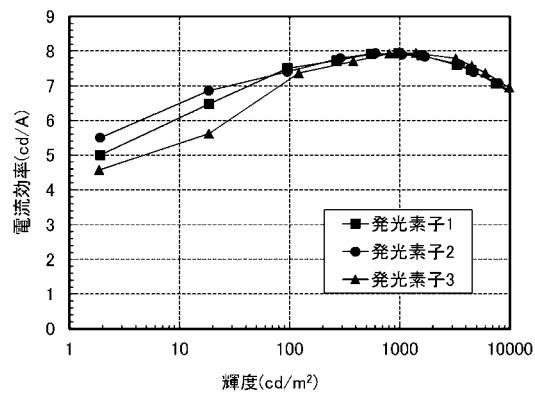
【図14】



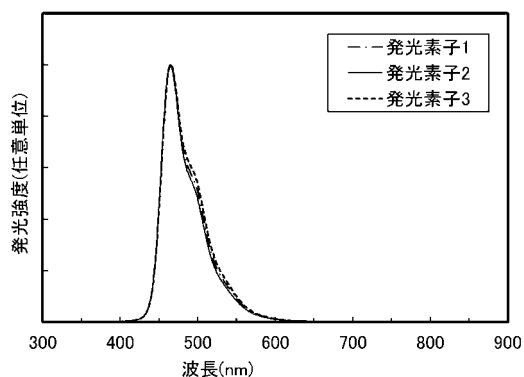
【図16】



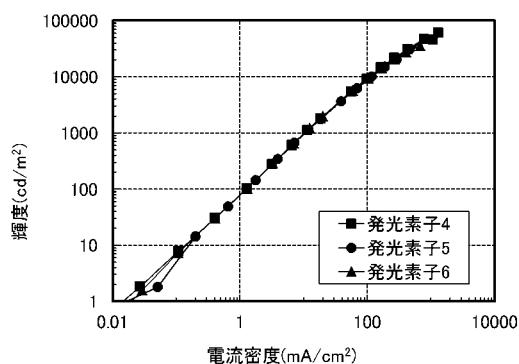
【図15】



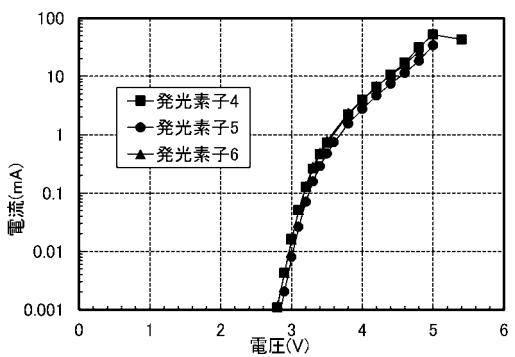
【図17】



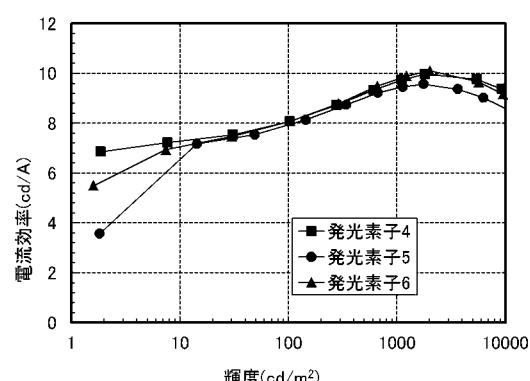
【図18】



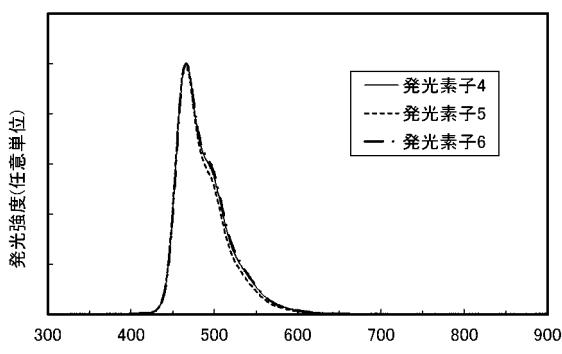
【図20】



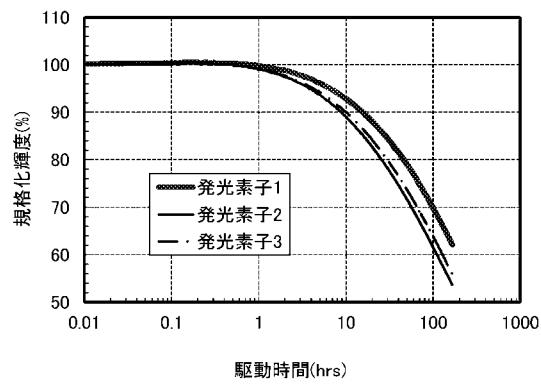
【図19】



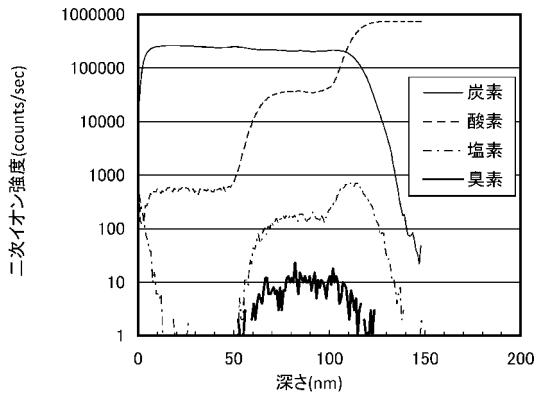
【図21】



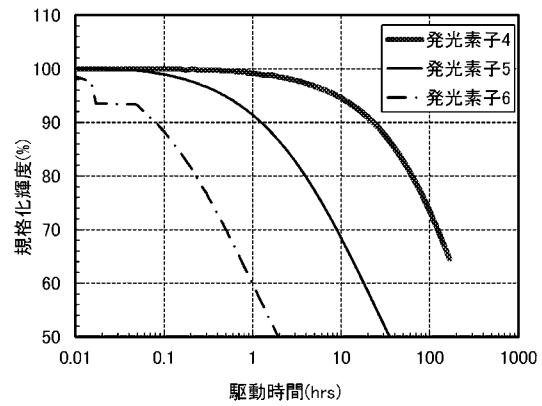
【図22】



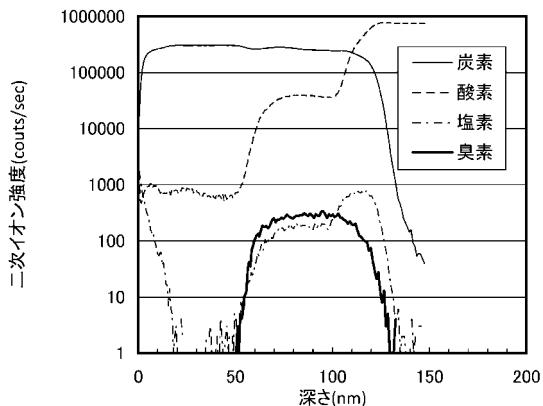
【図24】



【図23】



【図25】



フロントページの続き

(72)発明者 濑尾 哲史

神奈川県厚木市長谷3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターク(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB03 BB08 CC22 CC45 DD53 DD59 DD68
DD72 DD73 DD78 FF00 FF14