

(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2019-114780

(P2019-114780A)

(43) 公開日 令和1年7月11日 (2019.7.11)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H01L 51/50</b> (2006.01)	H05B 33/22 D	3K014
<b>H01L 27/32</b> (2006.01)	H05B 33/14 A	3K107
<b>G09F 9/30</b> (2006.01)	H01L 27/32	3K243
<b>F21S 2/00</b> (2016.01)	G09F 9/30 365	3K244
<b>F21S 6/00</b> (2006.01)	G09F 9/30 338	5C094
審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 70 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2018-205169 (P2018-205169)  
 (22) 出願日 平成30年10月31日 (2018.10.31)  
 (31) 優先権主張番号 特願2017-245884 (P2017-245884)  
 (32) 優先日 平成29年12月22日 (2017.12.22)  
 (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 渡部 剛吉  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
 半導体エネルギー研究所内  
 (72) 発明者 大澤 信晴  
 神奈川県厚木市長谷398番地 株式会社  
 半導体エネルギー研究所内  
 (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  
 Fターム (参考) 3K014 AA00

最終頁に続く

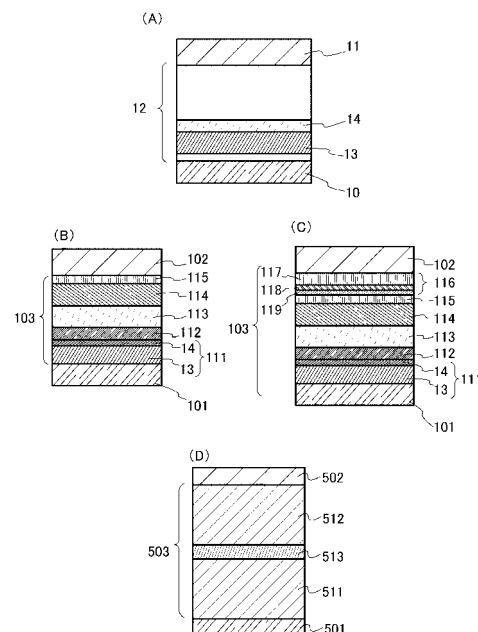
(54) 【発明の名称】 電子デバイス、発光素子、発光装置、電子機器及び照明装置

## (57) 【要約】

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

【解決手段】有機化合物と、当該有機化合物にアクセプタ性を有する物質をふくむ複合材料を正孔注入層とする電子デバイスにおいて、当該正孔注入層が2層以上の複数層で形成されており、最も陽極側の正孔注入層として、HOMO準位の深い有機化合物と当該有機化合物にアクセプタ性を有する物質からなる複合材料を用いた電子デバイスを提供する。

【選択図】図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

陽極と、  
陰極と、  
有機化合物を含む層とを有し、  
前記有機化合物を含む層は、前記陽極と、前記陰極の間に位置し、  
前記有機化合物を含む層は、第 1 の層と第 2 の層とを有し、  
前記第 1 の層は前記陽極と前記第 2 の層の間に位置し、  
前記第 2 の層は前記第 1 の層に接し、  
前記第 1 の層には、正孔輸送性を有する第 1 の有機化合物と、前記第 1 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれており、  
前記第 2 の層には、正孔輸送性を有する第 2 の有機化合物と、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれており、  
前記第 1 の層が、前記第 2 の有機化合物および前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質とは異なる物質を有する電子デバイス。

## 【請求項 2】

陽極と、  
陰極と、  
有機化合物を含む層とを有し、  
前記有機化合物を含む層は、前記陽極と、前記陰極の間に位置し、  
前記有機化合物を含む層は、第 1 の層と第 2 の層とを有し、  
前記第 1 の層は、前記陽極と前記第 2 の層の間に位置し、  
前記第 2 の層は前記第 1 の層に接し、  
前記第 1 の層には、正孔輸送性を有する第 1 の有機化合物、前記第 1 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質および第 3 の物質が含まれており、  
前記第 2 の層には、正孔輸送性を有する第 2 の有機化合物と、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれている電子デバイス。

## 【請求項 3】

請求項 2 において、  
前記第 3 の物質がアルカリ金属のフッ化物、アルカリ土類金属のフッ化物およびフッ化アルキルのいずれかである電子デバイス。

## 【請求項 4】

請求項 2 において、  
前記第 3 の物質が可視光領域に吸収を有する物質である電子デバイス。

## 【請求項 5】

請求項 1 乃至請求項 4 のいずれか一項において、  
前記第 1 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質と、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が同じ物質である電子デバイス。

## 【請求項 6】

請求項 1 乃至請求項 5 のいずれか一項において、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が、モリブデン酸化物である電子デバイス。

## 【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物が異なる物質である電子デバイス。

## 【請求項 8】

請求項 7 において、  
前記第 1 の有機化合物の HOMO 準位が、前記第 2 の有機化合物の HOMO 準位よりも浅い電子デバイス。

## 【請求項 9】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記第 1 の有機化合物と前記第 2 の有機化合物が同じ物質である電子デバイス。

【請求項 1 0】

請求項 1 乃至請求項 9 のいずれか一項において、

前記有機化合物を含む層は第 3 の層を有し、

前記第 3 の層は前記陽極と前記第 1 の層に接して設けられ、

前記第 3 の層には、正孔輸送性を有する第 3 の有機化合物と、前記第 3 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれている電子デバイス。

【請求項 1 1】

請求項 1 0 において、

前記第 3 の有機化合物と、前記第 2 の有機化合物が同じ物質であり、

前記第 3 の物質にアクセプタ性を示す物質と、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が同じ物質である電子デバイス。

10

【請求項 1 2】

請求項 1 乃至請求項 1 1 のいずれか一項において、前記第 1 の層が前記陽極に接する電子デバイス。

【請求項 1 3】

請求項 1 乃至請求項 1 2 のいずれか一項において、

前記有機化合物を含む層は第 4 の層を有し、

前記第 4 の層は、前記第 2 の層に接し、

前記第 4 の層には、正孔輸送性を有する第 4 の有機化合物が含まれる電子デバイス。

20

【請求項 1 4】

請求項 1 乃至請求項 1 3 のいずれか一項において、

前記第 1 の層と前記第 2 の層の光学的特性が異なる電子デバイス。

【請求項 1 5】

請求項 1 4 において、

前記第 1 の層を構成する膜の屈折率と前記第 2 の層を構成する膜の屈折率の差が 0 . 0 5 以上である電子デバイス。

【請求項 1 6】

請求項 1 5 において、

前記第 1 の層を構成する膜の屈折率が、前記第 2 の層を構成する膜の屈折率よりも 0 . 0 5 以上小さい電子デバイス。

30

【請求項 1 7】

請求項 1 乃至請求項 1 6 のいずれか一項において、前記第 1 の層の厚さが前記第 2 の層の厚さよりも大きい電子デバイス。

【請求項 1 8】

請求項 1 乃至請求項 1 7 のいずれか一項において、

前記有機化合物を含む層が発光層を有する発光素子。

【請求項 1 9】

請求項 1 8 に記載の発光素子と、

センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、  
を有する電子機器。

40

【請求項 2 0】

請求項 1 9 に記載の発光素子と、

トランジスタ、または、基板と、  
を有する発光装置。

【請求項 2 1】

請求項 2 0 に記載の発光装置と、

筐体と、

を有する照明装置。

【発明の詳細な説明】

50

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明の一態様は、発光素子、ディスプレイモジュール、照明モジュール、表示装置、発光装置、電子機器及び照明装置に関する。なお、本発明の一態様は、上記の技術分野に限定されない。本明細書等で開示する発明の一態様の技術分野は、物、方法、または、製造方法に関するものである。または、本発明の一態様は、プロセス、マシン、マニュファクチャ、または、組成物（コンポジション・オブ・マター）に関するものである。そのため、より具体的に本明細書で開示する本発明の一態様の技術分野としては、半導体装置、表示装置、液晶表示装置、発光装置、照明装置、蓄電装置、記憶装置、撮像装置、それらの駆動方法、または、それらの製造方法を一例として挙げることができる。

10

## 【背景技術】

## 【0002】

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）の実用化が進んでいる。これら発光素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光材料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して、キャリアを注入し、当該キャリアの再結合エネルギーを利用することにより、発光材料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ディスプレイの画素として用いると、液晶に比べ、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。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。

20

## 【0004】

また、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、面状に発光を得ることができる。これは、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、より良好な特性を有する発光素子を求めて研究開発が進められている。

30

## 【0006】

有機EL素子を語る際にしばしば問題となるものの一つに、光取出し効率の低さが挙げられる。特に、屈折率の違いから起こる反射による減衰は、素子の効率を下げる大きな要因となっており、この影響を低減させるために、EL層内部に低屈折率材料からなる層を形成する構成が提案されている（例えば、非特許文献1参照）。

## 【0007】

この構成を備えた発光素子は、従来の構成を有する発光素子よりも発光効率の高い発光素子とすることが可能であるが、このような層を、その他、発光素子における重要な特性に悪影響を与えずにEL層内部に形成するのは容易なことではない。

40

## 【先行技術文献】

## 【非特許文献】

## 【0008】

【非特許文献1】Jaeho Lee、他12名、「Synergetic electrode architecture for efficient graphene-based flexible organic light-emitting diodes」,nature COMMUNICATIONS,平成28年6月2日,DOI:10.1038/ncomms11791

## 【発明の概要】

## 【発明が解決しようとする課題】

50

## 【 0 0 0 9 】

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

## 【 0 0 1 0 】

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

## 【 0 0 1 1 】

本発明は上述の課題のうちいずれか一を解決すればよいものとする。

10

## 【課題を解決するための手段】

## 【 0 0 1 2 】

本発明の一態様は、陽極と、陰極と、有機化合物を含む層とを有し、前記有機化合物を含む層は、前記陽極と、前記陰極の間に位置し、前記有機化合物を含む層は、第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は前記陽極と前記第2の層の間に位置し、前記第2の層は前記第1の層に接し、前記第1の層には、正孔輸送性を有する第1の有機化合物と、前記第1の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれており、前記第2の層には、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、前記第2の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれており、前記第1の層が、前記第2の有機化合物および前記第2の有機化合物にアクセプタ性を示す物質とは異なる物質を有する電子デバイスである。

20

## 【 0 0 1 3 】

または、本発明の他の一態様は、陽極と、陰極と、有機化合物を含む層とを有し、前記有機化合物を含む層は、前記陽極と、前記陰極の間に位置し、前記有機化合物を含む層は、第1の層と第2の層とを有し、前記第1の層は、前記陽極と前記第2の層の間に位置し、前記第2の層は前記第1の層に接し、前記第1の層には、正孔輸送性を有する第1の有機化合物、前記第1の有機化合物にアクセプタ性を示す物質および第3の物質が含まれており、前記第2の層には、正孔輸送性を有する第2の有機化合物と、前記第2の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれている電子デバイスである。

## 【 0 0 1 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において前記第3の物質がアルカリ金属のフッ化物、アルカリ土類金属のフッ化物およびフッ化アルキルのいずれかである電子デバイスである。

30

## 【 0 0 1 5 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第3の物質が可視光領域に吸収を有する物質である電子デバイスである。

## 【 0 0 1 6 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の有機化合物にアクセプタ性を示す物質と、前記第2の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が同じ物質である電子デバイスである。

## 【 0 0 1 7 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第2の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が、モリブデン酸化物である電子デバイスである。

40

## 【 0 0 1 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において前記第1の有機化合物と前記第2の有機化合物が異なる物質である電子デバイスである。

## 【 0 0 1 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の有機化合物のHOMO準位が、前記第2の有機化合物のHOMO準位よりも浅い電子デバイスである。

## 【 0 0 2 0 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第1の有機化合物と前記第2の

50

有機化合物が同じ物質である電子デバイスである。

【 0 0 2 1 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物を含む層は第 3 の層を有し、前記第 3 の層は前記陽極と前記第 1 の層に接して設けられ、前記第 3 の層には、正孔輸送性を有する第 3 の有機化合物と、前記第 3 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれている電子デバイスである。

【 0 0 2 2 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 3 の有機化合物と、前記第 2 の有機化合物が同じ物質であり、前記第 3 の物質にアクセプタ性を示す物質と、前記第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す物質が同じ物質である電子デバイスである。

10

【 0 0 2 3 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 1 の層が前記陽極に接する電子デバイスである。

【 0 0 2 4 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物を含む層は第 4 の層を有し、前記第 4 の層は、前記第 2 の層に接し、前記第 4 の層には、正孔輸送性を有する第 4 の有機化合物が含まれる電子デバイスである。

【 0 0 2 5 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 1 の層と前記第 2 の層の光学的特性が異なる電子デバイスである。

20

【 0 0 2 6 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 1 の層を構成する膜の屈折率と前記第 2 の層を構成する膜の屈折率の差が 0 . 0 5 以上である電子デバイスである。

【 0 0 2 7 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 1 の層を構成する膜の屈折率が、前記第 2 の層を構成する膜の屈折率よりも 0 . 0 5 以上小さい電子デバイスである。

【 0 0 2 8 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記第 1 の層の厚さが前記第 2 の層の厚さよりも大きい電子デバイスである。

【 0 0 2 9 】

または、本発明の他の一態様は、上記構成において、前記有機化合物を含む層が発光層を有する発光素子である。

30

【 0 0 3 0 】

または、本発明の他の一態様は、上に記載の発光素子と、センサ、操作ボタン、スピーカ、または、マイクと、を有する電子機器である。

【 0 0 3 1 】

または、本発明の他の一態様は、上に記載の発光素子と、トランジスタ、または、基板と、を有する発光装置である。

【 0 0 3 2 】

または、本発明の他の一態様は、上に記載の発光装置と、筐体と、を有する照明装置である。

40

【 0 0 3 3 】

なお、本明細書中における発光装置とは、発光素子を用いた画像表示デバイスを含む。また、発光素子にコネクタ、例えば異方導電性フィルム又は T C P ( T a p e C a r r i e r P a c k a g e ) が取り付けられたモジュール、T C P 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 C O G ( C h i p O n G l a s s ) 方式により I C ( 集積回路 ) が直接実装されたモジュールは、発光装置を有する場合がある。さらに、照明器具等は発光装置を有する場合がある。

【 発明の効果 】

【 0 0 3 4 】

50

本発明の一態様では、新規発光素子を提供することができる。または、寿命の良好な発光素子を提供することができる。または、発光効率の良好な発光素子を提供することができる。または、駆動電圧の低い発光素子を提供することができる。または、色純度が良好な発光素子を提供することができる。または、製造コストの小さい発光素子を提供することができる。

【0035】

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

【0036】

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】

【0037】

【図1】電子デバイスおよび発光素子の概略図。

【図2】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図3】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図4】アクティブマトリクス型発光装置の概念図。

【図5】パッシブマトリクス型発光装置の概念図。

【図6】照明装置を表す図。

【図7】電子機器を表す図。

【図8】電子機器を表す図。

【図9】照明装置を表す図。

【図10】照明装置を表す図。

【図11】車載表示装置及び照明装置を表す図。

【図12】電子機器を表す図。

【図13】電子機器を表す図。

【図14】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の輝度-電流密度特性。

【図15】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の電流効率-輝度特性。

【図16】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の輝度-電圧特性。

【図17】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の電流-電圧特性。

【図18】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の外部量子効率-輝度特性。

【図19】発光素子1、比較発光素子1-1乃至比較発光素子1-3の発光スペクトル。

【図20】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の輝度-電流密度特性

【図21】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の電流効率-輝度特性

【図22】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の輝度-電圧特性

【図23】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の電流-電圧特性

【図24】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の色度-輝度特性

【図25】発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1のx-y色度座標図

10

20

30

40

50

【図 2 6】発光素子 2 乃至発光素子 4、比較発光素子 5、および比較発光素子 2 - 1 乃至比較発光素子 4 - 1 の外部量子効率 - 輝度特性

【図 2 7】発光素子 2 乃至発光素子 4、比較発光素子 5、および比較発光素子 2 - 1 乃至比較発光素子 4 - 1 の発光スペクトル

【図 2 8】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の輝度 - 電流密度特性。

【図 2 9】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の電流効率 - 輝度特性。

【図 3 0】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の輝度 - 電圧特性。

【図 3 1】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の電流 - 電圧特性。

【図 3 2】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 3 3】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の発光スペクトル。

【図 3 4】発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の規格化輝度 - 時間変化特性。

【図 3 5】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の輝度 - 電流密度特性。

【図 3 6】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の電流効率 - 輝度特性。

【図 3 7】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の輝度 - 電圧特性。

【図 3 8】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の電流 - 電圧特性。

【図 3 9】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 4 0】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の発光スペクトル。

【図 4 1】発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の規格化輝度 - 時間変化特性。

【図 4 2】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の輝度 - 電流密度特性。

【図 4 3】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の電流効率 - 輝度特性。

【図 4 4】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の輝度 - 電圧特性。

【図 4 5】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の電流 - 電圧特性。

【図 4 6】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の外部量子効率 - 輝度特性。

【図 4 7】発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の発光スペクトル。

【図 4 8】蒸着方法の例示。

【発明を実施するための形態】

【0038】

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。

【0039】

(実施の形態 1)

図 1 (A) は本発明の一態様の電子デバイスを表す図である。本発明の一態様の電子デバイスは、陽極 10、陰極 11 およびそれらに挟まれた有機化合物を含む層 12 を有している。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 4 0 】

有機化合物を含む層 1 2 は、第 1 の層 1 3 と第 2 の層 1 4 を有している。第 1 の層 1 3 は陽極 1 0 と第 2 の層 1 4 との間に設けられ、第 2 の層 1 4 は第 1 の層 1 3 における陰極側の面に接している。

## 【 0 0 4 1 】

ここで、第 1 の層 1 3 には、正孔輸送性を有する第 1 の有機化合物と、当該第 1 の有機化合物にアクセプタ性を示す第 1 のアクセプタ性物質が含まれている。また、第 2 の層 1 4 には、正孔輸送性を有する第 2 の有機化合物と、当該第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す第 2 のアクセプタ性物質が含まれている。

## 【 0 0 4 2 】

また、第 1 の層 1 3 には、第 2 の層 1 4 に含まれる物質とは異なる物質が少なくとも一種類含まれているものとする。これは、例えば、第 1 の層 1 3 が、第 1 の有機化合物と第 1 のアクセプタ性物質の他に第 3 の物質を有することや、第 1 の層 1 3 に含まれる第 1 の有機化合物と第 2 の層 1 4 に含まれる第 2 の有機化合物とが異なる物質であることを示している。なお、これは、第 1 の層に上で述べた物質以外の物質を含むことを除外しない。

## 【 0 0 4 3 】

なお、上記「含まれる」とは、それを有することによって、第 1 の層 1 3 と第 2 の層 1 4 の性質を明らかに異ならせる程度に影響を及ぼす物質および量があるものに関して述べているものとする。

## 【 0 0 4 4 】

ここで、第 1 の層 1 3 と第 2 の層 1 4 には、共に正孔輸送性を有する有機化合物と、当該有機化合物にアクセプタ性を示す物質が含まれていることから、これらの層は、正孔輸送性および正孔注入性を有する。

## 【 0 0 4 5 】

そのため、第 1 の層 1 3 および第 2 の層 1 4 は、いわゆる正孔注入層 1 1 1 の役割を担う位置に形成されることが好ましい。なお、第 1 の層 1 3 および第 2 の層 1 4 は、電荷発生層の一部として用いることもできる。

## 【 0 0 4 6 】

有機化合物を用いた電子デバイスの特性は、陽極および陰極間に挟まれた有機化合物を含む層に含まれる物質およびその組み合わせによって大きく変化する。通常、有機化合物を含む層を有する電子デバイスは、材料合成時や素子作製時に混入した不純物などの当該電子デバイスの駆動に関係の無い物質が混入したり、HOMO-LUMO 準位の合わない材料を用いたりすると、その特性を大きく悪化させることが多い。そのため、素子に用いる材料の純度や、素子を形成する材料同士のバランスおよび相性が重要であり、極力余計な物質が混入しないよう、そのバランスを崩さないように素子を作製することが常識であった。

## 【 0 0 4 7 】

しかし、本発明の一態様を用いることによって、発光素子内部に様々な機能を付与しつつ、または、安価な材料を用いつつ、発光素子の特性を良好に維持することが可能となる。または、第 1 の層に由来する不都合が発光素子の特性に影響を与えることを抑制することが可能となる。

## 【 0 0 4 8 】

以下、本発明の一態様について詳細に説明する。

## 【 0 0 4 9 】

上述したように本発明の一態様では、第 1 の層 1 3 は、正孔輸送性を有する第 1 の有機化合物と、第 1 の有機化合物にアクセプタ性を示す第 1 のアクセプタ性物質を有する。また、第 2 の層 1 4 は、正孔輸送性を有する第 2 の有機化合物と、第 2 の有機化合物にアクセプタ性を示す第 2 のアクセプタ性物質を有する。そして、第 1 の層 1 3 には、第 2 の有機化合物および第 2 のアクセプタ性物質ではない物質が含まれるものである。

## 【 0 0 5 0 】

第1の層13に第2の有機化合物および第2のアクセプタ性物質ではない物質が含まれる例として、第1の有機化合物と第2の有機化合物が異なる物質である例が挙げられる。第1の有機化合物と第2の有機化合物が異なることによって、第1の層13と、第2の層14の特性を異ならせることができる。例えば、第2の有機化合物を屈折率の小さい有機化合物とした場合、第1の層13を屈折率の小さい層とすることができ、発光効率を向上させることが可能となる。発光層内に屈折率の小さい層を設けることによる発光効率の向上に関しては、非特許文献1を参照されたい。

#### 【0051】

しかし、屈折率の小さい有機化合物はHOMO準位の浅い有機化合物であることが多い。そのため、第1の層13に接して正孔輸送層を形成した発光素子では、正孔輸送層への正孔の注入が困難となる場合あり、駆動電圧の上昇を引き起こす恐れがある。特に、ホスト材料のHOMO準位が深い青色発光素子などにおいては、その懸念が大きい。しかし、本発明の一態様のように、正孔輸送層112と第1の層13との間に、第1の有機化合物よりもHOMO準位の深い有機化合物を第2の有機化合物として用いた第2の層14を形成することで駆動電圧の上昇を防ぐことができる。

10

#### 【0052】

また、正孔の注入が困難となると、キャリアバランスの崩れからキャリアが局在化し、発光素子の寿命が低下する恐れもあるが、それも第2の層14を形成することによって防ぐことができる。

20

#### 【0053】

第1の層に、第2の有機化合物および第2のアクセプタ性物質ではない物質が含まれる別の例として、第1の有機化合物と第2の有機化合物が同じで、前記第1の層に、第2の有機化合物とも第2の有機化合物とも異なる第3の物質が含まれる例を挙げることができる。

#### 【0054】

第3の物質として、屈折率の小さい物質を用いる例では、上述した屈折率の小さい第1の有機化合物用いた発光素子と同様、発光効率を向上させることが可能となる。当該屈折率の小さい第3の物質としては、低い原子屈折を示すフッ素を有する化合物が挙げられる。具体的には、アルカリ金属のフッ化物、アルカリ土類金属のフッ化物やフッ化アルキルなどを挙げることができる。

30

#### 【0055】

第1の有機化合物、第1のアクセプタ性物質および上記第3の物質を有する第1の層は、第1の有機化合物の種類や、第3の物質の種類や量によっては発光素子の特性を犠牲にすることなく低屈折率の層を発光層内部に作製する事が可能となるが、一部発光素子の駆動電圧が上昇するなどの不都合が発生する場合がある。しかし、本発明の一態様では、このような場合においても第2の層を形成することによって不都合の発生を防ぐことができるようになる。

#### 【0056】

この際、第2の有機化合物のHOMO準位は第1の有機化合物のHOMO準位よりも深いことが正孔輸送層への正孔の注入が容易となるため好ましい。

40

#### 【0057】

また、第3の物質として、可視光に吸収を有する有機化合物を用いる例もある。第1の層13に、所望の波長に吸収を有する物質を添加することによって、発光物質が発する光の一部を吸収して色純度を向上させる、取り込む光の余分な波長をカットするなどの効果を得ることができる。これによって、発光素子の外にカラーフィルタを設けずとも良くなれば、必要な部材が少なくなり、コストの削減に寄与する。また、ディスプレイにおいては高精細になればなるほどカラーフィルタのアライメントが困難になるが、本発明の一態様の発光素子を用いたディスプレイでは、そもそもカラーフィルタを設ける必要がなくなるため歩留まりが向上し、より製造コストの低減につながる。なお、本来であればデバイスの動作に必要な異物を発光素子内に混入するため、混入する物質の種類や濃度によって

50

は駆動電圧の上昇などの不都合が発生する場合もあるが、本発明の一態様では、第2の層14を正孔輸送層112と第1の層13との間に形成することによって、その悪影響を抑制することが可能となる。

【0058】

また、第3の物質として、第1の有機化合物や第1のアクセプタ性物質の合成時や混入した不純物など、電子デバイスの特性に悪影響を及ぼす物質を想定する例もある。正孔輸送性の有機化合物と当該有機化合物にアクセプタ性を有する複合材料を用いた正孔注入層は、厚膜化しても駆動電圧の上昇が起こりにくい為に、デバイスの光路長を調整するための層として用いられる場合がある。

【0059】

この時、正孔注入層は通常よりも厚く成膜される為、多くの材料を使う。それに合成の純度を問わない安価な材料を用いることができれば製造コストの削減につながる。第1の有機化合物と第1のアクセプタ性物質（特に、第1のアクセプタ性物質として酸化モリブデン）を用いた正孔注入層は、元々不純物の許容量が多い層ではあるが、材料の純度を問わない第1の層を用いて光路長を調整し、材料の純度の良好な第2の層14を第1の層13と正孔輸送層112との間に薄く形成することで安価に、より信頼性の良好な電子デバイスを製造することができるようになる。

【0060】

このように、本発明の一態様は、低屈折率や着色、低コストなど、付加価値を有する第1の層13による悪影響を、第2の層14を形成することによって抑え込むことができることが大きな特徴である。

【0061】

第1の層13および第2の層14に用いる第1の有機化合物および第2の有機化合物は、 $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有することが好ましい。また、第2の物質は、電子過剰型複素芳香族化合物または芳香族アミン化合物であると電子供与性が高く、キャリアが発生しやすいため好ましい。また、第2の有機化合物のHOMO準位は、第1の有機化合物のHOMO準位よりも深い（小さい）ことが好ましい。

【0062】

第1の有機化合物および/または第2の有機化合物として用いることのできる材料としては、具体的には、N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン（略称：DTPPA）、4, 4'-ビス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル（略称：DPAB）、N, N'-ビス{4-[ビス(3-メチルフェニル)アミノ]フェニル}-N, N'-ジフェニル-(1, 1'-ビフェニル)-4, 4'-ジアミン（略称：DNTPD）、1, 3, 5-トリス[N-(4-ジフェニルアミノフェニル)-N-フェニルアミノ]ベンゼン（略称：DPA3B）等の芳香族アミン、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：DPAanth）、2-tert-

10

20

30

40

50

ブチルアントラセン（略称：t-BuAnth）、9, 10-ビス（4-メチル-1-ナフチル）アントラセン（略称：DMNA）、2-tert-ブチル-9, 10-ビス〔2-（1-ナフチル）フェニル〕アントラセン、9, 10-ビス〔2-（1-ナフチル）フェニル〕アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ（1-ナフチル）アントラセン、2, 3, 6, 7-テトラメチル-9, 10-ジ（2-ナフチル）アントラセン、9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ジフェニル-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス（2-フェニルフェニル）-9, 9'-ビアントリル、10, 10'-ビス〔（2, 3, 4, 5, 6-ペンタフェニル）フェニル〕-9, 9'-ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、コロネン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ（tert-ブチル）ペリレン等の芳香族炭化水素が挙げられる。芳香族炭化水素はビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4'-ビス（2, 2-ジフェニルビニル）ビフェニル（略称：DPVB<sub>i</sub>）、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。また、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：BPALP）、4-フェニル-3'-（9-フェニルフルオレン-9-イル）トリフェニルアミン（略称：mBPALP）、4-フェニル-4'-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）トリフェニルアミン（略称：PCBA1BP）、4, 4'-ジフェニル-4''-（9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル）トリフェニルアミン（略称：PCBB<sub>i</sub>1BP）、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：PCBAS<sub>F</sub>）、1, 1-ビス-（4-ビス（4-メチル-フェニル）-アミノ-フェニル）-シクロヘキサン（略称：TAPC）などの芳香族アミン骨格を有する化合物、1, 3-ビス（N-カルバゾリル）ベンゼン（略称：mCP）、4, 4'-ジ（N-カルバゾリル）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、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：DBTFLP-II）、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エン（略称：DBTFLP-IV）などのチオフエン骨格を有する化合物、4, 4', 4''-（ベンゼン-1, 3, 5-トリイル）トリ（ジベンゾフラン）（略称：DBF3P-II）、4-〔3-〔3-（9-フェニル-9H-フルオレン-9-イル）フェニル〕フェニル〕ジベンゾフラン（略称：mmDBFFLB<sub>i</sub>-II）などのフラン骨格を有する化合物を用いることができる。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。

#### 【0063】

また、第1のアクセプタ性物質および第2のアクセプタ性物質は、遷移金属酸化物又は元素周期表における第4族乃至第8族に属する金属の酸化物、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する有機化合物等の中から、上記第1の有機化合物

10

20

30

40




50

または第 2 の有機化合物に電子受容性を示す物質を選択すれば良い。

【 0 0 6 4 】

上記の遷移金属酸化物、元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物としては、バナジウム酸化物、ニオブ酸化物、タンタル酸化物、クロム酸化物、モリブデン酸化物、タングステン酸化物、マンガン酸化物、レニウム酸化物、チタン酸化物、ルテニウム酸化物、ジルコニウム酸化物、ハフニウム酸化物及び銀酸化物が高いアクセプタ性を示すため好ましい。

【 0 0 6 5 】

上記電子吸引基（ハロゲン基やシアノ基）を有する有機化合物としては 7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン（略称：F<sub>4</sub> - TCNQ）、クロラニル、2, 3, 6, 7, 10, 11 - ヘキサシアノ - 1, 4, 5, 8, 9, 12 - ヘキサアザトリフェニレン（略称：HAT - CN）、1, 3, 4, 5, 7, 8 - ヘキサフルオロテトラシアノ - ナフトキノジメタン（略称：F<sub>6</sub> - TCNNQ）等を挙げることができる。特に、HAT - CN のように複素原子を複数有する縮合芳香環に電子吸引基が結合している化合物が、熱的に安定であり好ましい。また、電子吸引基（特にフルオロ基のようなハロゲン基やシアノ基）を有する [ 3 ] ラジアレン誘導体は、電子受容性が非常に高いため好ましく、具体的には、 - 1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス（4 - シアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロベンゼンアセトニトリル）、 - 1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス [ 2, 6 - ジクロロ - 3, 5 - ジフルオロ - 4 - (トリフルオロメチル) ベンゼンアセトニトリル ]、 - 1, 2, 3 - シクロプロパントリイリデントリス（2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフルオロベンゼンアセトニトリル）などが挙げられる。

【 0 0 6 6 】

なお、第 1 のアクセプタ性物質および第 2 のアクセプタ性物質は、元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物が好ましい。特にモリブデン酸化物は、アクセプタ性が高く、また、大気中でも安定で、吸湿性が低く扱いやすいため、好適である。また、第 1 のアクセプタ性物質と第 2 のアクセプタ性物質は、同じ物質であると蒸着源を共用できるため製造が簡便になり、好ましい。

【 0 0 6 7 】

第 1 の有機化合物と、第 2 の有機化合物を異なる有機化合物とした場合、第 2 の有機化合物の HOMO 準位は、第 1 の有機化合物の HOMO 準位よりも深いことが好ましい。これにより、第 2 の層 1 4 から第 2 の層 1 4 の陰極側に接する層（例えば正孔輸送層）への正孔の注入が容易となる。

【 0 0 6 8 】

また、第 2 の有機化合物の HOMO 準位は、第 2 の層 1 4 の陰極側に接する層（例えば正孔輸送層）の HOMO 準位との差が 0.2 eV 未満または第 2 の有機化合物の HOMO 準位が、第 2 の層 1 4 の陰極側に接する層（例えば正孔輸送層）の HOMO 準位よりも小さいことが好ましい。このような構成を有する本発明の一態様の電子デバイスは、第 2 の層 1 4 から第 2 の層 1 4 の陰極側に接する層（たとえば正孔輸送層）への正孔の注入が容易となる。

【 0 0 6 9 】

第 1 の層 1 3 が第 3 の物質を有する場合、当該第 3 の物質としては、様々な物質を想定することができる。例えば、第 3 の物質が低屈折率の物質であれば、第 1 の層 1 3 を低屈折率の層とし、発光効率や発電効率を向上させることができる。また、第 3 の物質が所望の波長に吸収を有する物質であればデバイスが発する光や吸収する光の波長を調整することができる。また、第 3 の物質が合成時や、素子作製時に混入する不純物で電子デバイスの特性に悪影響を及ぼすものであれば、第 2 の層 1 4 を形成することによってその影響を大きく低減またはほぼ抑え込むことが可能となる。このように、本発明の一態様を用いることによって、第 1 の層 1 3 に、従来の正孔注入層にはなかった機能を付加することが容易となり、結果、発光素子の特性を向上や、製造コストの削減など様々な効果を得ることが

10

20

30

40

50

できる。または、発光素子の第 1 の層 1 3 由来の特性低下を抑え込むことができるため、第 1 の層 1 3 に、安価な材料を用いることができ、製造コストを削減することが可能となる。

#### 【0070】

第 3 の物質として用いることが可能な低屈折率の物質としては、低い原子屈折を示すフッ素や飽和炭化水素を含む有機化合物等が挙げられる。特に、アルカリ金属のフッ化物、アルカリ土類金属のフッ化物およびフッ化アルキルは、量や種類を選べば第 1 の層の特性をさほど下げることなく第 1 の層を低屈折率の層とすることができるため好ましい。具体的には、アルカリ金属のフッ化物としては、フッ化リチウムが好ましい。アルカリ土類金属のフッ化物としては、フッ化カルシウムまたはフッ化マグネシウムが好ましい。フッ化アルキルとしては、パーフルオロテトラコサン、ポリテトラフルオロエチレンなどが好ましい。なお、アルカリ土類金属のフッ化物の方が、発光素子の寿命が良好となるため好ましく、フッ化アルキルは昇華温度が低く生産性の観点で好ましい構成である。なお、第 3 の物質として用いることが可能な低屈折率の物質は、これらに限られることはない。

10

#### 【0071】

第 3 の物質として用いることが可能な可視光に吸収を有する物質の例として、CuPc、DBP、Rubrene 等が挙げられる。特に、CuPc における Q 帯は 570 nm から 740 nm に吸収を有し、緑色の発光の長波長側の発光を吸収することで、緑色発光の色純度向上に貢献する。

20

#### 【0072】

図 1 (B) は、本発明の一態様である発光素子を表す図である。本発明の一態様の発光素子は、陽極 101、陰極 102、および EL 層 103 を有し、EL 層 103 は、正孔注入層 111、発光層 113 を有する。正孔注入層 111 は第 1 の層 13 と第 2 の層 14 とを有する。EL 層 103 は他に、正孔輸送層 112 や電子輸送層 114 および電子注入層 115 等を有していても良い。図 1 (B) では陽極 101 側から順に第 1 の層 13 と第 2 の層 14 からなる正孔注入層 111、正孔輸送層 112、発光層 113、電子輸送層 114 および電子注入層 115 を有する発光素子の構成について例示しているが、本発明の一態様の発光素子は、これら以外の機能層を有する構造であっても、第 1 の層 13 および第 2 の層 14 からなる正孔注入層 111 と発光層 113 以外の、いずれかまたは複数の層を有さない構造であっても良い。

30

#### 【0073】

陽極 101 は、仕事関数の大きい (具体的には 4.0 eV 以上) 金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いて形成することが好ましい。具体的には、例えば、酸化インジウム - 酸化スズ (ITO: Indium Tin Oxide)、ケイ素若しくは酸化ケイ素を含有した酸化インジウム - 酸化スズ、酸化インジウム - 酸化亜鉛、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム (IWZO) 等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜は、通常スパッタリング法により成膜されるが、ゾル - ゲル法などを応用して作製しても構わない。作製方法の例としては、酸化インジウム - 酸化亜鉛は、酸化インジウムに対し 1 ~ 20 wt % 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 ~ 5 wt %、酸化亜鉛を 0.1 ~ 1 wt % 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 における陽極 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。

40

#### 【0074】

本発明の一態様の発光素子において第 1 の層 13 および第 2 の層 14 は先に図 1 (A) で

50

説明した第 1 の層 1 3 および第 2 の層 1 4 と同様の構成を有する。

【 0 0 7 5 】

正孔輸送層 1 1 2 は、正孔輸送性を有する材料を含んで形成され、その材料としては、上述の第 1 の有機化合物および第 2 の有機化合物として用いることができる物質として挙げた材料と同様の物を用いることができる。なお、正孔注入層 1 1 1 にアクセプタ性物質として金属酸化物が含まれている場合、正孔注入層 1 1 1 と発光層 1 1 3 が接すると消光してしまう恐れがあるため、正孔輸送層 1 1 2 は形成することが好ましい。

【 0 0 7 6 】

発光層 1 1 3 は発光材料を含み、ホスト材料を含んでいても良い。発光材料は蛍光発光物質であっても、りん光発光物質であっても、熱活性化遅延蛍光 ( T A D F ) を示す物質であってもいずれでも構わない。また、単層であっても、異なる発光材料が含まれる複数の層からなっているても良い。

10

【 0 0 7 7 】

発光層 1 1 3 において、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。また、これ以外の蛍光発光物質も用いることができる。

【 0 0 7 8 】

5 , 6 - ビス [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 2 , 2 ' - ビピリジン ( 略称 : P A P 2 B P y ) 、 5 , 6 - ビス [ 4 ' - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) ビフェニル - 4 - イル ] - 2 , 2 ' - ビピリジン ( 略称 : P A P P 2 B P y ) 、 N , N ' - ビス [ 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - 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 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 ' - ジフェニルスチルベン - 4 , 4 ' - ジアミン ( 略称 : Y G A 2 S ) 、 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) - 4 ' - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : Y G A P A ) 、 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) - 4 ' - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) トリフェニルアミン ( 略称 : 2 Y G A P P A ) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : P C A P A ) 、 ペリレン、 2 , 5 , 8 , 1 1 - テトラ - t e r t - ブチルペリレン ( 略称 : T B P ) 、 4 - ( 1 0 - フェニル - 9 - アントリル ) - 4 ' - ( 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - イル ) トリフェニルアミン ( 略称 : P C B A P A ) 、 N , N ' ' - ( 2 - t e r t - ブチルアントラセン - 9 , 1 0 - ジイルジ - 4 , 1 - フェニレン ) ビス [ N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ] ( 略称 : D P A B P A ) 、 N , 9 - ジフェニル - N - [ 4 - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P P A ) 、 N - [ 4 - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) フェニル ] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P P A ) 、 N , N , N ' , N ' , N ' ' , N ' ' , N ' ' ' , N ' ' ' ' - オクタフェニルジベンゾ [ g , p ] クリセン - 2 , 7 , 1 0 , 1 5 - テトラアミン ( 略称 : D B C 1 ) 、 クマリン 3 0 、 N - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A P A ) 、 N - [ 9 , 1 0 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N , 9 - ジフェニル - 9 H - カルバゾール - 3 - アミン ( 略称 : 2 P C A B P h A ) 、 N - ( 9 , 1 0 - ジフェニル - 2 - アントリル ) - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A P A ) 、 N - [ 9 , 1 0 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - 2 - アントリル ] - N , N ' , N ' - トリフェニル - 1 , 4 - フェニレンジアミン ( 略称 : 2 D P A B P h A ) 、 9 , 1 0 - ビス ( 1 , 1 ' - ビフェニル - 2 - イル ) - N - [ 4 - ( 9 H - カルバゾール - 9 - イル ) フェニル ] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン ( 略称 : 2 Y G A B P h A ) 、 N , N , 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン ( 略称 : D P h A P h A ) クマリン 5 4

20

30

40

50

5 T、N、N' - ジフェニルキナクリドン、(略称: DPQd)、ルブレン、5, 12 -  
 ビス(1, 1' - ビフェニル - 4 - イル) - 6, 11 - ジフェニルテトラセン(略称: B  
 PT)、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: DCM1)、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  
 : DCM2)、N, N, N', N' - テトラキス(4 - メチルフェニル)テトラセン - 5  
 , 11 - ジアミン(略称: p - mPhTD)、7, 14 - ジフェニル - N, N, N', N'  
 ' - テトラキス(4 - メチルフェニル)アセナフト [1, 2 - a] フルオランテン - 3,  
 10 - ジアミン(略称: p - mPhAFD)、2 - {2 - イソプロピル - 6 - [2 - (1  
 , 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 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: DCJT I)、2 - {2 - tert - ブチル - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7  
 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 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:  
 DCJT 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: BisDCM)、2 - {  
 2, 6 - ビス[2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 -  
 テトラヒドロ - 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: BisDCJTM)などが挙げられ  
 る。特に、1, 6 FLPA Pr n や 1, 6 mMemFLPA Pr 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。

#### 【0079】

発光層 113 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。

#### 【0080】

トリス{2 - [5 - (2 - メチルフェニル) - 4 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 4 H  
 - 1, 2, 4 - トリアゾール - 3 - イル - N<sub>2</sub>]フェニル - C}イリジウム(III)  
 (略称: [Ir(mpp tz - dmp)<sub>3</sub>])、トリス(5 - メチル - 3, 4 - ジフェ  
 ニル - 4 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム(III)(略称: [Ir(Mp tz  
 z)<sub>3</sub>])、トリス[4 - (3 - ビフェニル) - 5 - イソプロピル - 3 - フェニル - 4 H  
 - 1, 2, 4 - トリアゾラト]イリジウム(III)(略称: [Ir(iPr p tz - 3  
 b)<sub>3</sub>])のような 4 H - トリアゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス  
 [3 - メチル - 1 - (2 - メチルフェニル) - 5 - フェニル - 1 H - 1, 2, 4 - トリア  
 ザラト]イリジウム(III)(略称: [Ir(Mp tz 1 - mp)<sub>3</sub>])、トリス(1  
 - メチル - 5 - フェニル - 3 - プロピル - 1 H - 1, 2, 4 - トリアゾラト)イリジウム  
 (III)(略称: [Ir(Pr p tz 1 - Me)<sub>3</sub>])のような 1 H - トリアゾール骨  
 格を有する有機金属イリジウム錯体や、fac - トリス[(1 - 2, 6 - ジイソプロピル  
 フェニル) - 2 - フェニル - 1 H - イミダゾール]イリジウム(III)(略称: [Ir  
 (iPr p mi)<sub>3</sub>])、トリス[3 - (2, 6 - ジメチルフェニル) - 7 - メチルイミ  
 ダゾ [1, 2 - f] フェナントリジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(dmp  
 imp t - Me)<sub>3</sub>])のようなイミダゾール骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、  
 ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)  
 テトラキス(1 - ピラゾリル)ボラート(略称: FIr6)、ビス[2 - (4',  
 6' - ジフルオロフェニル)ピリジナト - N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)ピコリナ  
 ート(略称: FIrpic)、ビス{2 - [3', 5' - ビス(トリフルオロメチル)フ  
 ェニル]ピリジナト - N, C<sup>2'</sup>}イリジウム(III)ピコリナート(略称: [Ir  
 (CF<sub>3</sub>ppy)<sub>2</sub>(pic)])、ビス[2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル)ピリ  
 ジナト - N, C<sup>2'</sup>]イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: FIrac a

10

20

30

40

50



c) のような電子吸引基を有するフェニルピリジン誘導体を配位子とする有機金属イリジウム錯体が挙げられる。これらは青色のりん光発光を示す化合物であり、440 nm から 520 nm に発光のピークを有する化合物である。

#### 【0081】

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)<sub>3</sub>])、トリス(4-t-ブチル-6-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>])、(アセチルアセトナト)ビス(6-メチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppm)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(6-tert-ブチル-4-フェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tBuppm)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス[6-(2-ノルボルニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(nbppm)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス[5-メチル-6-(2-メチルフェニル)-4-フェニルピリミジナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(mpppm)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(4,6-ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(3,5-ジメチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppr-Me)<sub>2</sub>(acac)])、(アセチルアセトナト)ビス(5-イソプロピル-3-メチル-2-フェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(mppr-iPr)<sub>2</sub>(acac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(2-フェニルピリジナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称: [Ir(ppy)<sub>3</sub>])、ビス(2-フェニルピリジナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(ppy)<sub>2</sub>(acac)])、ビス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(bzq)<sub>2</sub>(acac)])、トリス(ベンゾ[h]キノリナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(bzq)<sub>3</sub>])、トリス(2-フェニルキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称: [Ir(pq)<sub>3</sub>])、ビス(2-フェニルキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(pq)<sub>2</sub>(acac)])のようなピリジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体の他、トリス(アセチルアセトナト)(モノフェナントロリン)テルビウム(III)(略称: [Tb(acac)<sub>3</sub>(Phen)])のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは主に緑色のりん光発光を示す化合物であり、500 nm ~ 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。

#### 【0082】

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(III)(略称: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dibm)])、ビス[4,6-ビス(3-メチルフェニル)ピリミジナト](ジビバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(5mdppm)<sub>2</sub>(dpm)])、ビス[4,6-ジ(ナフタレン-1-イル)ピリミジナト](ジビバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(d1npm)<sub>2</sub>(dpm)])のようなピリミジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、(アセチルアセトナト)ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(acac)])、ビス(2,3,5-トリフェニルピラジナト)(ジビバロイルメタナト)イリジウム(III)(略称: [Ir(tppr)<sub>2</sub>(dpm)])、(アセチルアセトナト)ビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(III)(略称: [Ir(Fdpq)<sub>2</sub>(acac)])のようなピラジン骨格を有する有機金属イリジウム錯体や、トリス(1-フェニルイソキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)(略称: [Ir(pi q)<sub>3</sub>])、ビス(1-フェニルイソキノリナト-N, C<sup>2'</sup>)イリジウム(III)アセチルアセトナート(略称: [Ir(pi q)<sub>2</sub>(acac)])のようなピリ

10

20

30

40

50

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 - 2, 1 H, 2, 3 H - ポルフィリン白金 (I I) (略称: Pt 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) ユーロピウム (I I I) (略称: [Eu (DBM)<sub>3</sub> (Phen)] )、トリス [1 - (2 - テノイル) - 3, 3, 3 - トリフルオロアセトナト] (モノフェナントロリン) ユーロピウム (I I I) (略称: [Eu (TTA)<sub>3</sub> (Phen)] ) のような希土類金属錯体が挙げられる。これらは、赤色のりん光発光を示す化合物であり、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。

【0083】

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、用いてもよい。

【0084】

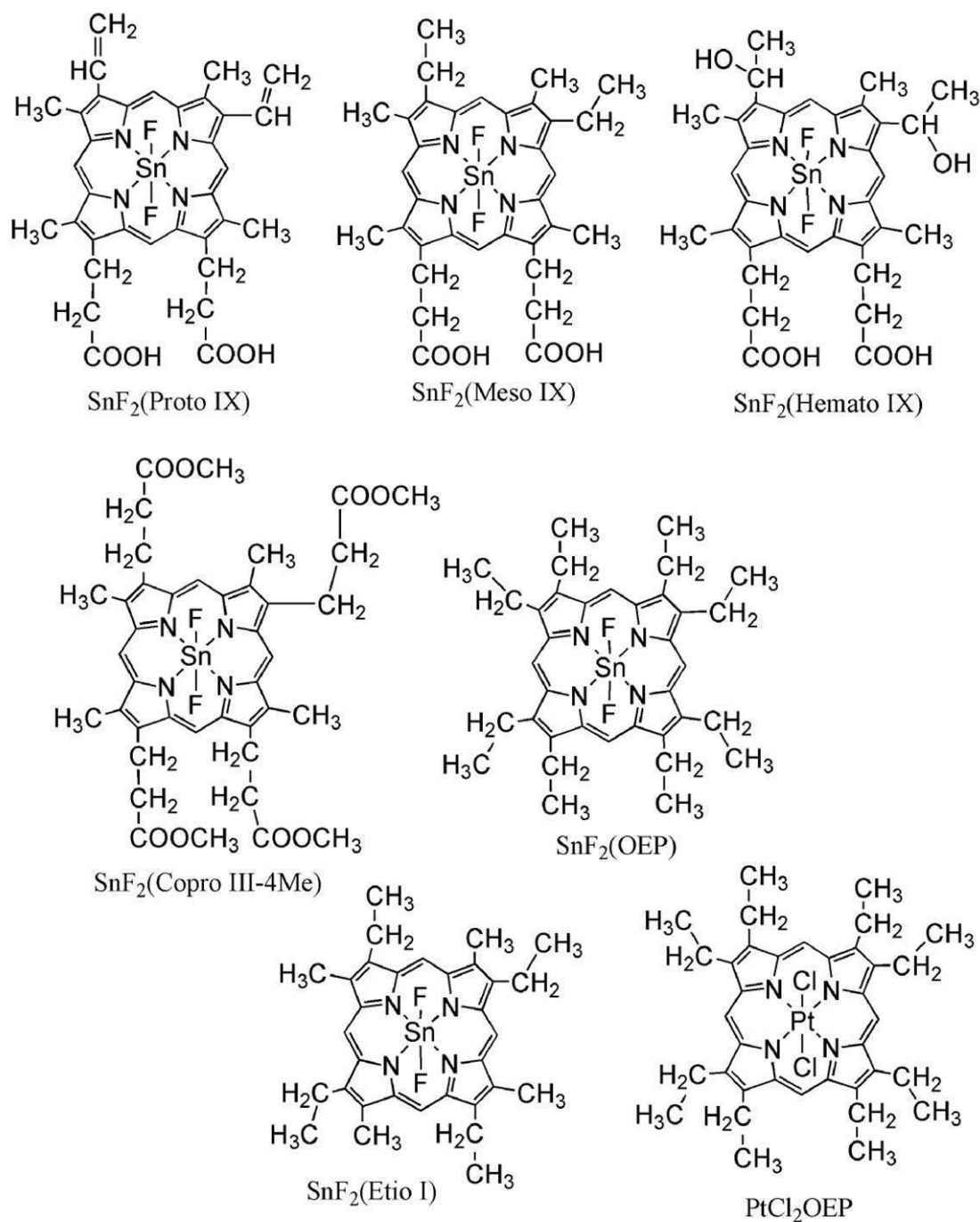
TADF 材料としてはフラーレン及びその誘導体、プロフラビン等のアクリジン誘導体、エオシン等を用いることができる。またマグネシウム (Mg)、亜鉛 (Zn)、カドミウム (Cd)、スズ (Sn)、白金 (Pt)、インジウム (In)、もしくはパラジウム (Pd) 等を含む金属含有ポルフィリン。該金属含有ポルフィリンとしては、例えば、以下の構造式に示されるプロトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (Proto IX))、メソポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (Meso IX))、ヘマトポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (Hemato IX))、コプロポルフィリンテトラメチルエステル - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (Copro III - 4Me))、オクタエチルポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (OEP))、エチオポルフィリン - フッ化スズ錯体 (SnF<sub>2</sub> (Etio I))、オクタエチルポルフィリン - 塩化白金錯体 (PtCl<sub>2</sub> OEP) 等も挙げられる。

【0085】

10

20

## 【化 1】



10

20

30

## 【 0 0 8 6 】

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

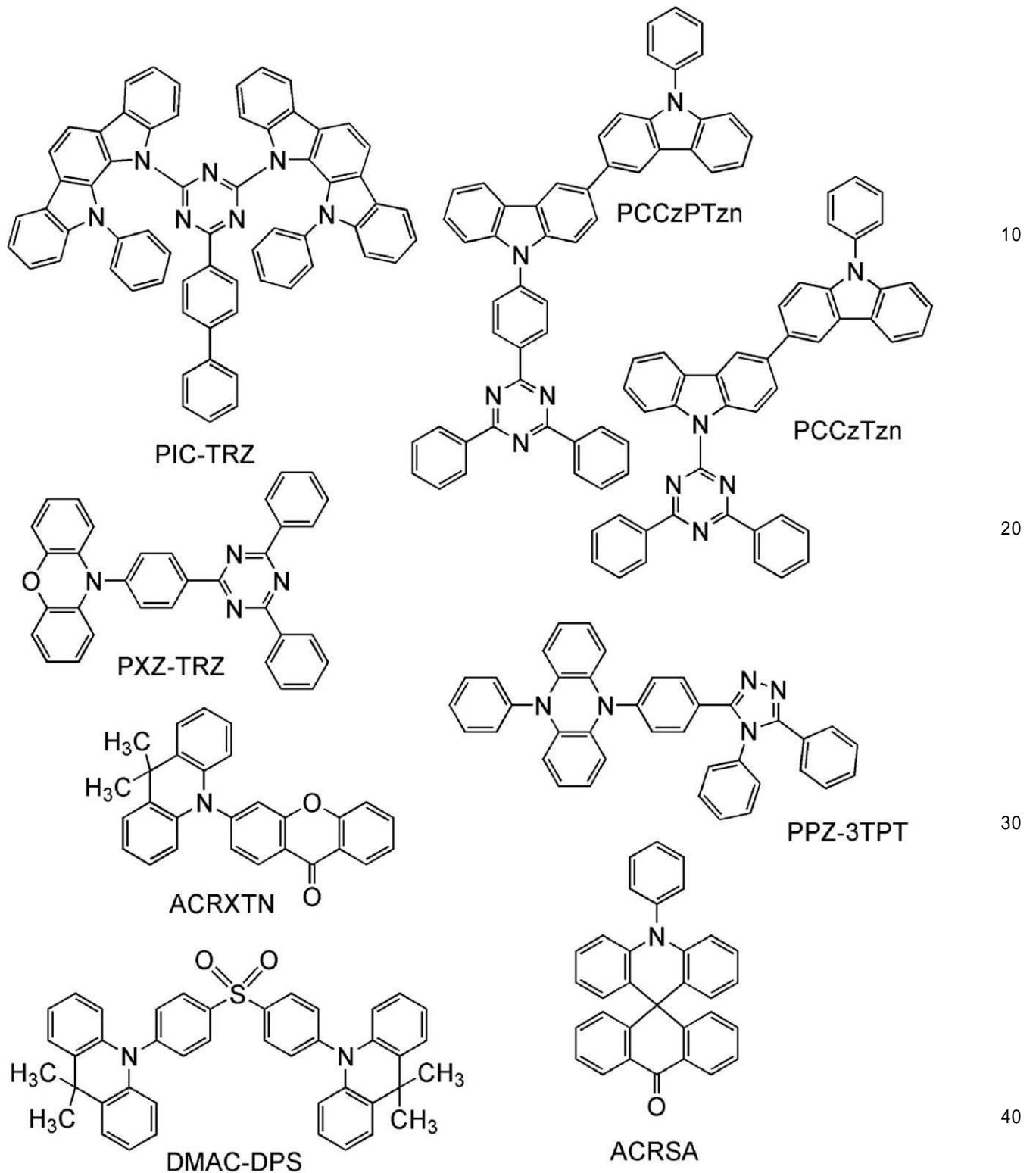
40

50

S)、10-フェニル-10H,10'-H-スピロ[アクリジン-9,9'-アントラセン]-10'-オン(略称:ACRSA)、等の電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環の両方を有する複素環化合物も用いることができる。該複素環化合物は、電子過剰型複素芳香環及び電子不足型複素芳香環を有するため、電子輸送性及び正孔輸送性が共に高く、好ましい。なお、電子過剰型複素芳香環と電子不足型複素芳香環とが直接結合した物質は、電子過剰型複素芳香環のドナー性と電子不足型複素芳香環のアクセプタ性が共に強くなり、S<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。

【0087】

## 【化 2】



## 【 0 0 8 8 】

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。

## 【 0 0 8 9 】

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]ピフェニル(略称:NPB)、N,N'-ビス(3-メチルフェニル)-N,N'-ジフェニル-[1,1'-ピフェニル]-4,4'-ジアミン(略称:TPD)、4,4'-ビス[N-(スピロ-9,9'-ビフルオレン-2-イル)-N-フェニルア

ミノ] ビフェニル (略称: B S P B)、4 - フェニル - 4' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称: B P A F L P)、4 - フェニル - 3' - (9 - フェニルフルオレン - 9 - イル) トリフェニルアミン (略称: m B P A F L P)、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' - ビフルオレン - 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)、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: 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。

#### 【0090】

電子輸送性を有する材料としては、例えば、ビス (10 - ヒドロキシベンゾ [h] キノリナト) ベリリウム (I I) (略称: B e B q<sub>2</sub>)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) (4 - フェニルフェノラト) アルミニウム (I I I) (略称: B A l q)、ビス (8 - キノリノラト) 亜鉛 (I I) (略称: Z n q)、ビス [2 - (2 - ベンゾオキサゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: Z n P B O)、ビス [2 - (2 - ベンゾチアゾリル) フェノラト] 亜鉛 (I I) (略称: Z n B T Z) などの金属錯体や、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) などのボ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。

#### 【 0 0 9 1 】

蛍光発光物質を発光材料として用いる場合、ホスト材料としては、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。ホスト材料として用いるアントラセン骨格を有する物質としては、ジフェニルアントラセン骨格、特に 9, 10 - ジフェニルアントラセン骨格を有する物質が化学的に安定であるため好ましい。また、ホスト材料がカルバゾール骨格を有する場合、正孔の注入・輸送性が高まるため好ましいが、カルバゾールにベンゼン環がさらに縮合したベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0 . 1 e V 程度高くなり、正孔が入りやすくなるためより好ましい。特に、ホスト材料がジベンゾカルバゾール骨格を含む場合、カルバゾールよりも H O M O が 0 . 1 e V 程度高くなり、正孔が入りやすくなる上に、正孔輸送性にも優れ、耐熱性も高くなるため好適である。したがって、さらにホスト材料として好ましいのは、9, 10 - ジフェニルアントラセン骨格およびカルバゾール骨格 (あるいはベンゾカルバゾール骨格やジベンゾカルバゾール骨格) を同時に有する物質である。なお、上記の正孔注入・輸送性の観点から、カルバゾール骨格に換えて、ベンゾフルオレン骨格やジベンゾフルオレン骨格を用いてもよい。このような物質の例としては、9 - フェニル - 3 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール (略称 : P C z P A)、3 - [ 4 - ( 1 - ナフチル ) - フェニル ] - 9 - フェニル - 9 H - カルバゾール (略称 : P C P N)、9 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントラセニル ) フェニル ] - 9 H - カルバゾール (略称 : C z P A)、7 - [ 4 - ( 10 - フェニル - 9 - アントリル ) フェニル ] - 7 H - ジベンゾ [ c, g ] カルバゾール (略称 : c g D B C z P A)、6 - [ 3 - ( 9, 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 : 2 m B n f P P A)、9 - フェニル - 10 - { 4 - ( 9 - フェニル - 9 H - フルオレン - 9 - イル ) - ビフェニル - 4' - イル } - アントラセン (略称 : F L P P A) 等が挙げられる。特に、C z P A、c g D B C z P A、2 m B n f P P A、P C z P A は非常に良好な特性を示すため、好ましい選択である。なお、アントラセン骨格を有する物質は H O M O 準位が比較的深い位置にあり、アントラセン骨格を有する物質をホスト材料として用いた発光素子は正孔注入層の正孔注入性に影響を受けやすいため、本発明の一態様の適用が好適である。

#### 【 0 0 9 2 】

また、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 1 1 3 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 ~ 9 : 1 とすればよい。

#### 【 0 0 9 3 】

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

#### 【 0 0 9 4 】

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物質として挙げたものを用いることができる。

【0095】

電子輸送層 114 と陰極 102 との間に、電子注入層 115 として、フッ化リチウム ( $\text{LiF}$ )、フッ化セシウム ( $\text{CsF}$ )、フッ化カルシウム ( $\text{CaF}_2$ ) 等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を設けても良い。電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属又はそれらの化合物を含有させたものや、エレクトライドを用いてもよい。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。

10

【0096】

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 1 (C))。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、陰極である陰極 102 に正孔が注入され、発光素子が動作する。

【0097】

20

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。

【0098】

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  $-5.0 \text{ eV}$  以上、好ましくは  $-5.0 \text{ eV}$  以上  $-3.0 \text{ eV}$  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ニ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

【0099】

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。

【0100】

40

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、炭酸塩を含む)) の他、テトラシアナフタセン (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。なお、電子輸送性を有する物質としては、先に説明した電子輸送層 114 を構成する材料と同様の材料を用いて形成することができる。

【0101】

陰極 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  $3.8 \text{ eV}$  以下) 金

50



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、陰極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陰極102として用いることができる。

これら導電性材料は、真空蒸着法やスパッタリング法などの乾式法、インクジェット法、スピ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。

#### 【0102】

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、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コート法など用いても構わない。

#### 【0103】

なお、本実施の形態で示す発光素子のEL層（103）を構成する各機能層（正孔注入層（111）、正孔輸送層（112）、発光層（113a）、電子輸送層（114）、電子注入層（115）などや電荷発生層116の形成において、1つの機能層に複数の材料を用いて形成する場合には、これらの材料を予め混合させたものを同時に用いて各機能層を形成しても良い。例えば、発光層（113）を蒸着法により形成する場合であって、3種類の異なる材料を用いる場合には、図48（A）に示すように3種類の材料（化合物1、化合物2、化合物3）をそれぞれ異なる蒸着源（4002a、4002b、4002c）に備えて蒸着することにより基板4000に層4001を形成しても良いが、図48（B）に示すように2種類の材料（化合物1、化合物2）を混合して蒸着源4002a'に備え、1種類の材料（化合物3）を蒸着源4002b'に備え、蒸着に用いる材料の種類数よりも少ない蒸着源の数で蒸着しても良い。

#### 【0104】

また上述した各電極または各層を異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

#### 【0105】

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

#### 【0106】

また、発光層113に接する正孔輸送層や電子輸送層、特に発光層113における再結合領域に近いキャリア輸送層は、発光層で生成した励起子からのエネルギー移動を抑制するため、そのバンドギャップが発光層を構成する発光材料もしくは、発光層に含まれる発光材料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。

#### 【0107】

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、タンデム型素子ともいう）の態様について、図1（D）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1（B）で示したEL層103とほぼ同様な構成を有する。つまり、図1（D）で示す発光素子は複数の発光ユニットを有する発光素子であり、図1（B）又は図1（C）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るといえることができる。

#### 【0108】

図1（D）において、陽極501と陰極502との間には、第1の発光ユニット511と

10

20

30

40

50

第 2 の発光ユニット 5 1 2 が積層されており、第 1 の発光ユニット 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 との間には電荷発生層 5 1 3 が設けられている。陽極 5 0 1 と陰極 5 0 2 はそれぞれ図 1 ( B ) における陽極 1 0 1 と陰極 1 0 2 に相当し、図 1 ( B ) 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 5 1 1 と第 2 の発光ユニット 5 1 2 は同じ構成であっても異なる構成であってもよい。

【 0 1 0 9 】

電荷発生層 5 1 3 は、陽極 5 0 1 と陰極 5 0 2 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 1 ( D ) において、陽極の電位の方が陰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 5 1 3 は、第 1 の発光ユニット 5 1 1 に電子を注入し、第 2 の発光ユニット 5 1 2 に正孔を注入するものであればよい。

10

【 0 1 1 0 】

電荷発生層 5 1 3 は、図 1 ( C ) にて説明した電荷発生層 1 1 6 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、発光ユニットは正孔注入層を設けなくとも良い。

【 0 1 1 1 】

また、電子注入バッファ層 1 1 9 を設ける場合、当該電子注入バッファ層 1 1 9 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、陽極側の発光ユニットには必ずしも電子注入層を形成する必要はない。

20

【 0 1 1 2 】

図 1 ( D ) 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。

【 0 1 1 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可能である。

30

【 0 1 1 4 】

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。

【 0 1 1 5 】

( 実施の形態 2 )

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

40

【 0 1 1 6 】

本実施の形態では、実施の形態 1 に記載の発光素子を用いて作製された発光装置について図 2 を用いて説明する。なお、図 2 ( A ) は、発光装置を示す上面図、図 2 ( B ) は図 2 ( A ) を A - B および C - D で切断した断面図である。この発光装置は、発光素子の発光を制御するものとして、点線で示された駆動回路部 ( ソース線駆動回路 ) 6 0 1 、画素部 6 0 2 、駆動回路部 ( ゲート線駆動回路 ) 6 0 3 を含んでいる。また、6 0 4 は封止基板、6 0 5 はシール材であり、シール材 6 0 5 で囲まれた内側は、空間 6 0 7 になっている。

【 0 1 1 7 】

なお、引き回し配線 6 0 8 はソース線駆動回路 6 0 1 及びゲート線駆動回路 6 0 3 に入力

50

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。

#### 【0118】

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

10

#### 【0119】

素子基板610はガラス、石英、有機樹脂、金属、合金、半導体などからなる基板の他、FRP（Fiber Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）樹脂、ポリエステル樹脂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て作製すればよい。

#### 【0120】

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

20

#### 【0121】

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

#### 【0122】

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

30

#### 【0123】

上記酸化物半導体は、少なくともインジウム（In）又は亜鉛（Zn）を含むことが好ましい。また、In-M-Zn系酸化物（MはAl、Ti、Ga、Ge、Y、Zr、Sn、La、CeまたはHf等の金属）で表記される酸化物を含む酸化物半導体であることがより好ましい。

#### 【0124】

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

40

#### 【0125】

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

#### 【0126】

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

50

現できる。

【0127】

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

【0128】

なお、FET623は駆動回路部601に形成されるトランジスタの一つを示すものである。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成すれば良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、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。

【0129】

また、画素部602はスイッチング用FET611と、電流制御用FET612とそのドレインに電氣的に接続された陽極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。

【0130】

なお、陽極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。

【0131】

また、後に形成するEL層等の被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリル樹脂を用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径 ( $0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$ ) 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。

【0132】

陽極613上には、EL層616、および陰極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陽極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。例えば、ITO膜、またはケイ素を含有したインジウム錫酸化物膜、2~20wt%の酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれ、さらに陽極として機能させることができる。

【0133】

また、EL層616は、蒸着マスクを用いた蒸着法、インクジェット法、スピンコート法等の種々の方法によって形成される。EL層616は、実施の形態1で説明したような構成を含んでいる。また、EL層616を構成する他の材料としては、低分子化合物、または高分子化合物 (オリゴマー、 dendrimer を含む) であっても良い。

【0134】

さらに、EL層616上に形成され、陰極として機能する陰極617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料 (Al、Mg、Li、Ca、またはこれらの合金や化合物 (MgAg、MgIn、AlLi等) 等) を用いることが好ましい。なお、EL層616で生じた光が陰極617を透過させる場合には、陰極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。

【0135】

なお、陽極 613、EL 層 616、陰極 617 でもって、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 に記載の発光素子である。なお、画素部は複数の発光素子が形成されてなっているが、本実施の形態における発光装置では、実施の形態 1 に記載の発光素子と、それ以外の構成を有する発光素子の両方が含まれていても良い。

#### 【0136】

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で、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ほか、シール材で充填される場合もある。封止基板には凹部を形成し、そこに乾燥材を設けることで水分の影響による劣化を抑制することができ、好ましい構成である。

10

#### 【0137】

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ほか、FRP (Fiber Reinforced Plastics)、PVF (ポリビニルフロライド) 樹脂、ポリエステル樹脂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。

#### 【0138】

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

20

#### 【0139】

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

#### 【0140】

保護膜を構成する材料としては、酸化物、窒化物、フッ化物、硫化物、三元化合物、金属またはポリマー等を用いることができ、例えば、酸化アルミニウム、酸化ハフニウム、ハフニウムシリケート、酸化ランタン、酸化珪素、チタン酸ストロンチウム、酸化タンタル、酸化チタン、酸化亜鉛、酸化ニオブ、酸化ジルコニウム、酸化スズ、酸化イットリウム、酸化セリウム、酸化スカンジウム、酸化エルビウム、酸化バナジウムまたは酸化インジウム等を含む材料や、窒化アルミニウム、窒化ハフニウム、窒化珪素、窒化タンタル、窒化チタン、窒化ニオブ、窒化モリブデン、窒化ジルコニウムまたは窒化ガリウム等を含む材料、チタンおよびアルミニウムを含む窒化物、チタンおよびアルミニウムを含む酸化物、アルミニウムおよび亜鉛を含む酸化物、マンガンおよび亜鉛を含む硫化物、セリウムおよびストロンチウムを含む硫化物、エルビウムおよびアルミニウムを含む酸化物、イットリウムおよびジルコニウムを含む酸化物等を含む材料を用いることができる。

30

#### 【0141】

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

40

#### 【0142】

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

#### 【0143】

以上のようにして、実施の形態 1 に記載の発光素子を用いて作製された発光装置を得るこ

50

とができる。

#### 【0144】

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

#### 【0145】

図3には白色発光を呈する発光素子を形成し、着色層(カラーフィルタ)等設けることによってフルカラー化した発光装置の例を示す。図3(A)には基板1001、下地絶縁膜1002、ゲート絶縁膜1003、ゲート電極1006、1007、1008、第1の層間絶縁膜1020、第2の層間絶縁膜1021、周辺部1042、画素部1040、駆動回路部1041、発光素子の陽極1024W、1024R、1024G、1024B、隔壁1025、EL層1028、発光素子の陰極1029、封止基板1031、シール材1032などが図示されている。

10

#### 【0146】

また、図3(A)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)は透明な基材1033に設けている。また、ブラックマトリクス1035をさらに設けても良い。着色層及びブラックマトリクスが設けられた透明な基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及びブラックマトリクス1035は、オーバーコート層1036で覆われている。また、図3(A)においては、光が着色層を透過せずに外部へ出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、緑、青となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

20

#### 【0147】

図3(B)では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)をゲート絶縁膜1003と第1の層間絶縁膜1020との間に形成する例を示した。このように、着色層は基板1001と封止基板1031の間に設けられていても良い。

30

#### 【0148】

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4に示す。この場合、基板1001は光を通さない基板を用いることができる。FETと発光素子の陽極とを接続する接続電極を作製するまでは、ボトムエミッション型の発光装置と同様に形成する。その後、第3の層間絶縁膜1037を電極1022を覆って形成する。この絶縁膜は平坦化の役割を担っていても良い。第3の層間絶縁膜1037は第2の層間絶縁膜と同様の材料の他、他の公知の材料を用いて形成することができる。

40

#### 【0149】

発光素子の陽極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、図4のようなトップエミッション型の発光装置である場合、陽極を反射電極とすることが好ましい。EL層1028の構成は、実施の形態1においてEL層103として説明したような構成とし、且つ、白色の発光が得られるような素子構造とする。

#### 【0150】

図4のようなトップエミッションの構造では着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B)を設けた封止基板1031で封止を行うことができる。封止基板1031には画素と画素との間に位置するようにブラックマトリクス1035を設けても良い。着色層(赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、

50

青色の着色層 1034B) やブラックマトリックスはオーバーコート層 1036 によって覆われていても良い。なお封止基板 1031 は透光性を有する基板を用いることとする。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、黄、緑、青の 4 色や赤、緑、青の 3 色でフルカラー表示を行ってもよい。

【0151】

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

【0152】

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

【0153】

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

【0154】

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。

【0155】

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

【0156】

なお、上記構成においては、EL 層に複数の発光層を有する構造であっても、単一の発光層を有する構造であっても良く、例えば、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 EL 層を設け、それぞれの EL 層に単数もしくは複数の発光層を形成する構成に適用してもよい。

【0157】

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

【0158】

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

【0159】

ここまでは、アクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、以下からはパッシブマトリクス型の発光装置について説明する。図 5 には本発明を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置を示す。なお、図 5 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 5 (

10

20

30

40

50

B)は図5(A)をX-Yで切断した断面図である。図5において、基板951上には、電極952と電極956との間にはEL層955が設けられている。電極952の端部は絶縁層953で覆われている。そして、絶縁層953上には隔壁層954が設けられている。隔壁層954の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。つまり、隔壁層954の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接する辺)の方が上辺(絶縁層953の面方向と同様の方向を向き、絶縁層953と接しない辺)よりも短い。このように、隔壁層954を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことができる。また、パッシブマトリクス型の発光装置においても、実施の形態1に記載の発光素子を用いており、信頼性の良好な発光装置、又は消費電力の小さい発光装置とすることができる。

10

#### 【0160】

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

#### 【0161】

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。

#### 【0162】

##### (実施の形態3)

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

20

#### 【0163】

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、陽極401が形成されている。陽極401は実施の形態1における陽極101に相当する。陽極401側から発光を取り出す場合、陽極401は透光性を有する材料により形成する。

#### 【0164】

陰極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。

#### 【0165】

陽極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。

30

#### 【0166】

EL層403を覆って陰極404を形成する。陰極404は実施の形態1における陰極102に相当する。発光を陽極401側から取り出す場合、陰極404は反射率の高い材料によって形成される。陰極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。

#### 【0167】

以上、陽極401、EL層403、及び陰極404を有する発光素子を本実施の形態で示す照明装置は有している。当該発光素子は発光効率の高い発光素子であるため、本実施の形態における照明装置は消費電力の小さい照明装置とすることができる。

40

#### 【0168】

以上の構成を有する発光素子が形成された基板400と、封止基板407とをシール材405、406を用いて固着し、封止することによって照明装置が完成する。シール材405、406はどちらか一方でもかまわない。また、内側のシール材406(図6(B)では図示せず)には乾燥剤を混ぜることもでき、これにより、水分を吸着することができ、信頼性の向上につながる。

#### 【0169】

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

50



載したＩＣチップ４２０などを設けても良い。

【０１７０】

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

【０１７１】

（実施の形態４）

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

10

【０１７２】

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。

【０１７３】

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

20

【０１７４】

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。

【０１７５】

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。

30

【０１７６】

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

40

【０１７７】

図７（Ｄ）は、携帯端末の一例を示している。携帯電話機は、筐体７４０１に組み込まれた表示部７４０２の他、操作ボタン７４０３、外部接続ポート７４０４、スピーカ７４０

50

5、マイク7406などを備えている。なお、携帯電話機7400は、実施の形態1に記載の発光素子をマトリクス状に配列して作製された表示部7402を有している。

【0178】

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

【0179】

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

10

【0180】

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

【0181】

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

【0182】

20

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

【0183】

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

【0184】

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

30

【0185】

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。

【0186】

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

40

【0187】

図8(A)は、掃除ロボットの一例を示す模式図である。

【0188】

掃除ロボット5100は、上面に配置されたディスプレイ5101、側面に配置された複数のカメラ5102、ブラシ5103、操作ボタン5104を有する。また図示されていないが、掃除ロボット5100の下面には、タイヤ、吸い込み口等が備えられている。掃除ロボット5100は、その他に赤外線センサ、超音波センサ、加速度センサ、圧電センサ、光センサ、ジャイロセンサなどの各種センサを備えている。また、掃除ロボット5100は、無線による通信手段を備えている。

【0189】

50

掃除ロボット 5 1 0 0 は自走し、ゴミ 5 1 2 0 を検知し、下面に設けられた吸い込み口からゴミを吸引することができる。

【 0 1 9 0 】

また、掃除ロボット 5 1 0 0 はカメラ 5 1 0 2 が撮影した画像を解析し、壁、家具または段差などの障害物の有無を判断することができる。また、画像解析により、配線などブラシ 5 1 0 3 に絡まりそうな物体を検知した場合は、ブラシ 5 1 0 3 の回転を止めることができる。

【 0 1 9 1 】

ディスプレイ 5 1 0 1 には、バッテリーの残量や、吸引したゴミの量などを表示することができる。掃除ロボット 5 1 0 0 が走行した経路をディスプレイ 5 1 0 1 に表示させてもよい。また、ディスプレイ 5 1 0 1 をタッチパネルとし、操作ボタン 5 1 0 4 をディスプレイ 5 1 0 1 に設けてもよい。

10

【 0 1 9 2 】

掃除ロボット 5 1 0 0 は、スマートフォンなどの携帯電子機器 5 1 4 0 と通信することができる。カメラ 5 1 0 2 が撮影した画像は、携帯電子機器 5 1 4 0 に表示させることができる。そのため、掃除ロボット 5 1 0 0 の持ち主は、外出先からでも、部屋の様子を知ることができる。また、ディスプレイ 5 1 0 1 の表示をスマートフォンなどの携帯電子機器で確認することもできる。

【 0 1 9 3 】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 5 1 0 1 に用いることができる。

20

【 0 1 9 4 】

図 8 ( B ) に示すロボット 2 1 0 0 は、演算装置 2 1 1 0、照度センサ 2 1 0 1、マイクロフォン 2 1 0 2、上部カメラ 2 1 0 3、スピーカ 2 1 0 4、ディスプレイ 2 1 0 5、下部カメラ 2 1 0 6 および障害物センサ 2 1 0 7、移動機構 2 1 0 8 を備える。

【 0 1 9 5 】

マイクロフォン 2 1 0 2 は、使用者の話し声及び環境音等を検知する機能を有する。また、スピーカ 2 1 0 4 は、音声を発する機能を有する。ロボット 2 1 0 0 は、マイクロフォン 2 1 0 2 およびスピーカ 2 1 0 4 を用いて、使用者とコミュニケーションをとることが可能である。

【 0 1 9 6 】

ディスプレイ 2 1 0 5 は、種々の情報の表示を行う機能を有する。ロボット 2 1 0 0 は、使用者の望みの情報をディスプレイ 2 1 0 5 に表示することが可能である。ディスプレイ 2 1 0 5 は、タッチパネルを搭載していてもよい。また、ディスプレイ 2 1 0 5 は取り外しのできる情報端末であっても良く、ロボット 2 1 0 0 の定位置に設置することで、充電およびデータの受け渡しを可能とする。

30

【 0 1 9 7 】

上部カメラ 2 1 0 3 および下部カメラ 2 1 0 6 は、ロボット 2 1 0 0 の周囲を撮像する機能を有する。また、障害物センサ 2 1 0 7 は、移動機構 2 1 0 8 を用いてロボット 2 1 0 0 が前進する際の進行方向における障害物の有無を察知することができる。ロボット 2 1 0 0 は、上部カメラ 2 1 0 3、下部カメラ 2 1 0 6 および障害物センサ 2 1 0 7 を用いて、周囲の環境を認識し、安全に移動することが可能である。

40

【 0 1 9 8 】

本発明の一態様の発光装置はディスプレイ 2 1 0 5 に用いることができる。図 8 ( C ) はゴーグル型ディスプレイの一例を表す図である。ゴーグル型ディスプレイは、例えば、筐体 5 0 0 0、表示部 5 0 0 1、スピーカ 5 0 0 3、LED ランプ 5 0 0 4、操作キー 5 0 0 5 ( 電源スイッチ、又は操作スイッチを含む )、接続端子 5 0 0 6、センサ 5 0 0 7 ( 力、変位、位置、速度、加速度、角速度、回転数、距離、光、液、磁気、温度、化学物質、音声、時間、硬度、電場、電流、電圧、電力、放射線、流量、湿度、傾度、振動、におい、又は赤外線を測定する機能を含むもの )、マイクロフォン 5 0 0 8、第 2 の表示部 5 0 0 2、支持部 5 0 1 2、イヤホン 5 0 1 3 等を有する。

50

## 【 0 1 9 9 】

本発明の一態様の発光装置は表示部 5 0 0 1 および第 2 の表示部 5 0 0 2 に用いることができる。

## 【 0 2 0 0 】

図 9 は、実施の形態 1 に記載の発光素子を、照明装置である電気スタンドに用いた例である。図 9 に示す電気スタンドは、筐体 2 0 0 1 と、光源 2 0 0 2 を有し、光源 2 0 0 2 としては、実施の形態 3 に記載の照明装置を用いても良い。

## 【 0 2 0 1 】

図 1 0 は、実施の形態 1 に記載の発光素子を、室内の照明装置 3 0 0 1 として用いた例である。実施の形態 1 に記載の発光素子は信頼性の高い発光素子であるため、信頼性の良い照明装置とすることができる。また、実施の形態 1 に記載の発光素子は大面積化が可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、実施の形態 1 に記載の発光素子は、薄型であるため、薄型化した照明装置として用いることが可能となる。

## 【 0 2 0 2 】

実施の形態 1 に記載の発光素子は、自動車のフロントガラスやダッシュボードにも搭載することができる。図 1 1 に実施の形態 1 に記載の発光素子を自動車のフロントガラスやダッシュボードに用いる一態様を示す。表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 3 は実施の形態 1 に記載の発光素子を用いて設けられた表示である。

## 【 0 2 0 3 】

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

## 【 0 2 0 4 】

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

## 【 0 2 0 5 】

表示領域 5 2 0 3 はまたナビゲーション情報、速度計や回転計、走行距離、燃料、ギア状態、エアコンの設定など、その他様々な情報を提供することができる。表示は使用者の好みに合わせて適宜その表示項目やレイアウトを変更することができる。なお、これら情報は表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 2 にも設けることができる。また、表示領域 5 2 0 0 乃至表示領域 5 2 0 3 は照明装置として用いることも可能である。

## 【 0 2 0 6 】

また、図 1 2 ( A )、( B ) に、折りたたみ可能な携帯情報端末 5 1 5 0 を示す。折りたたみ可能な携帯情報端末 5 1 5 0 は筐体 5 1 5 1、表示領域 5 1 5 2 および屈曲部 5 1 5 3 を有している。図 1 2 ( A ) に展開した状態の携帯情報端末 5 1 5 0 を示す。図 1 2 ( B ) に折りたたんだ状態の携帯情報端末を示す。携帯情報端末 5 1 5 0 は、大きな表示領域 5 1 5 2 を有するにも関わらず、折りたためばコンパクトで可搬性に優れる。

## 【 0 2 0 7 】

表示領域 5 1 5 2 は屈曲部 5 1 5 3 により半分に折りたたむことができる。屈曲部 5 1 5 3 は伸縮可能な部材と複数の支持部材とで構成されており、折りたたむ場合は、伸縮可能

10

20

30

40

50

な部材が伸び。屈曲部 5 1 5 3 は 2 mm 以上、好ましくは 3 mm 以上の曲率半径を有して折りたたまれる。

【 0 2 0 8 】

なお、表示領域 5 1 5 2 は、タッチセンサ（入力装置）を統制したタッチパネル（入出力装置）であってもよい。本発明の一態様の発光装置を表示領域 5 1 5 2 に用いることができる。

【 0 2 0 9 】

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

10

【 0 2 1 0 】

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

20

【実施例 1】

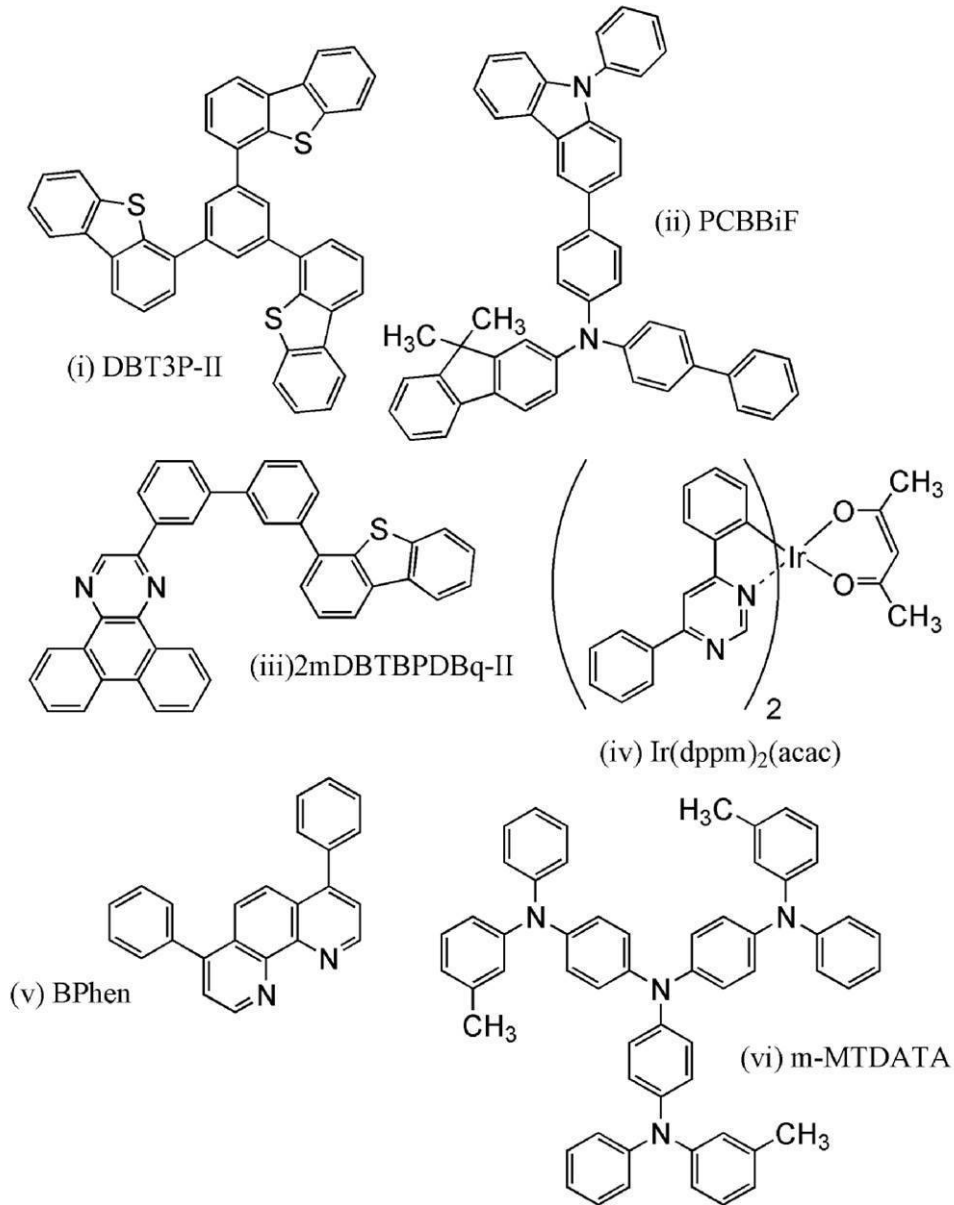
【 0 2 1 1 】

本実施例では、実施の形態 1 で説明した本発明の一態様の発光素子である発光素子 1 乃至発光素子 3、比較発光素子 1 および比較発光素子 2 について説明する。発光素子 1 乃至発光素子 3、比較発光素子 1 および比較発光素子 2 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

30

【 0 2 1 2 】

## 【化 3】



## 【 0 2 1 3 】

(発光素子 1 の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、陽極 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 1 4 】

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

## 【 0 2 1 5 】

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 1 6 】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 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、陽極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、フッ化カルシウム (CaF<sub>2</sub>) と、上記構造式 (iv) で表される 4,4',4''-トリス [N-(3-メチルフェニル)-N-フェニルアミノ]トリフェニレン

(略称：m - M T D A T A)と、酸化モリブデン(VI)とを、重量比で3 : 1 : 0.5 (= CaF<sub>2</sub> : m - M T D A T A : 酸化モリブデン)となるように50 nm共蒸着して第1の層を形成した後、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)とを重量比で2 : 0.5 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン)となるように5 nm共蒸着して第2の層を形成して正孔注入層111を形成した。

#### 【0217】

次に、正孔注入層111条に、上記構造式(ii)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)を膜厚15 nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

10

#### 【0218】

続いて、上記構造式(iii)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 B q - II)と、PCBBiFと、上記構造式(iv)で表される(アセチルアセトナト)ビス(4, 6 - ジフェニルピリミジナト)イリジウム(III)(略称：[Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>)とを重量比0.7 : 0.3 : 0.06 (= 2mDBTBPD B q - II : PCBBiF : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>)となるように20 nm共蒸着した後、重量比0.8 : 0.2 : 0.06 (= 2mDBTBPD B q - II : PCBBiF : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)]<sub>2</sub>)となるように20 nm共蒸着して発光層113を形成した。

20

#### 【0219】

その後、発光層113上に、2mDBTBPD B q - IIを25 nm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10 nmとなるように蒸着して、電子輸送層114を形成した。

#### 【0220】

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を膜厚1 nmとなるように蒸着することで電子輸送層を形成し、続いて、アルミニウムを200 nmの膜厚となるように蒸着することで陰極102を形成した、本実施例の発光素子1を作製した。

30

#### 【0221】

(比較発光素子1 - 1の作製方法)

比較発光素子1 - 1は、発光素子1における正孔注入層111を、DBT3P - IIと酸化モリブデン(VI)とを重量比で2 : 0.5 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン)となるように50 nm共蒸着して形成した他は、発光素子1と同様に作製した。

#### 【0222】

(比較発光素子1 - 2の作製方法)

比較発光素子1 - 2は、発光素子1における正孔注入層111を、DBT3P - IIと酸化モリブデン(VI)とを重量比で2 : 0.5 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン)となるように55 nm共蒸着して形成した他は、発光素子1と同様に作製した。

40

#### 【0223】

(比較発光素子1 - 3の作製方法)

比較発光素子1 - 3は、発光素子1における正孔注入層111を、CaFとm - M T D A T Aと酸化モリブデン(VI)とを重量比で3 : 1 : 0.5 (= CaF : m - M T D A T A : 酸化モリブデン)となるように50 nm共蒸着して形成した他は発光素子1と同様に作製した。

#### 【0224】

発光素子1、比較発光素子1 - 1乃至比較発光素子1 - 3の素子構造を以下の表にまとめる。

#### 【0225】

【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
	50nm	5nm	15nm	20nm/20nm	25nm	10nm	1nm
比較 発光 素子 1-1	DBT3P-II: MoOx (2:0.5)	-	PCBBiF	2mDBTBPDBq-II: PCBBiF: Ir(dppm) <sub>2</sub> (acac) (0.7:0.3:0.06/0.8:0.2:0.06)	2mDBTBPDBq-II	BPhen	LiF
比較 発光 素子 1-2		DBT3P-II: MoOx (2:0.5)					
比較 発光 素子 1-3	CaF2: m-MTDATA: MoOx (3:1:0.5)	-					
発光 素子 1		DBT3P-II: MoOx (2:0.5)					

10

## 【0226】

発光素子 1、比較発光素子 1 - 1 乃至比較発光素子 1 - 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

20

## 【0227】

発光素子 1、比較発光素子 1 - 1 乃至比較発光素子 1 - 3 の輝度 - 電流密度特性を図 14 に、電流効率 - 輝度特性を図 15 に、輝度 - 電圧特性を図 16 に、電流 - 電圧特性を図 17 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 18 に、発光スペクトルを図 19 に示す。また、各発光素子の 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 2 に示す。

## 【0228】

【表 2】

30

	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 (%)
比較発光素子 1-1	2.8	0.06	1.4	0.54	0.45	88.1	32.4
比較発光素子 1-2	2.8	0.06	1.5	0.55	0.45	84.9	31.9
比較発光素子 1-3	4.4	0.07	1.7	0.53	0.46	50.7	17.9
発光素子 1	2.8	0.05	1.2	0.55	0.45	99.6	37.0

40

## 【0229】

図 14 乃至図 19 及び表 2 より、本発明の一態様である発光素子外部量子効率 37% と、非常に良好な発光効率を示す素子であることがわかった。一方比較発光素子 1 - 1 および比較発光素子 1 - 2 は、駆動電圧は発光素子 1 と同様であるものの、外部量子効率は 32% 前後であり、これは、発光素子としては、非常に高効率ではあるものの本発明の発光素子である発光素子 1 には大きく及ばない。

## 【0230】

発光素子 1 は、正孔輸送層における第 1 の層に正孔輸送性の有機化合物として m - MTDATA を用い、さらにフッ化カルシウムも含んでいる。m - MTDATA は比較的屈折率

50



の低い有機化合物であり、またフッ化カルシウムを含むことで、この第1の層の532 nm付近の屈折率は1.59程度と非常に低い。そのため、発光素子1では、発光素子内で共振構造を形成することが可能となり発光効率が向上したと考えられる。

#### 【0231】

しかし、同じく正孔注入層に正孔輸送性の有機化合物としてm-MTDATAを用い、さらにフッ化カルシウムも含んでいる比較発光素子1-3は、駆動電圧も高く、また、外部量子効率も低くなってしまっている。これは、m-MTDATAのHOMO準位が浅く、正孔輸送層112へのホール注入性が低下したことによる駆動電圧の上昇と、キャリアバランスの崩れが原因である。発光素子1では、m-MTDATAとフッ化カルシウムおよび酸化モリブデンを含む第1の層と、正孔輸送層112との間に、第2の層としてHOMO準位の深いDBT3P-IIと酸化モリブデンの複合材料を薄く形成することで、この悪影響を抑え、上述のような非常に高効率な発光素子を実現することを可能とした。

10

#### 【0232】

なお、第2の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物としては、第1の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物以下のHOMO準位を有する有機化合物であることが好ましい。また、当該HOMO準位は、第1の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物のHOMO準位より小さい(深い)ことがさらに好ましい。

#### 【実施例2】

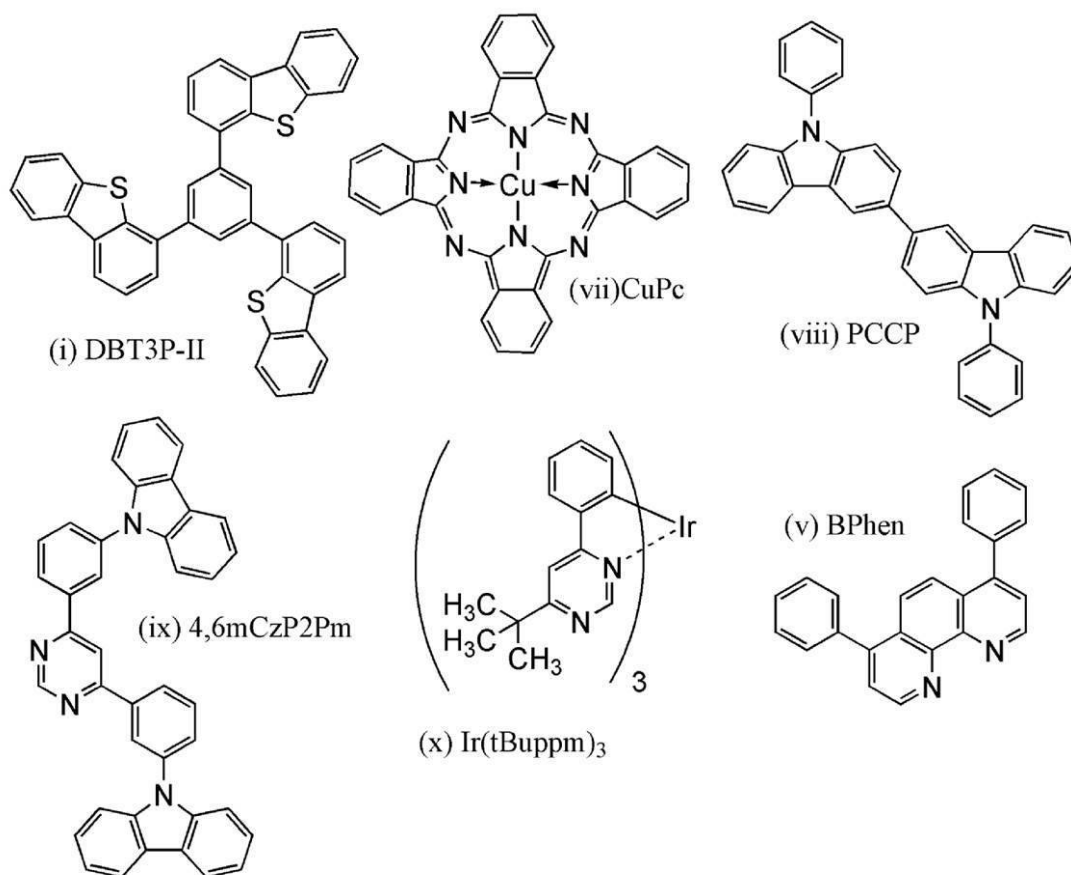
#### 【0233】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光素子である発光素子2乃至発光素子4と、比較発光素子5および比較発光素子2-1乃至比較発光素子5-1について説明する。発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5および比較発光素子2-1乃至比較発光素子5-1で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

20

#### 【0234】

#### 【化4】



30

40

#### 【0235】

50

(発光素子 2 の作製方法)

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) をスパッタリング法にて成膜し、陽極 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。

【0236】

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

【0237】

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。

【0238】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 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、陽極 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、銅フタロシアニン (略称: CuPc) と、酸化モリブデン (VI) とを重量比で 1.5 : 0.5 : 1 (= DBT3P - II : CuPc : 酸化モリブデン) となるよう 50 nm 共蒸着して第 1 の層を形成した後、DBT3P - II と酸化モリブデン (IV) とを重量比で 2 : 1 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン) となるように 10 nm 共蒸着して第 2 の層を形成し、正孔注入層 111 を形成した。

【0239】

次に、正孔注入層 111 上に、上記構造式 (viii) で表される 3, 3' - ビス (9 - フェニル - 9H - カルバゾール) (略称: PCCP) を 20 nm となるように蒸着し、正孔輸送層 112 を形成した。

【0240】

続いて、上記構造式 (ix) で表される 4, 6 - ビス [3 - (9H - カルバゾール - 9 - イル) フェニル] ピリミジン (略称: 4, 6mCzP2Pm) と、PCCP と、上記構造式 (x) で表される トリス [2 - (6 - tert - ブチル - 4 - ピリミジニル - N3) フェニル - C] イリジウム (III) (略称: [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>]) とを重量比で 0.5 : 0.5 : 0.075 (= 4, 6mCzP2Pm : PCCP : [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>]) となるように 20 nm 成膜した後、重量比 0.2 : 0.8 : 0.75 (= 4, 6mCzP2Pm : PCCP : [Ir(tBuppm)<sub>3</sub>]) となるように 20 nm 共蒸着して発光層 113 を形成した。

【0241】

その後、発光層 113 上に、4, 6mCzP2Pm を膜厚 25 nm となるように蒸着した後、上記構造式 (vi) で表される バソフェナントロリン (略称: BPhen) を膜厚 10 nm となるように蒸着し、電子輸送層 114 を形成した。

【0242】

電子輸送層 114 を形成した後、フッ化リチウム (LiF) を膜厚 1 nm 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膜厚 200 nm となるように蒸着することで陰極 102 を形成して本実施例の発光素子 2 を作製した。

【0243】

(比較発光素子 2 - 1 の作製方法)

比較発光素子 2 - 1 は発光素子 2 の正孔注入層 111 における第 2 の層を設けず、正孔注入層 111 を第 1 の層のみで構成した他は発光素子 2 と同様に作製した。

【0244】

(発光素子 3 の作製方法)

発光素子 3 は、発光素子 2 における正孔注入層 111 の第 1 の層を DBT3P - II と、CuPc と、酸化モリブデン (IV) とを重量比で 1 : 1 : 1 (= DBT3P - II : C

10

20

30

40

50

u P c : 酸化モリブデン) となるように 50 nm 共蒸着して形成した他は、発光素子 2 と同様に作製した。

【0245】

(比較発光素子 3 - 1 の作製方法)

比較発光素子 3 - 1 は、発光素子 3 の正孔注入層 111 における第 2 の層を設けず、正孔注入層 111 を第 1 の層のみで構成した他は発光素子 3 と同様に作製した。

【0246】

(発光素子 4 の作製方法)

発光素子 4 は発光素子 2 における正孔注入層 111 の第 1 の層を、DBT3P - II と、CuPc と、酸化モリブデン (IV) とを重量比で 0.5 : 1.5 : 1 (= DBT3P - II : CuPc : 酸化モリブデン) となるように 50 nm 共蒸着して形成した他は、発光素子 2 と同様に作製した。

10

【0247】

(比較発光素子 4 - 1 の作製方法)

比較発光素子 4 - 1 は、発光素子 4 の正孔注入層 111 における第 2 の層を設けず、正孔注入層 111 を第 1 の層のみで構成した他は発光素子 4 と同様に作製した。

【0248】

(比較発光素子 5 の作製方法)

比較発光素子 5 は発光素子 2 における正孔注入層 111 の第 1 の層を、DBT3P - II と酸化モリブデン (IV) とを重量比で 2 : 1 (= DBT3P - II : 酸化モリブデン) となるように 50 nm 共蒸着して形成した他は、発光素子 2 と同様に作製した。

20

【0249】

(比較発光素子 5 - 1 の作製方法)

比較発光素子 5 - 1 は発光素子 5 の正孔注入層 111 における第 2 の層を設けず、正孔注入層 111 を第 1 の層のみで構成した他は比較発光素子 5 と同様に作製した。

【0250】

発光素子 2 乃至発光素子 4、比較発光素子 5 および比較発光素子 2 - 1 乃至比較発光素子 5 - 1 の素子構造を以下の表にまとめる。

【0251】

【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
	50nm	10nm	20nm	20nm/20nm	25nm	10nm	1nm
発光 素子 2	DBT3P-II: CuPc: MoOx (1.5:0.5:1)	DBT3P-II: MoOx (2:1)	PCCP	4,6mCzP2Pm: PCCP: Ir(tBuppm) <sub>3</sub> (0.5:0.5:0.075/0.2:0.8:0.075)	4,6mCzP2Pm	BPhen	LiF
比較 発光 素子 2-1		-					
発光 素子 3	DBT3P-II: CuPc: MoOx (1:1:1)	DBT3P-II: MoOx (2:1)					
比較 発光 素子 3-1		-					
発光 素子 4	DBT3P-II: CuPc: MoOx (0.5:1.5:1)	DBT3P-II: MoOx (2:1)					
比較 発光 素子 4-1		-					
比較 発光 素子 5	DBT3P-II: MoOx (2:1)	DBT3P-II: MoOx (2:1)					
比較 発光 素子 5-1		-					

10

20

## 【0252】

表のように、発光素子2乃至発光素子4は、CuPcが含まれる複合材料からなる第1の層と正孔輸送層112との間に、CuPcを含まない複合材料である第2の層を形成した実施例の素子。比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1はCuPcを含まない複合材料からなる第2の層を設けない発光素子となっている。また、比較発光素子5は発光素子2乃至発光素子4の第1の層からCuPcを除いた素子、比較発光素子5-1は比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1からCuPcを除いた素子である。

30

## 【0253】

なお、CuPcは可視光領域に吸収を有しており、第1の層に混合することによって発光層からの光を吸収し、発光素子から発する光のスペクトル形状を変化させることができる。これにより、当該第1の層がカラーフィルタのような役割を担うことが可能となり、発光素子の外部にカラーフィルタを設ける必要が無くなることで、発光装置の部材を減らすことや、アライメントを行う煩雑さを低減することができ、製造コストを低減させることができる。なお、発光層内部にこのような層を設け、さらにキャビティ構造を形成することで、光が反射するたびに当該層を通過することになり、より効果的にスペクトルを狭線化させることが可能となる。

40

## 【0254】

発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時にUV処理、80℃にて1時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性について測定を行った。なお、測定は室温（25℃に保たれた雰囲気）で行った。

50

## 【0255】

発光素子2乃至発光素子4、比較発光素子5、および比較発光素子2-1乃至比較発光素子4-1の輝度-電流密度特性を図20に、電流効率-輝度特性を図21に、輝度-電圧特性を図22に、電流-電圧特性を図23に、色度-輝度特性を図24に、x-y色度座標図を図25に、外部量子効率-輝度特性を図26に、発光スペクトルを図27に示す。なお、これらの図面には各々(A)と(B)のグラフがあり、(A)のグラフは比較発光素子2-1乃至比較発光素子5-1の、(B)のグラフは発光素子2乃至4および比較発光素子5の結果を示している。すなわち、(A)のグラフは第2の層が設けられていない構成の、(B)のグラフは第2の層が設けられた構成の発光素子の結果を各々示している。

10

## 【0256】

なお、発光素子2乃至発光素子4は各々第1の層におけるDBT3P-II、CuPcおよび酸化モリブデンの混合比が異なる素子であり、発光素子2が最もCuPcの濃度が小さく、発光素子4が最も大きい。また、比較発光素子5はCuPcが含まれていない素子である。また、比較発光素子2-1および比較発光素子5-1も同様であり、発光素子2と比較発光素子2-1は第1の層の混合比が等しい素子であり、発光素子3と比較発光素子3-1、発光素子4と比較発光素子4-1、比較発光素子5と比較発光素子5-1も各々の第1の層における混合比は等しい。

## 【0257】

まず、図26(B)から、第1の層中のCuPcの濃度が増加すると、外部量子効率が低下する傾向があることがわかる。しかしこれは、CuPcの吸収が発光層から発する光のスペクトルと重なる部分に吸収を有しているためであり、CuPcの濃度増加に伴い吸収される光が増加した事に起因する。すなわち、この効率の変化は合理的な結果である。このように、第1の層に適当な波長に吸収する材料を混在させることにより、カラーフィルタのような機能を持たせることが可能となる。

20

## 【0258】

その効果は、図25(B)、図27(B)からも見て取れる。図27(B)からは、CuPcの濃度が増加するにつれて発光スペクトルの長波長部分が削られ、ピークの半値幅が小さくなってゆくことがわかる。また、図25(B)からは、CuPcの濃度が大きくなるにつれて色純度が増すことがわかった。

30

## 【0259】

また、上記図25(B)乃至図27(B)の結果は、第1の層を第2の層の両方を有する素子の結果であったが、第2の層を設けていない発光素子に関するグラフである、図25(A)、図26(A)および図27(A)も、同様の傾向を示していることがわかる。

## 【0260】

しかし、図21(A)(B)および、図22(A)(B)を見ると、第2の層を設けていない発光素子群の結果である各図(A)は、CuPcの濃度が大きくなる程、駆動電圧の低下が起きているが、第2の層を設けた発光素子群の結果である各図(B)はその駆動電圧に差が無く、どの発光素子も良好な駆動電圧を示しており、第2の層の有無により特性に違いが表れている。

40

## 【0261】

これらの結果は、2つの事実を示唆している。すなわち、CuPcを含む第1の層と、正孔輸送層が接する構成では第1の層から正孔輸送層への正孔の注入性が低下する場合があること、そして、それはCuPcを含まない第2の層を第1の層と正孔輸送層との間に設けることで解決することである。

## 【0262】

なお、その際、第2の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物としては、第1の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物以下のHOMO準位を有する有機化合物であることが好ましい。また、当該HOMO準位は、第1の層に用いられる正孔輸送性の有機化合物のHOMO準位より小さい(深い)ことがさらに好ましい。これにより、正孔注入層から正孔輸

50

送層への正孔の注入がよりスムーズとなり、駆動電圧の小さい発光素子を提供することが容易となる。

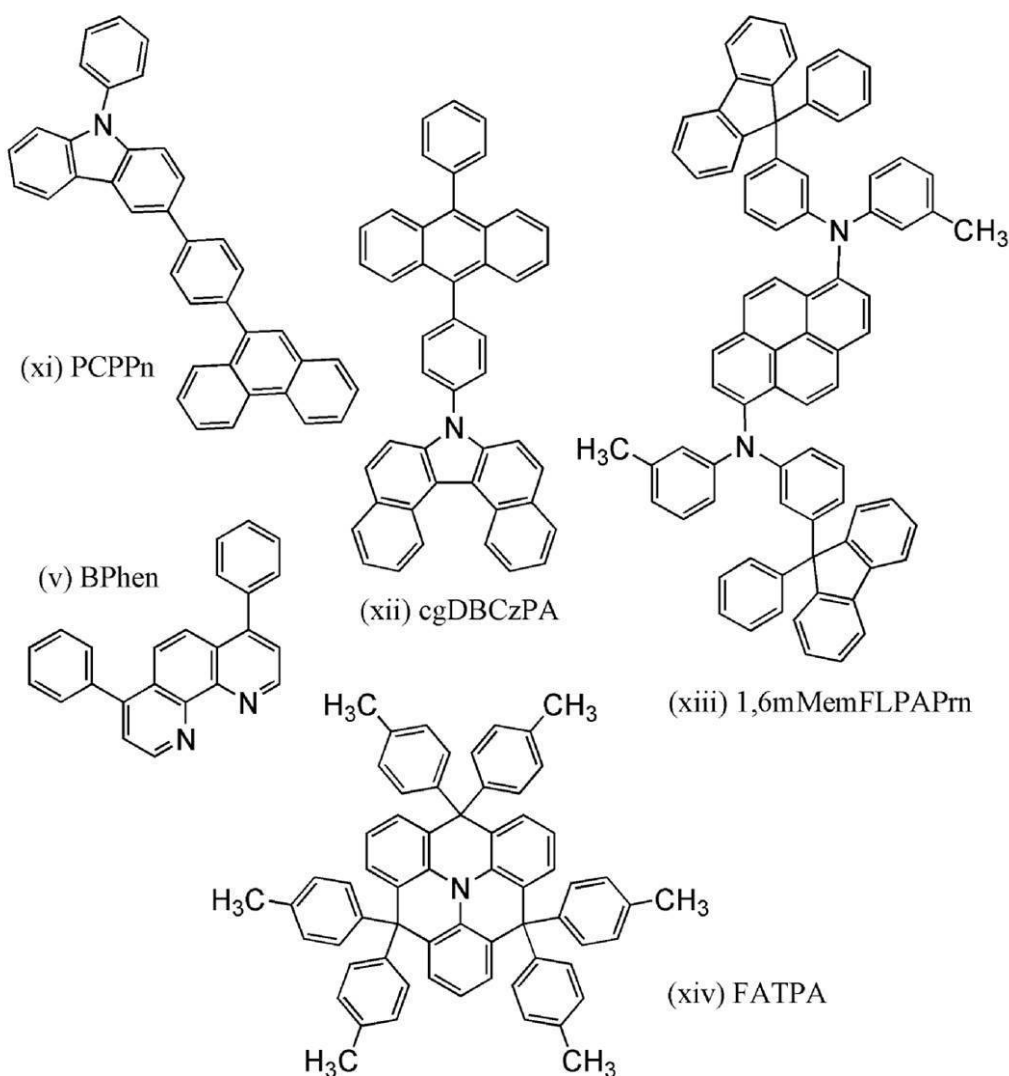
【実施例 3】

【0263】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光素子である発光素子 6 と、参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 について説明する。発光素子 6、参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【0264】

【化 5】



【0265】

(発光素子 6 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、陽極 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。

【0266】

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。

【0267】

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。

## 【0268】

次に、陽極101が形成された面が下方となるように、陽極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、陽極101上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式(xiv)で表される4,4,8,8,-12,12-ヘキサ-p-トリル-4H-8H-12H-12C-アザ-ジベンゾ[cd,mn]ピレン(略称:FATPA)と、酸化モリブデン(VI)とを重量比で2:0.5(=FATPA:酸化モリブデン)となるように50nm共蒸着して第1の層を形成し、続いて上記構造式(xi)で表される3-[4-(9-フェナントリル)-フェニル]-9-フェニル-9H-カルバゾール(略称:PCPPn)と酸化モリブデン(VI)とを重量比で2:0.5(=PCPPn:酸化モリブデン)となるように10nm共蒸着して第2の層を形成して、正孔注入層111を形成した。

10

## 【0269】

次に、正孔注入層111上に、PCPPnを膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

## 【0270】

続いて、上記構造式(xii)で表される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)と、上記構造式(xiii)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-9H-フルオレン-9-イル)フェニル]-ピレン-1,6-ジアミン(略称:1,6mMemFLPAPrn)とを、重量比で1:0.03(=cgDBCzPA:1,6mMemFLPAPrn)となるように25nm共蒸着して発光層113を形成した。

20

## 【0271】

その後、発光層113上にcgDBCzPAを膜厚10nm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15nmとなるように蒸着し、電子輸送層114を形成した。

## 【0272】

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を膜厚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膜厚200nmとなるように蒸着することで陰極102を形成して本実施例の発光素子6を作製した。

30

## 【0273】

(参考発光素子6-1の作製方法)

参考発光素子6-1は、発光素子6における正孔注入層111を、PCPPnと酸化モリブデン(VI)を重量比2:0.5(=PCPPn:酸化モリブデン)となるように50nm共蒸着して形成した他は発光素子6と同様に作製した。

## 【0274】

(参考発光素子6-2の作製方法)

比較発光素子6-2は、発光素子6における第1の層をPCPPnと酸化モリブデン(VI)を重量比2:0.5(=PCPPn:酸化モリブデン)となるように50nm共蒸着して形成した他は発光素子6と同様に作製した。

40

## 【0275】

(参考発光素子6-3の作製方法)

参考発光素子6-3は発光素子6における第2の層を形成しない構造とした他は発光素子6と同様に形成した。

## 【0276】

発光素子6および参考発光素子6-1乃至参考発光素子6-3の素子構造を以下の表にまとめる。

## 【0277】

【表 4】

	正孔注入層		正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層
	50nm	10nm	20nm	25nm	10nm	15nm	1nm
参考発光素子 6-1	PCPPn: MoOx (2:0.5)	-	PCPPn	cgDBCzPA: 1,6mMemFLPAPrn (1:0.03)	cgDBCzPA	BPhen	LiF
参考発光素子 6-2		PCPPn: MoOx (2:0.5)					
参考発光素子 6-3	FATPA: MoOx (2:0.5)	-					
発光素子 6		PCPPn: MoOx (2:0.5)					

10

## 【0278】

発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80 にて 1 時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性及び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。

20

## 【0279】

発光素子 6 および参考発光素子 6 - 1 乃至参考発光素子 6 - 3 の輝度 - 電流密度特性を図 28 に、電流効率 - 輝度特性を図 29 に、輝度 - 電圧特性を図 30 に、電流 - 電圧特性を図 31 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 32 に、発光スペクトルを図 33 に、規格化輝度 - 時間変化特性を図 34 に示す。また、各発光素子の 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 3 - 2 に示す。

## 【0280】

【表 5】

30

	電圧 (V)	電流 (mA)	電流密度 (mA/cm <sup>2</sup> )	色度x	色度y	電流効率 (cd/A)	外部量子効率 (%)
参考発光素子 6-1	2.9	0.24	6.1	0.14	0.22	12.1	8.2
参考発光素子 6-2	3.0	0.42	10.4	0.15	0.23	10.1	6.6
参考発光素子 6-3	3.0	0.26	6.4	0.14	0.22	13.8	9.3
発光素子 6	3.0	0.37	9.1	0.15	0.24	11.8	7.4

40

## 【0281】

参考発光素子 6 - 3 および発光素子 6 は、第 1 の層として FATPA と酸化モリブデンの共蒸着膜を用いている。FATPA の 532 nm 付近における屈折率は 1.68 であり、正孔輸送性を有する有機化合物としては低い値をしている。なお、発光素子 6 - 1 および参考発光素子 6 - 2 の第 1 の層、および第 2 の層に用いられている PCPPn の 532 nm 付近における屈折率は 1.83 である。

## 【0282】

発光素子内に、屈折率の低い層を形成することによって、発光効率が向上することが報告されている（例えば非特許文献 1）。屈折率の低い有機化合物である FATPA を用いる

50



ことで、そのような屈折率の低い層を発光層内に形成することができる。ここで、参考発光素子 6 - 1 と参考発光素子 6 - 3 を比較すると、これらの素子構造の違いは、第 1 の層における有機化合物の違いだけであるが、第 1 の層に F A T P A を用いた参考発光素子 6 - 3 の発光効率の方が高くなっているのがわかる。同様に参考発光素子 6 - 2 と発光素子 6 を比較すると、発光素子 6 の効率が高い。なお、参考発光素子 6 - 1 と参考発光素子 6 - 2 とを比較すると参考発光素子 6 - 1 の方の発光効率が高いのは、第 2 の層の有無による光路長の違いによるものであり、参考発光素子 6 - 3 と発光素子 6 の発光効率の違いも同様である。

【 0 2 8 3 】

ここで、屈室率の小さい有機化合物は、キャリアの輸送性が低い、キャリアの注入性が小さい（H O M O 準位が浅い）傾向がある。第 1 の層に屈折率の小さい有機化合物である F A T P A を用い、第 2 の層を形成しない発光素子である参考発光素子 6 - 3 においても、図 3 0 より、駆動電圧の上昇がわずかながら見られている。また、図 3 4 からわかるように、参考発光素子 6 - 3 は大きく寿命を落としていることがわかる。

10

【 0 2 8 4 】

しかし一方で、同じく F A T P A を第 1 の層に用いた素子である発光素子 6 は、参考発光素子 6 - 1 および参考発光素子 6 - 2 と同様の良好な駆動電圧および寿命を呈しており、第 2 の層を形成することによって、F A T P A を用いたことによる駆動電圧の上昇や寿命の低下を抑制することが可能であることがわかる。

【 0 2 8 5 】

この際、第 2 の層に用いられる正孔輸送性を有する有機化合物は、第 1 の層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物よりも H O M O 準位の深い材料を用いることが好ましい。

20

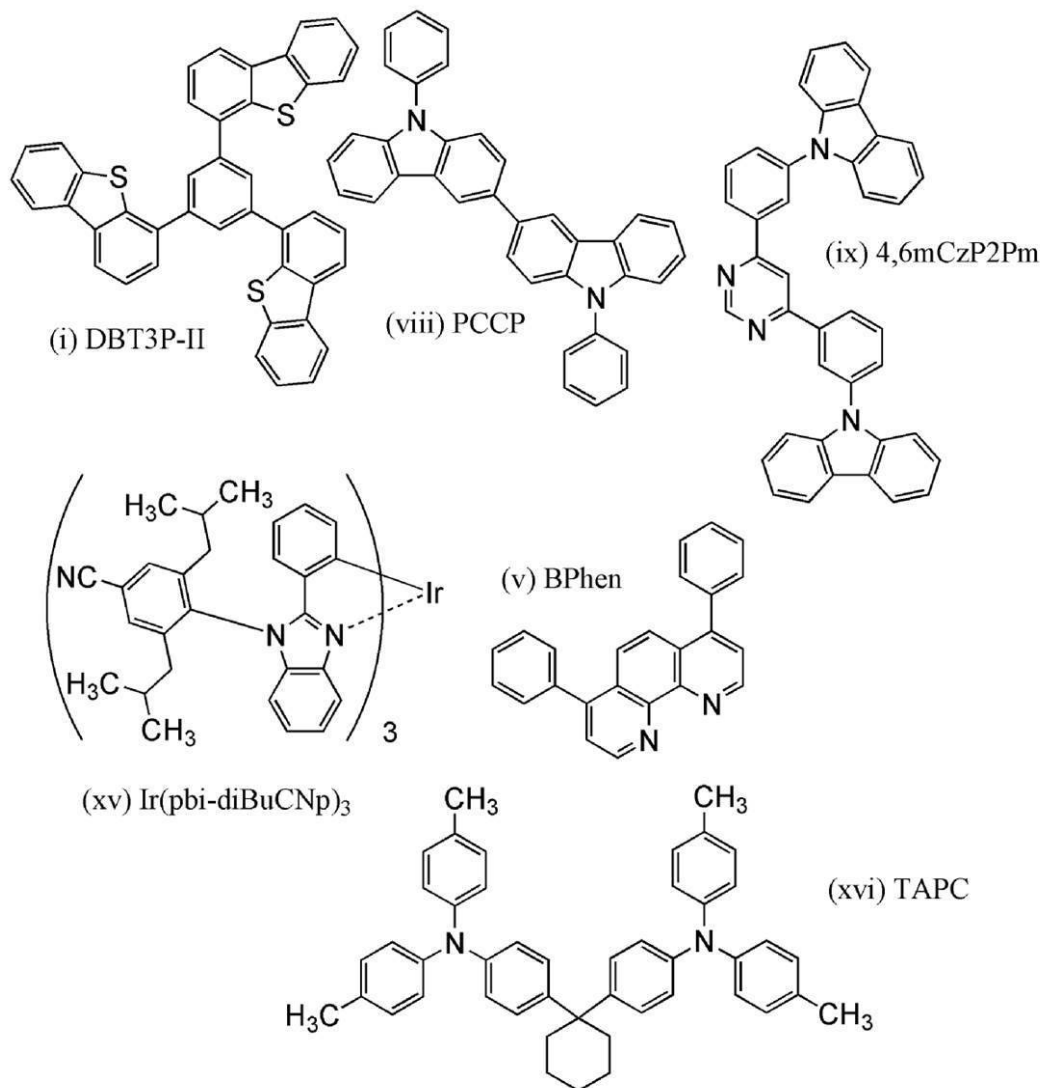
【実施例 4】

【 0 2 8 6 】

本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光素子である発光素子 7 と、参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 について説明する。発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【 0 2 8 7 】

## 【化 6】



10

20

30

## 【 0 2 8 8 】

(発光素子 7 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、陽極 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 9 】

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 9 0 】

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。

40

## 【 0 2 9 1 】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 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、陽極 101 上に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、上記構造式 (xvi) で表される 1, 1'-ビス-[4-ビス(4-メチルフェニル)-アミノ-フェニル]-シクロヘキサン (略称: TAPC) と、酸化モリブデン (VI) とを重量比で 2 : 0.5 (= TAPC : 酸化モリブデン) となるように 35 nm 共蒸着して第 1 の層を形成し、続いて上記構造式 (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-

50

II)と酸化モリブデン(VI)とを重量比で2:0.5(=DBTP-II:酸化モリブデン)となるように10nm共蒸着して第2の層を形成して、正孔注入層111を形成した。

#### 【0292】

次に、正孔注入層111上に、上記構造式(viii)で表される3,3'-ビス(9-フェニル-9H-カルバゾール)(略称:PCCP)を膜厚20nmとなるように蒸着して正孔輸送層112を形成した。

#### 【0293】

続いて、上記構造式(ix)で表される4,6-ビス[3-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]ピリミジン(略称:4,6mCzP2Pm)と、PCCPと、上記構造式(xv)で表されるトリス[2-{1-(4-シアノ-2,6-ジイソプロチルフェニル)-1H-ベンゾイミダゾール-2イル-N3}フェニル-C]イリジウム(III)(略称:[Ir(pbi-diBuCNp)<sub>3</sub>])とを、重量比0.5:0.5:0.1(=4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(pbi-diBuCNp)<sub>3</sub>])となるように20nm共蒸着した後、重量比0.8:0.2:0.1(=4,6mCzP2Pm:PCCP:[Ir(pbi-diBuCNp)<sub>3</sub>])となるように20nm共蒸着して発光層113を形成した。

10

#### 【0294】

その後、発光層113上に4,6mCzP2Pmを20nm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。

20

#### 【0295】

電子輸送層114を形成した後、フッ化リチウム(LiF)を膜厚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膜厚200nmとなるように蒸着することで陰極102を形成して本実施例の発光素子7を作製した。

#### 【0296】

(参考発光素子7-1の作製方法)

参考発光素子7-1は、発光素子7における正孔注入層111を、DBTP-IIと酸化モリブデン(VI)を重量比2:0.5(=DBTP-II:酸化モリブデン)となるように35nm共蒸着して形成した他は発光素子7と同様に作製した。

30

#### 【0297】

(参考発光素子7-2の作製方法)

比較発光素子7-2は、発光素子7における第1の層をDBTP-IIと酸化モリブデン(VI)を重量比2:0.5(=DBTP-II:酸化モリブデン)となるように3nm共蒸着して形成した他は発光素子7と同様に作製した。

#### 【0298】

(参考発光素子7-3の作製方法)

参考発光素子7-3は発光素子7における第2の層を形成しない構造とした他は発光素子7と同様に形成した。

40

#### 【0299】

発光素子7および参考発光素子7-1乃至参考発光素子7-3の素子構造を以下の表にまとめる。

#### 【0300】

【表 6】

	正孔注入層		正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層
	35nm	10nm	20nm	20nm/20nm	20nm	10nm	1nm
参考発光素子 7-1	DBT3P-II: MoO <sub>x</sub> (2:0.5)	-	PCCP	4,6mCzP2Pm: PCCP: Ir(pbi-diBuCNp) <sub>3</sub> (0.5:0.5:0.1/0.8:0.2:0.1)	4,6mCzP2Pm	BPhen	LiF
参考発光素子 7-2		DBT3P-II: MoO <sub>x</sub> (2:0.5)					
参考発光素子 7-3	TAPC: MoO <sub>x</sub> (2:0.5)	-					
発光素子 7		DBT3P-II: MoO <sub>x</sub> (2:0.5)					

10

## 【0301】

発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業（シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理）を行った後、これら発光素子の初期特性及び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。

20

## 【0302】

発光素子 7 および参考発光素子 7 - 1 乃至参考発光素子 7 - 3 の輝度 - 電流密度特性を図 35 に、電流効率 - 輝度特性を図 36 に、輝度 - 電圧特性を図 37 に、電流 - 電圧特性を図 38 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 39 に、発光スペクトルを図 40 に、規格化輝度 - 時間変化特性を図 41 に示す。また、各発光素子の 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 4 - 2 に示す。

## 【0303】

30

【表 7】

	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 (%)
参考発光素子 7-1	3.0	0.02	0.5	0.31	0.65	119.8	33.2 (28.9)
参考発光素子 7-2	3.0	0.02	0.5	0.33	0.64	116.0	32.2 (30.5)
参考発光素子 7-3	3.3	0.03	0.7	0.31	0.65	128.4	35.4 (31.5)
発光素子 7	3.0	0.02	0.5	0.33	0.63	117.5	32.6 (31.8)

40

## 【0304】

参考発光素子 7 - 3 および発光素子 7 は、第 1 の層として TAPC と酸化モリブデンの共蒸着膜を用いている。TAPC の 532 nm 付近の屈折率は 1.67 であり、正孔輸送性を有する有機化合物としては低い値をしている。なお、発光素子 7 - 1 および参考発光素子 7 - 2 の第 1 の層、および第 2 の層に用いられている DBT3P-II の 532 nm 付近の屈折率は 1.83 である。

## 【0305】

発光素子内に、屈折率の低い層を形成することによって、発光効率が向上することが報告

50

されている（例えば非特許文献 1 参照）。屈折率の低い有機化合物である T A P C を用いることで、そのような屈折率の低い層を発光層内に形成することができる。ここで、参考発光素子 7 - 1 と参考発光素子 7 - 3 を比較すると、これらの素子構造の違いは、第 1 の層における有機化合物の違いだけであるが、第 1 の層に T A P C を用いた参考発光素子 7 - 3 の発光効率の方が高くなっているのがわかる。同様に参考発光素子 7 - 2 と発光素子 7 を比較すると、発光素子 7 の効率が高い。なお、参考発光素子 7 - 1 と参考発光素子 7 - 2 とを比較すると参考発光素子 7 - 1 の方の発光効率が高いのは、第 2 の層の有無による光路長の違いによるものであり、参考発光素子 7 - 3 と発光素子 7 の発光効率の違いも同様の理由による。

【 0 3 0 6 】

ここで、屈折率の小さい有機化合物は、キャリアの輸送性が低く、キャリアの注入性が小さい（H O M O 準位が浅い）傾向がある。第 1 の層に屈折率の小さい有機化合物である T A P C を用い、第 2 の層を形成しない発光素子である参考発光素子 7 - 3 においても、図 3 7 より、駆動電圧の上昇が見られている。また、図 4 1 から、参考発光素子 7 - 3 は寿命も低下していることがわかる。

【 0 3 0 7 】

しかし一方で、同じく T A P C を第 1 の層に用いた素子である発光素子 7 は、参考発光素子 7 - 1 および参考発光素子 7 - 2 と同様の低い駆動電圧と良好な寿命を呈しており、第 2 の層を形成することによって、T A P C を用いたことによる寿命の低下および駆動電圧の上昇をほぼ抑制することが可能であることがわかった。

【 0 3 0 8 】

この際、第 2 の層に用いられる正孔輸送性を有する有機化合物は、第 1 の層に用いた正孔輸送性を有する有機化合物よりも H O M O 準位の深い材料を用いることが好ましい。

【 実施例 5 】

【 0 3 0 9 】

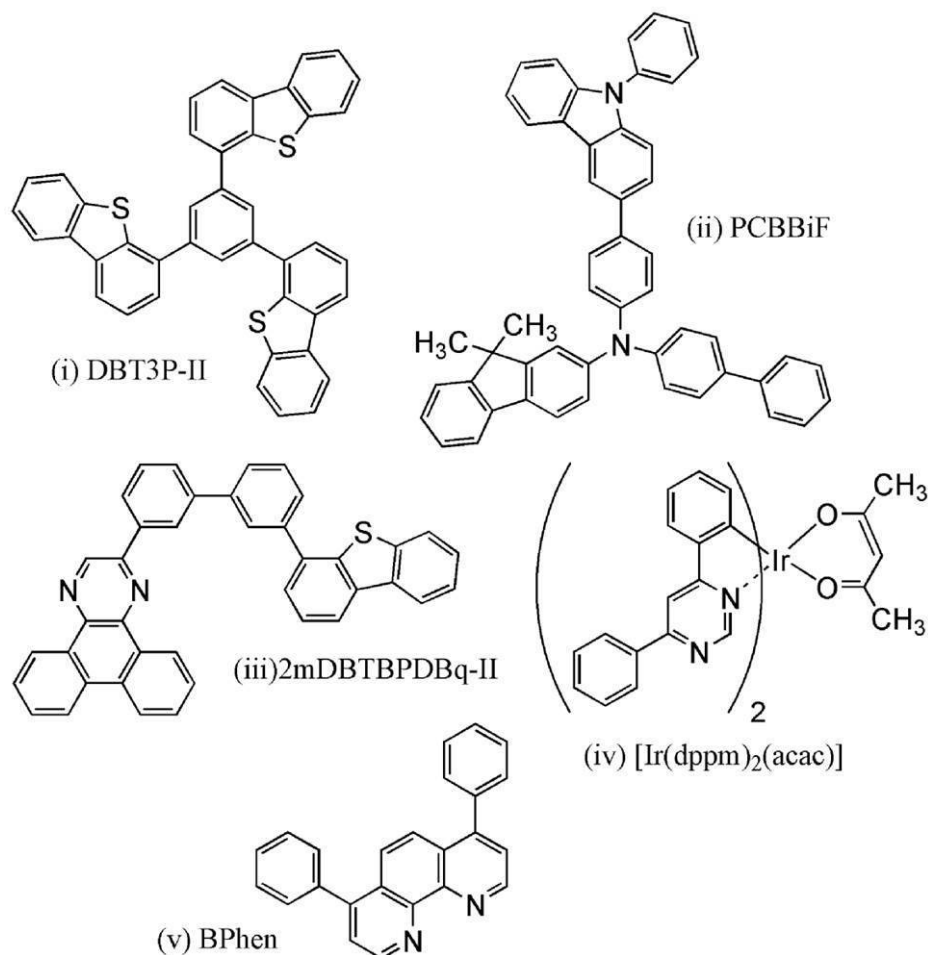
本実施例では、本実施例では、実施の形態で説明した本発明の一態様の発光素子である発光素子 8 - 1 と発光素子 8 - 2 について説明する。発光素子 8 - 1 および発光素子 8 - 2 で用いた有機化合物の構造式を以下に示す。

【 0 3 1 0 】

10

20

## 【化 7】



10

20

## 【0311】

(発光素子 8 - 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、陽極 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。

30

## 【0312】

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。

## 【0313】

その後、 $1.0 \times 10^{-4}$  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。

## 【0314】

次に、陽極 101 が形成された面が下方となるように、陽極 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、陽極 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''-トリ(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリ(ジベンゾチオフェン) (略称: 酸化モリブデン (VI)) とを重量比で 2 : 1 (= DBT3P-II : 酸化モリブデン) となるように 5 nm 共蒸着して第 3 の層を形成した後、フッ化カルシウム ( $\text{CaF}_2$ ) と、DBT3P-II と、酸化モリブデンとを、重量比で 3 : 1 : 0.5 (=  $\text{CaF}_2$  : DBT3P-II : 酸化モリブデン) となるように 50 nm 共蒸着して第 1 の層を形成し、さらに、DBT3P-II と酸化モリブデンとを、重量比で 2 : 0.5 (= DBT3P-II : 酸化モリブデン) となるように 5 nm 共蒸着し、第 2 の層を形成した正孔注入層 111 を形成した。

40

50

## 【0315】

次に、正孔注入層 111 上に、上記構造式 (ii) 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) を膜厚 20 nm となるように蒸着して正孔輸送層 112 を形成した。

## 【0316】

続いて、上記構造式 (iii) 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: 2mDBTPDBq - II) と、PCBBiF と、上記構造式 (iv) で表される (アセチルアセトナト) ビス (4, 6 - ジフェニルピリミジナト) イリジウム (III) (略称: [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] ) とを重量比 0.7 : 0.3 : 0.06 (= 2mDBTPDBq - II : PCBBiF : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] ) となるように 20 nm 共蒸着した後、重量比 0.8 : 0.2 : 0.06 (= 2mDBTPDBq - II : PCBBiF : [Ir(dppm)<sub>2</sub>(acac)] ) となるように 20 nm 共蒸着して発光層 113 を形成した。

## 【0317】

その後、発光層 113 上に、2mDBTPDBq - II を 25 nm 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 10 nm となるように蒸着して、電子輸送層 114 を形成した。

## 【0318】

電子輸送層 114 を形成した後、フッ化リチウム (LiF) を膜厚 1 nm となるように蒸着することで電子輸送層を形成し、続いて、アルミニウムを 200 nm の膜厚となるように蒸着することで陰極 102 を形成した、本実施例の発光素子 8 - 1 を作製した。

## 【0319】

(発光素子 8 - 2 の作製方法)

発光素子 8 - 2 は、発光素子 8 - 1 における第 3 の層を形成しなかった他は、発光素子 1 と同様に作製した。

## 【0320】

発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の素子構造を以下の表にまとめる。

## 【0321】

## 【表 8】

	正孔注入層			正孔輸送層	発光層	電子輸送層		電子注入層
	5nm	50nm	5nm	20nm	20nm/20nm	25nm	10nm	1nm
発光素子 8-1	DBT3P-II : MoOx (2:1)	CaF <sub>2</sub> : PCBBiF : MoOx (3:1:0.5)	DBT3P-II : MoOx (2:0.5)	PCBBiF	2mDBTPDBq-II : PCBBiF : Ir(dppm) <sub>2</sub> (acac) (0.7:0.3:0.06/0.8:0.2:0.06)	2mDBTPDBq-II	BPhen	LiF
発光素子 8-2	—							

## 【0322】

発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 を、窒素雰囲気グローブボックス内において、発光素子が大気に曝されないようにガラス基板により封止する作業 (シール材を素子の周囲に塗布し、封止時に UV 処理、80℃にて 1 時間熱処理) を行った後、これら発光素子の初期特性及び信頼性について測定を行った。なお、測定は室温で行った。

## 【0323】

発光素子 8 - 1、発光素子 8 - 2 の輝度 - 電流密度特性を図 42 に、電流効率 - 輝度特性を図 43 に、輝度 - 電圧特性を図 44 に、電流 - 電圧特性を図 45 に、外部量子効率 - 輝度特性を図 46 に、発光スペクトルを図 47 に示す。また、各発光素子の 1000 cd/m<sup>2</sup> 付近における主要な特性を表 9 に示す。

【 0 3 2 4 】

【 表 9 】

	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 8-1	2.6	0.02	0.4	0.55	0.45	95.6	35.3
発光素子 8-2	2.7	0.03	0.8	0.54	0.46	98.2	35.6

【 0 3 2 5 】

10

第3の層を形成した発光素子8-1および形成しない発光素子8-2共に良好な特性を有する発光素子であるが、図や表より、発光素子8-1は第3の層の存在によって、駆動電圧が若干ではあるが減少することがわかった。

【 符号の説明 】

【 0 3 2 6 】

1 0	陽極	
1 1	陰極	
1 2	有機化合物を含む層	
1 3	第1の層	
1 4	第2の層	20
1 0 1	陽極	
1 0 2	陰極	
1 0 3	E L 層	
1 1 1	正孔注入層	
1 1 2	正孔輸送層	
1 1 3	発光層	
1 1 4	電子輸送層	
1 1 5	電子注入層	
1 1 6	電荷発生層	
1 1 7	P 型層	30
1 1 8	電子リレー層	
1 1 9	電子注入バッファ層	
4 0 0	基板	
4 0 1	陽極	
4 0 3	E L 層	
4 0 4	陰極	
4 0 5	シール材	
4 0 6	シール材	
4 0 7	封止基板	
4 1 2	パッド	40
4 2 0	I C チップ	
5 0 1	陽極	
5 0 2	陰極	
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）	
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	50

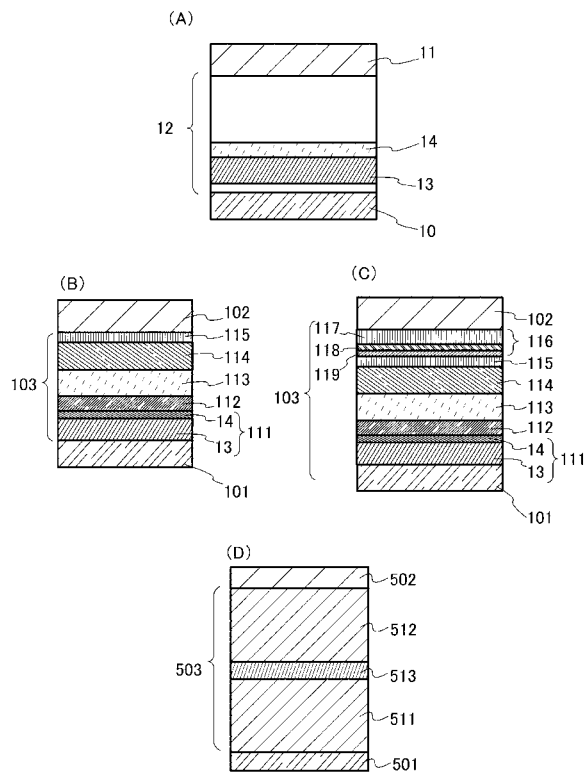


6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 F E T	
6 1 2	電流制御用 F E T	
6 1 3	陽極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	E L 層	10
6 1 7	陰極	
6 1 8	発光素子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	E L 層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	
1 0 0 2	下地絶縁膜	20
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 6	ゲート電極	
1 0 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	陽極	
1 0 2 4 R	陽極	
1 0 2 4 G	陽極	30
1 0 2 4 B	陽極	
1 0 2 5	隔壁	
1 0 2 8	E L 層	
1 0 2 9	陰極	
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	40
1 0 3 5	ブラックマトリクス	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 3 7	第 3 の層間絶縁膜	
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	
2 1 0 0	ロボット	
2 1 1 0	演算装置	50

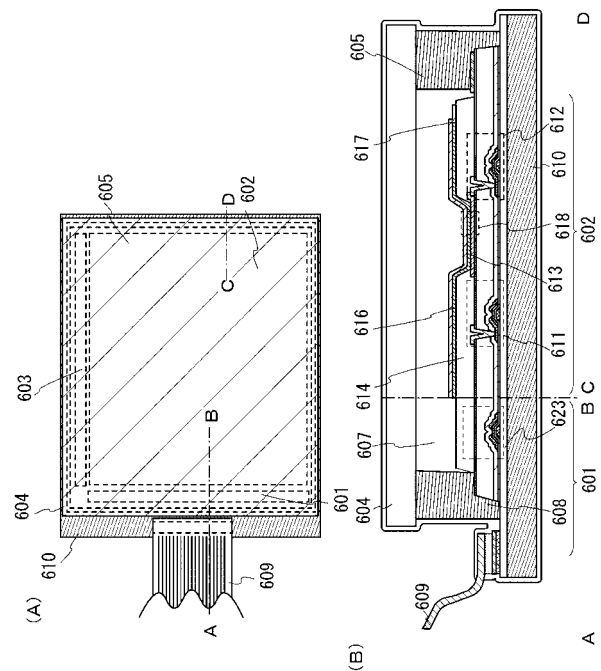
2 1 0 1	照度センサ	
2 1 0 2	マイクロフォン	
2 1 0 3	上部カメラ	
2 1 0 4	スピーカ	
2 1 0 5	ディスプレイ	
2 1 0 6	下部カメラ	
2 1 0 7	障害物センサ	
2 1 0 8	移動機構	
3 0 0 1	照明装置	
4 0 0 0	基板	10
4 0 0 1	層	
4 0 0 2 a	基板	
4 0 0 2 a '	蒸着源	
4 0 0 2 b	蒸着源	
4 0 0 2 b '	蒸着源	
4 0 0 2 c	蒸着源	
5 0 0 0	筐体	
5 0 0 1	表示部	
5 0 0 2	第 2 の表示部	
5 0 0 3	スピーカ	20
5 0 0 4	L E D ランプ	
5 0 0 5	操作キー	
5 0 0 6	接続端子	
5 0 0 7	センサ	
5 0 0 8	マイクロフォン	
5 0 1 2	支持部	
5 0 1 3	イヤホン	
5 1 0 0	掃除ロボット	
5 1 0 1	ディスプレイ	
5 1 0 2	カメラ	30
5 1 0 3	ブラシ	
5 1 0 4	操作ボタン	
5 1 5 0	携帯情報端末	
5 1 5 1	筐体	
5 1 5 2	表示領域	
5 1 5 3	屈曲部	
5 1 2 0	ゴミ	
5 2 0 0	表示領域	
5 2 0 1	表示領域	
5 2 0 2	表示領域	40
5 2 0 3	表示領域	
7 1 0 1	筐体	
7 1 0 3	表示部	
7 1 0 5	スタンド	
7 1 0 7	表示部	
7 1 0 9	操作キー	
7 1 1 0	リモコン操作機	
7 2 0 1	本体	
7 2 0 2	筐体	
7 2 0 3	表示部	50

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 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
7 4 0 0	携帯電話機
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

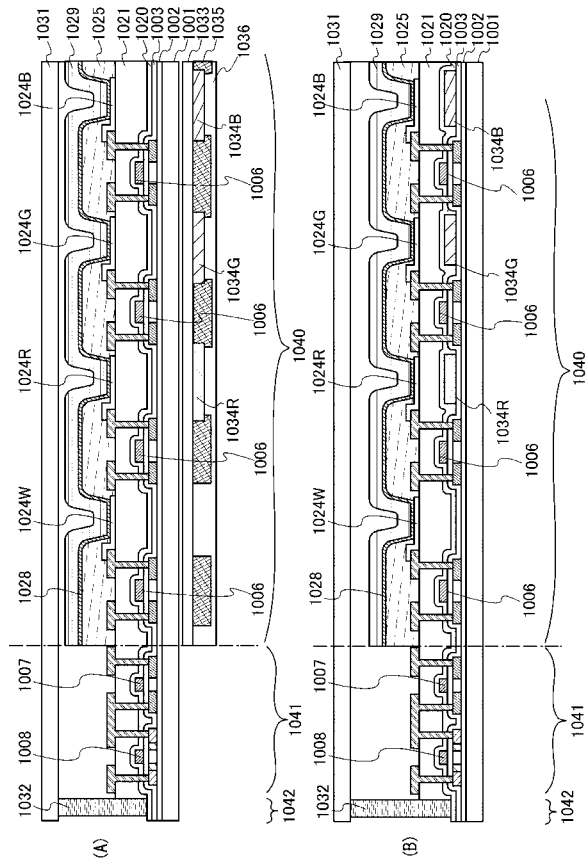
【 図 1 】



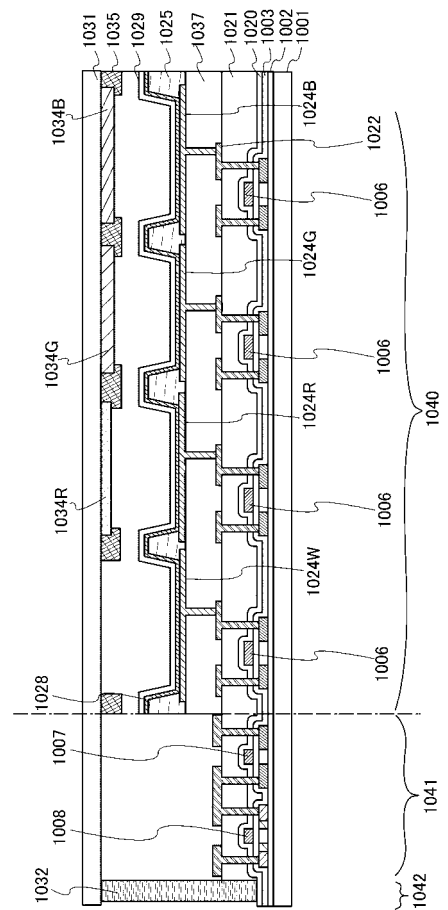
【 図 2 】



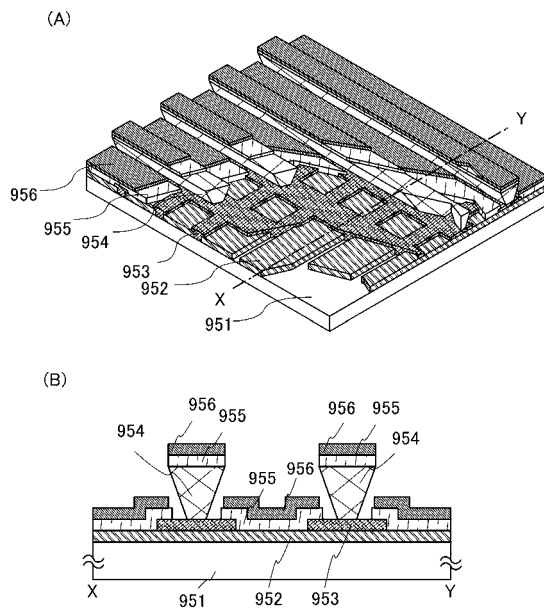
【図 3】



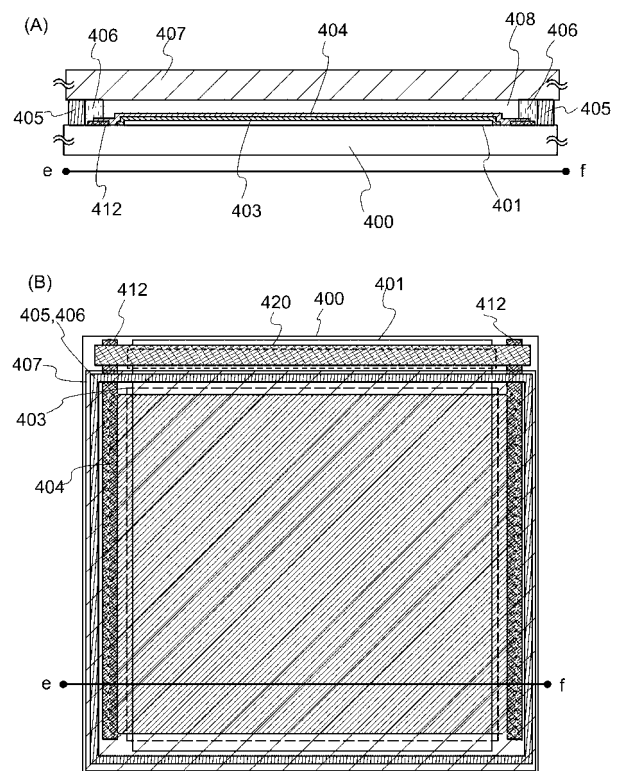
【図 4】



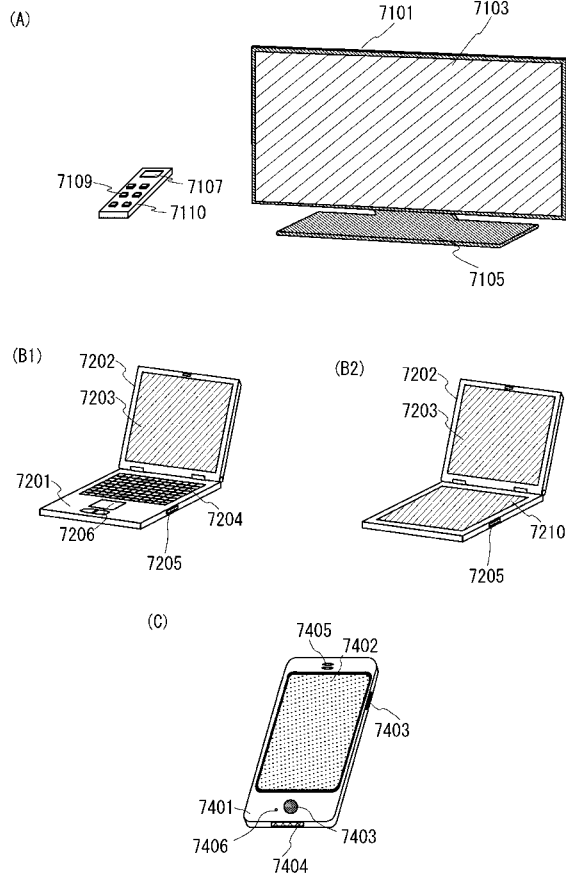
【図 5】



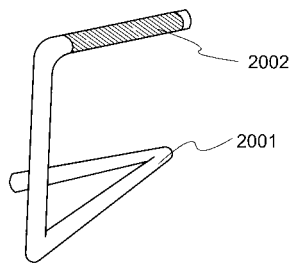
【図 6】



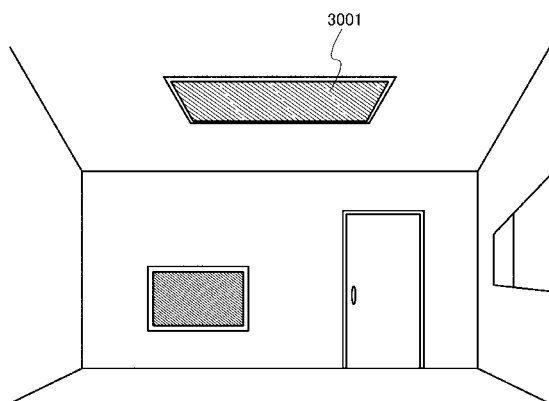
【図 7】



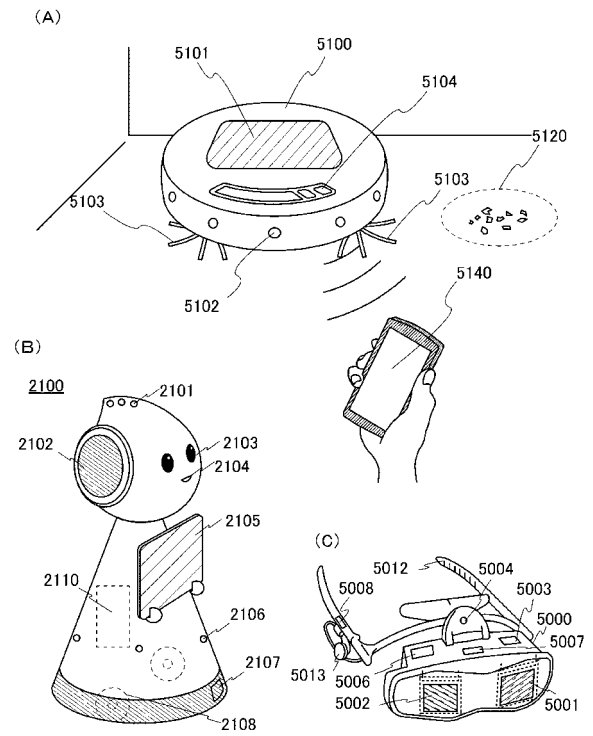
【図 9】



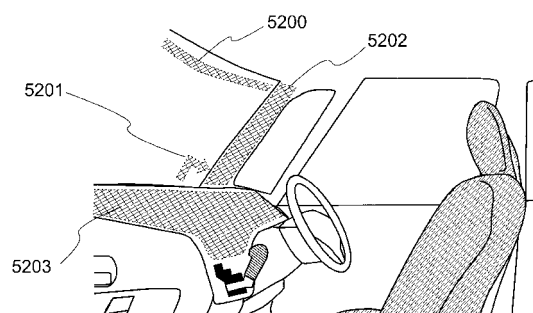
【図 10】



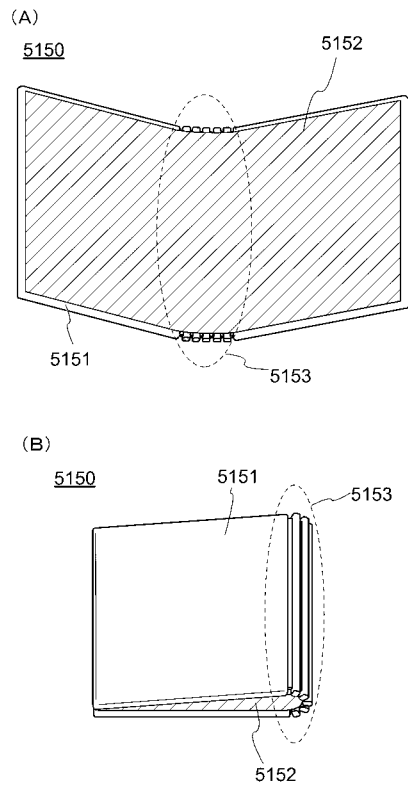
【図 8】



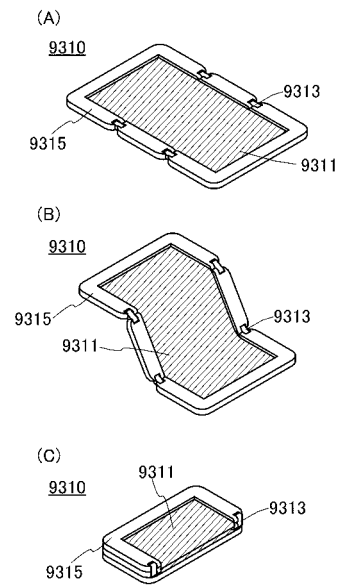
【図 11】



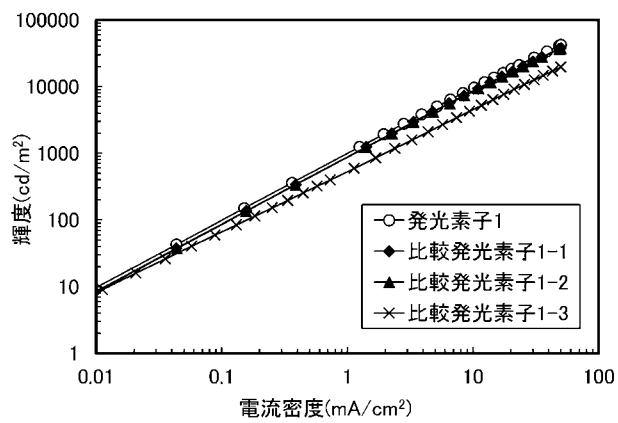
【図 1 2】



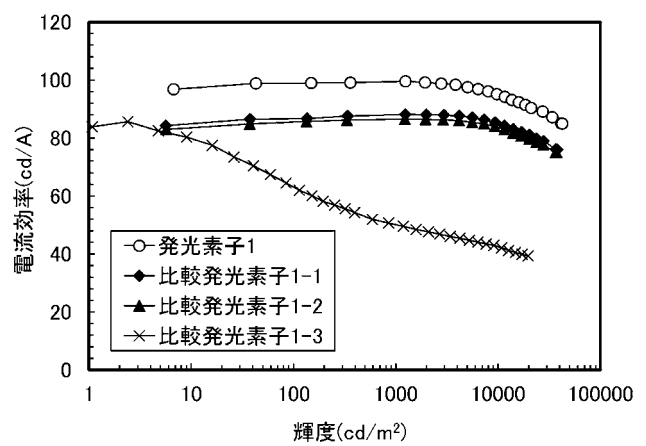
【図 1 3】



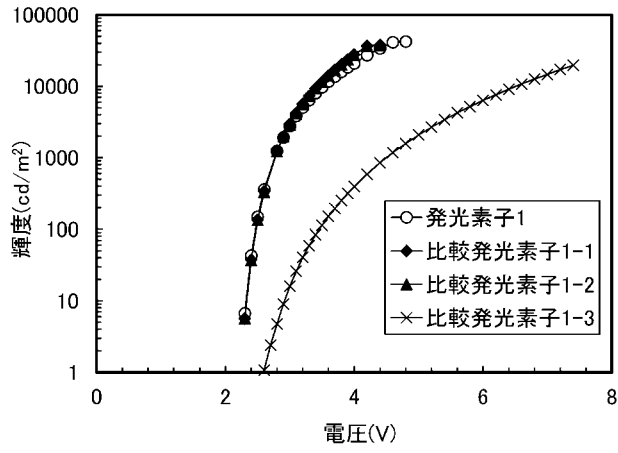
【図 1 4】



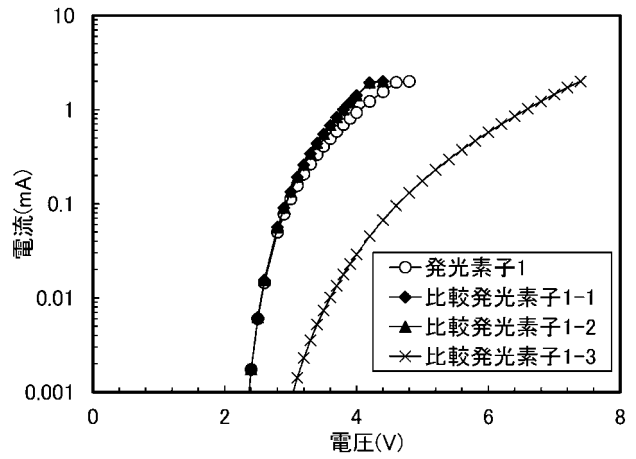
【図 1 5】



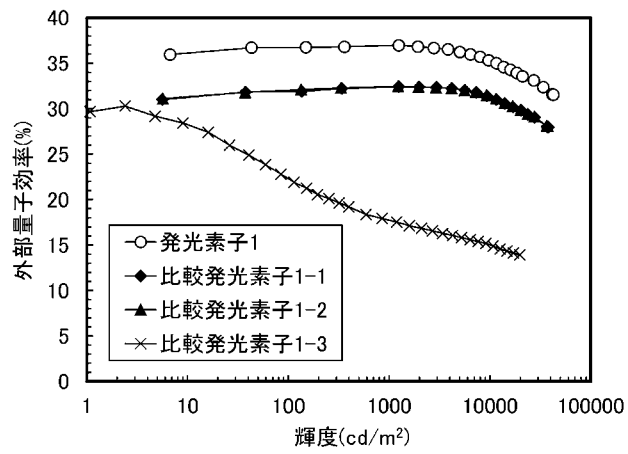
【図 1 6】



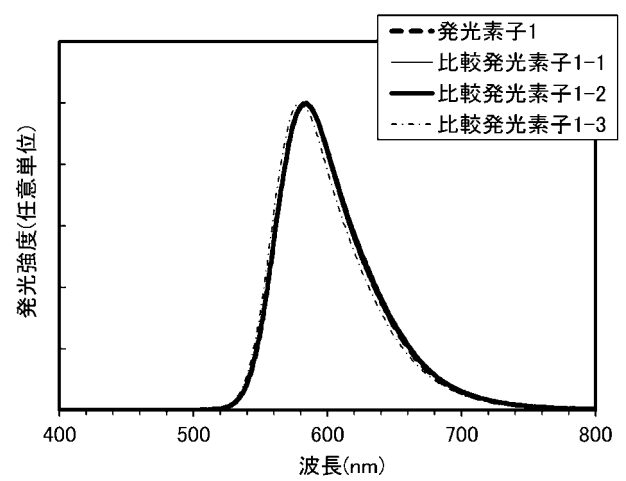
【図 1 7】



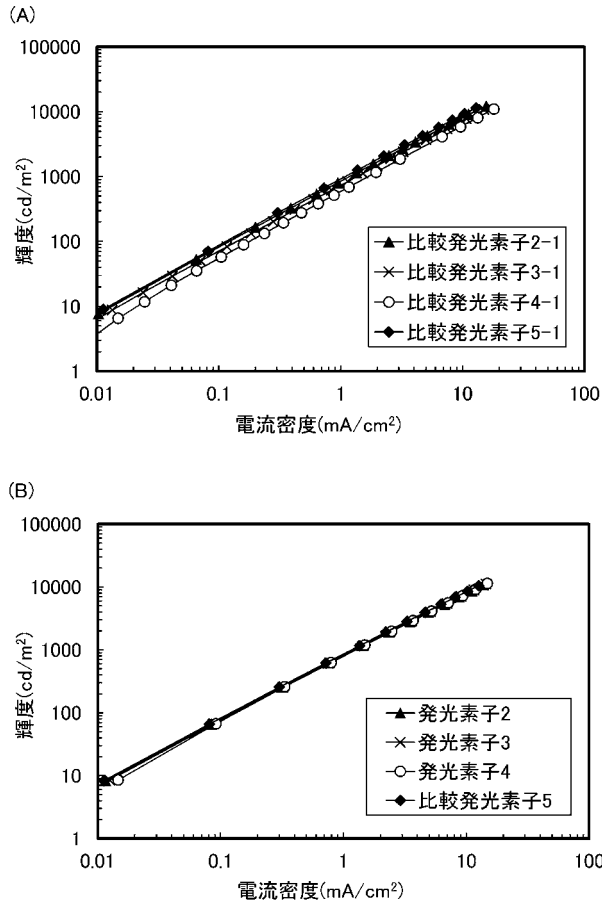
【図 1 8】



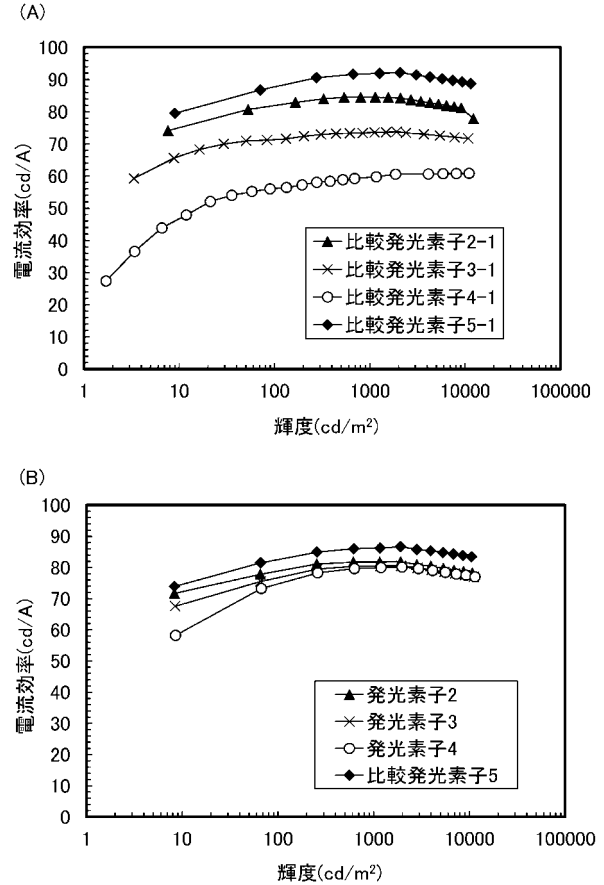
【図 1 9】



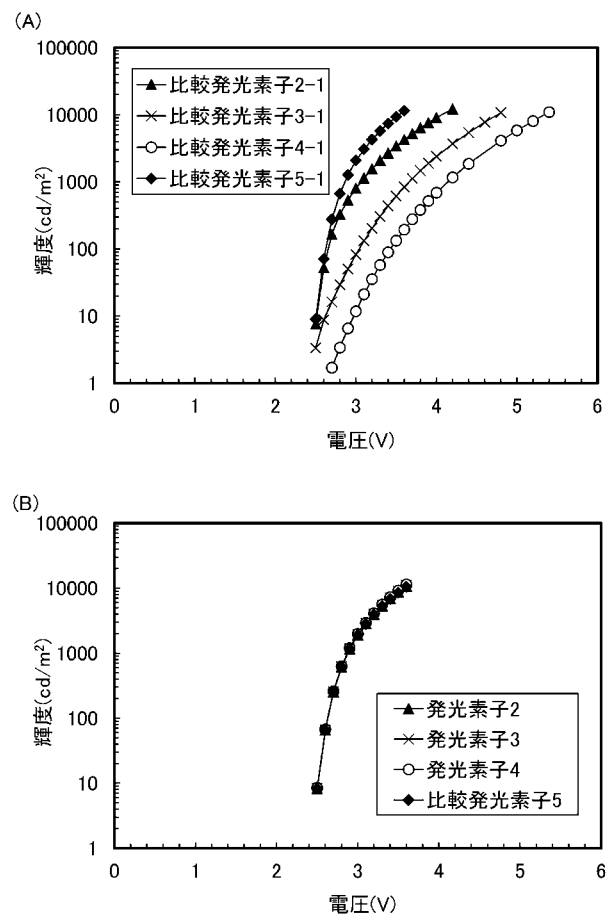
【図 2 0】



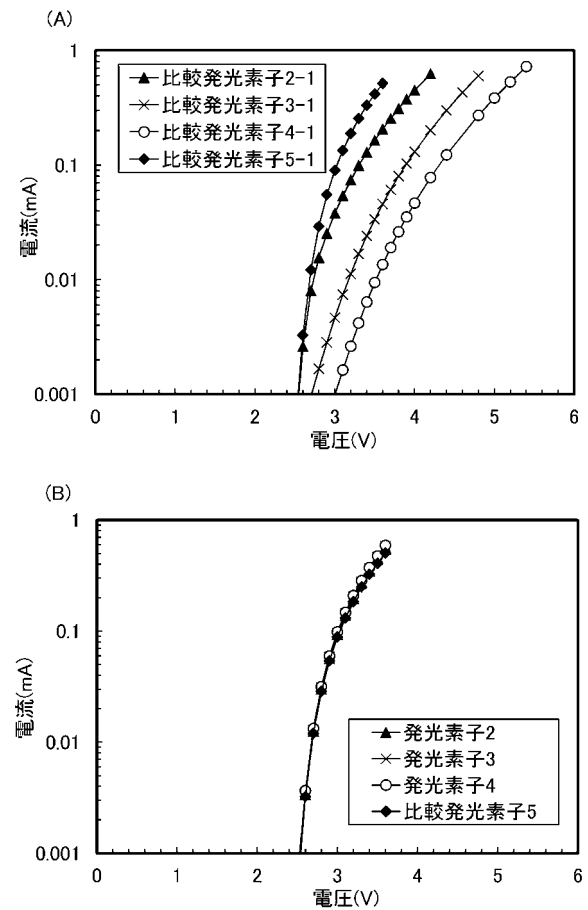
【図 2 1】



【図 2 2】

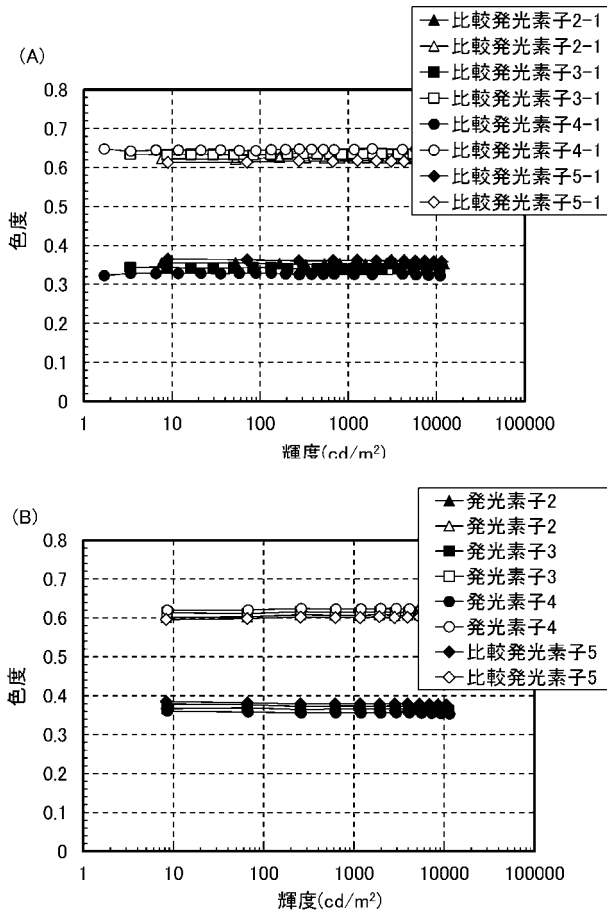


【図 2 3】

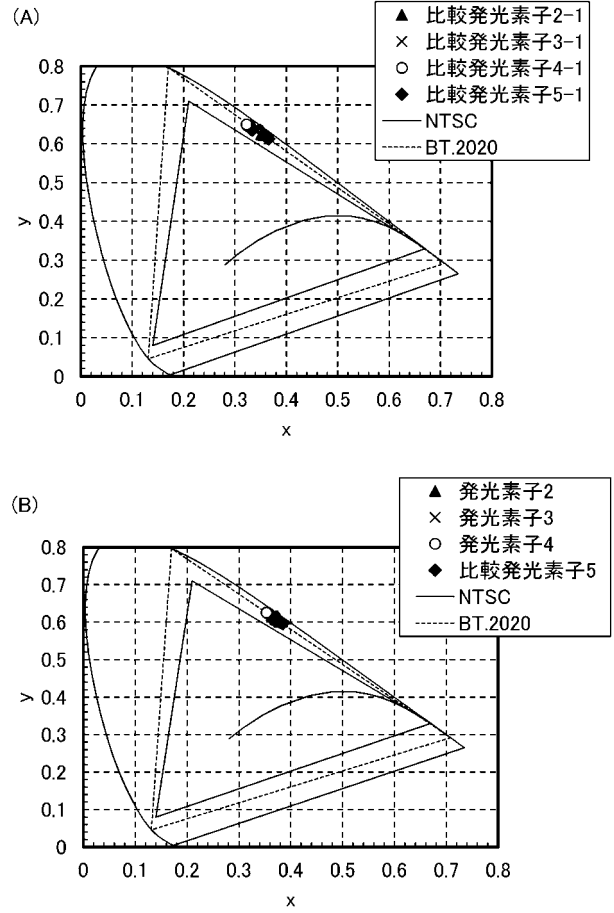




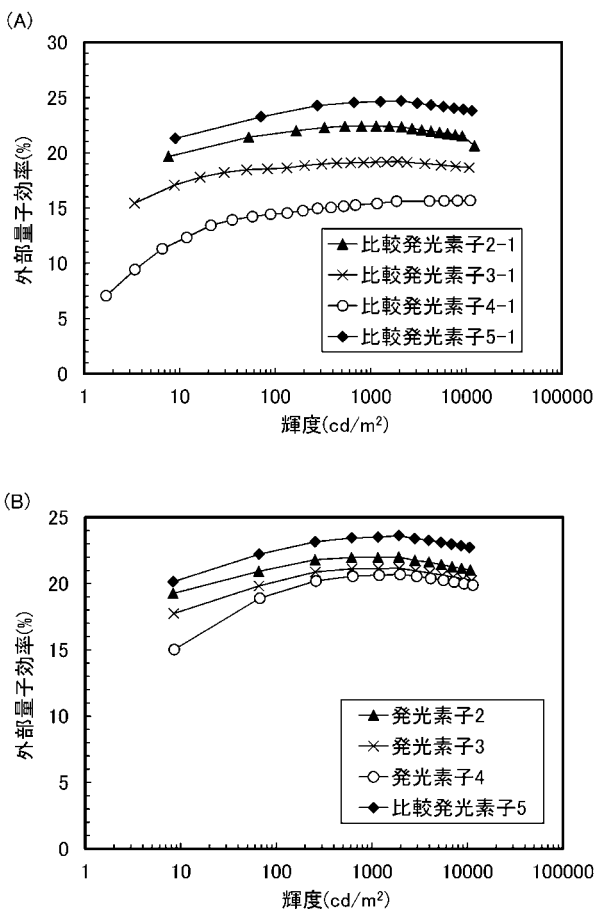
【図 2 4】



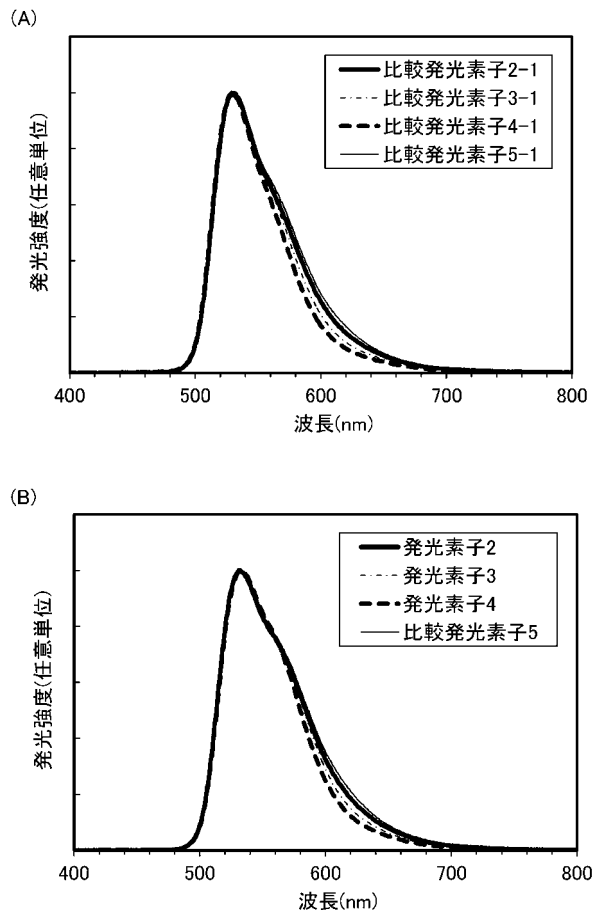
【図 2 5】



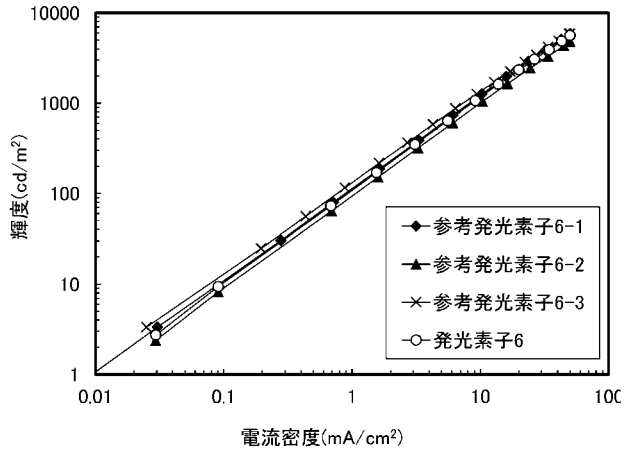
【図 2 6】



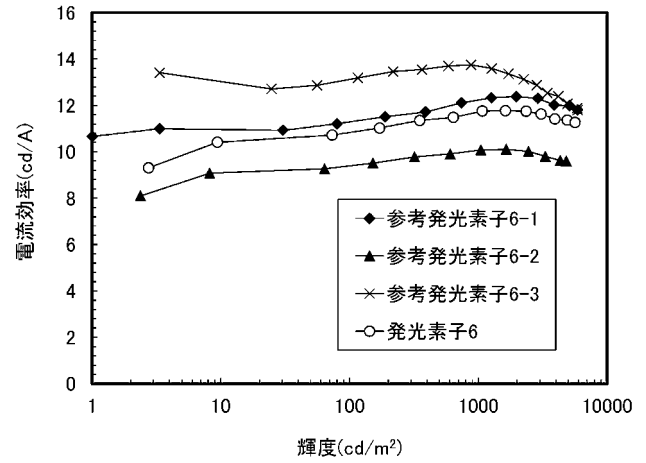
【図 2 7】



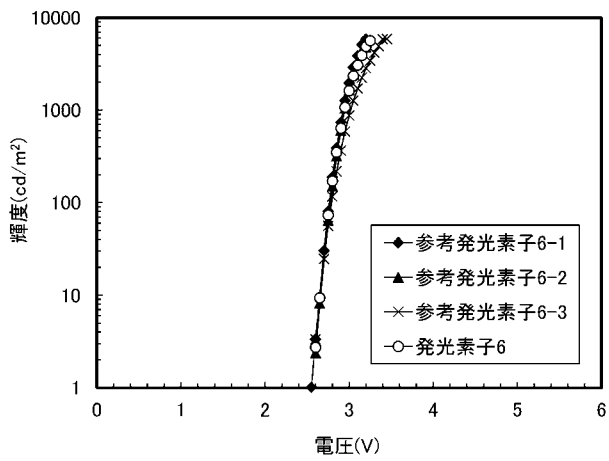
【 図 2 8 】



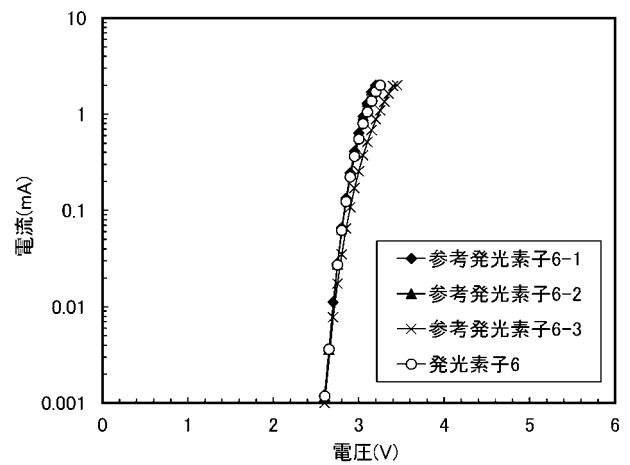
【 図 2 9 】



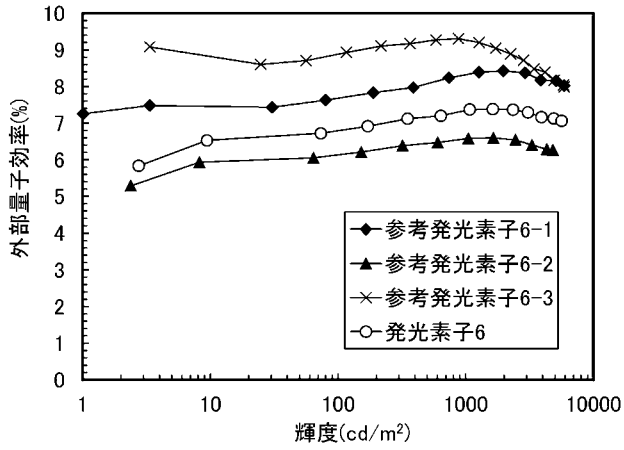
【 図 3 0 】



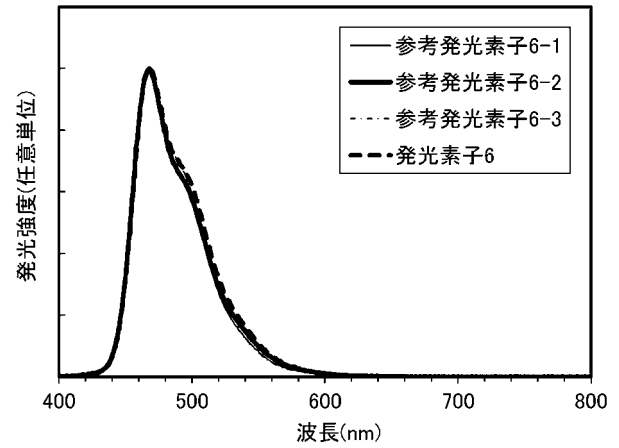
【 図 3 1 】



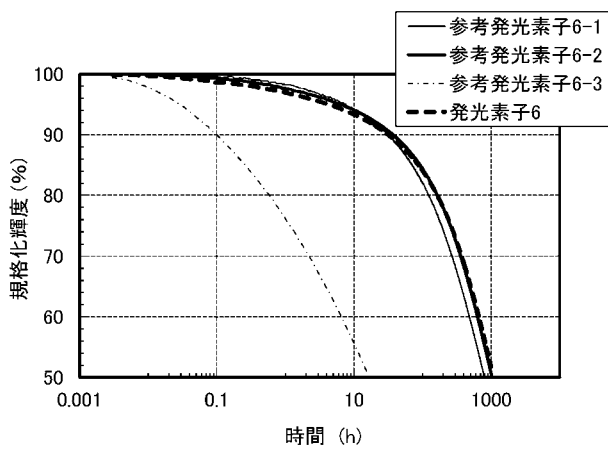
【図 3 2】



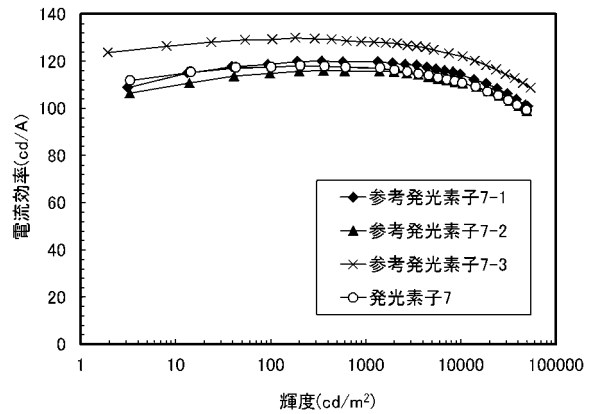
【図 3 3】



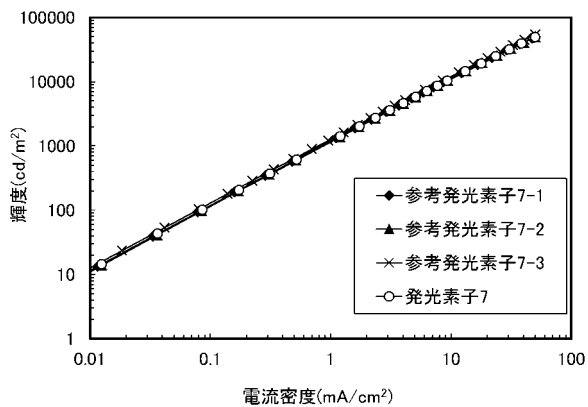
【図 3 4】



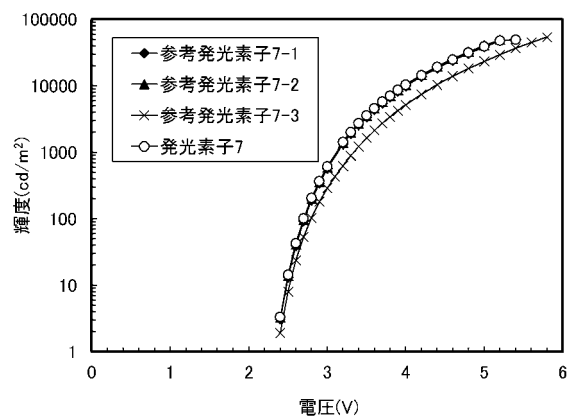
【図 3 6】



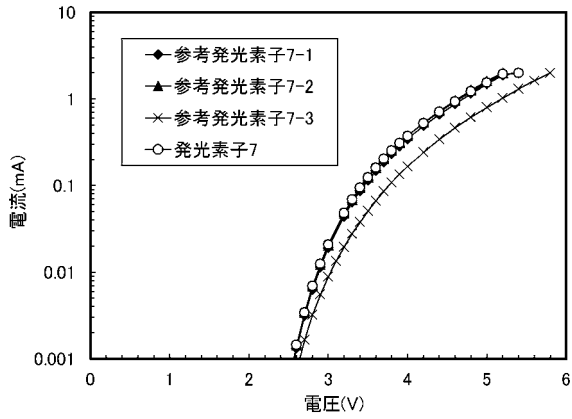
【図 3 5】



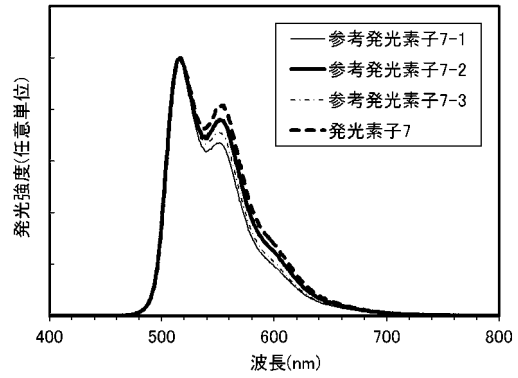
【図 3 7】



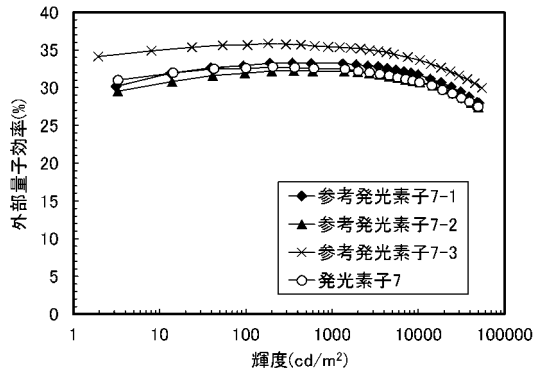
【図 3 8】



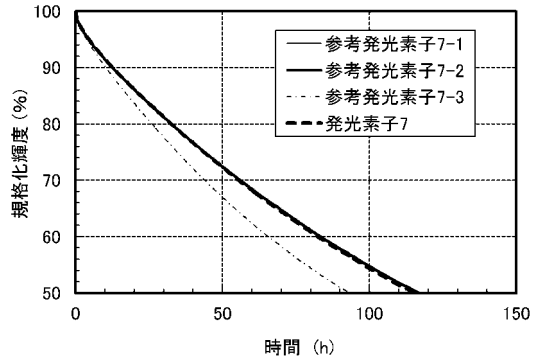
【図 4 0】



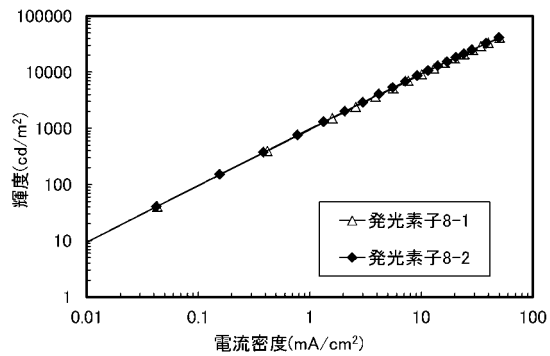
【図 3 9】



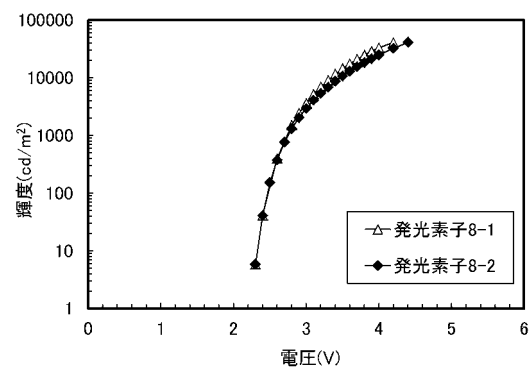
【図 4 1】



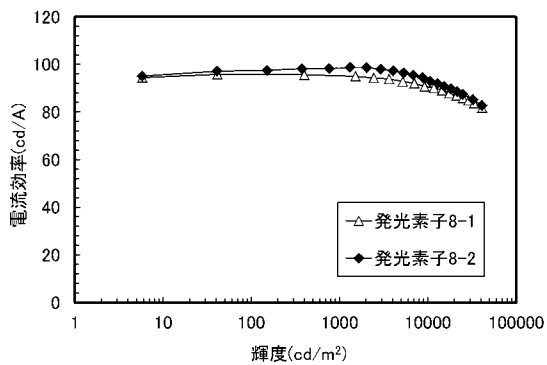
【図 4 2】



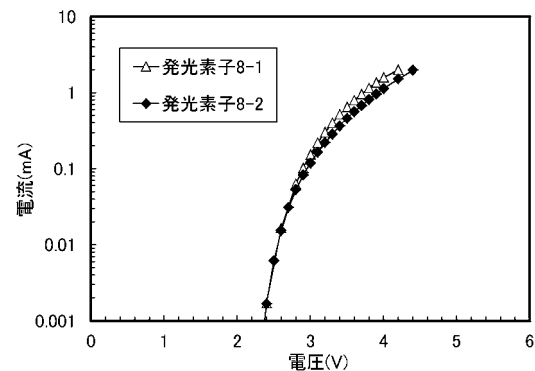
【図 4 4】



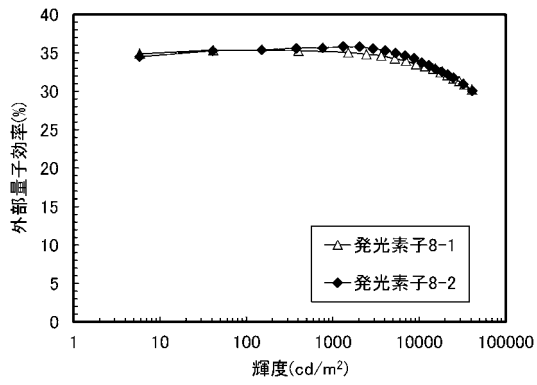
【図 4 3】



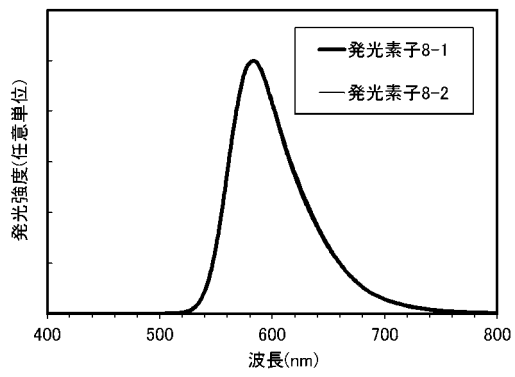
【図 4 5】



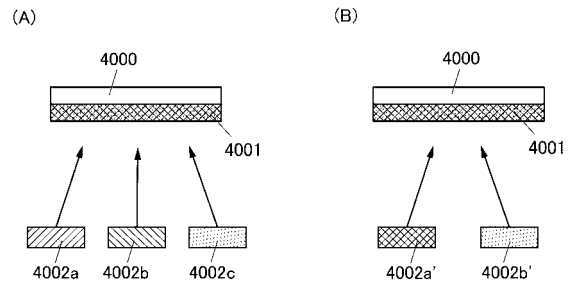
【図 4 6】



【図 4 7】



【図 4 8】



## フロントページの続き

(51)Int.Cl.	F I			テーマコード ( 参考 )		
<b>F 2 1 S 8/02 (2006.01)</b>	F 2 1 S	2/00	4 8 2			
<b>F 2 1 V 23/00 (2015.01)</b>	F 2 1 S	6/00	1 0 0			
<b>F 2 1 W 111/00 (2018.01)</b>	F 2 1 S	8/02	4 0 0			
<b>F 2 1 Y 105/00 (2016.01)</b>	F 2 1 V	23/00	1 1 3			
<b>F 2 1 Y 115/15 (2016.01)</b>	F 2 1 W	111:00				
	F 2 1 Y	105:00				
	F 2 1 Y	115:15				

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB01 BB02 BB08 CC04 CC07 CC12 CC14 CC21 CC45  
DD72 DD73 DD78 DD84 EE03 FF06 FF15 FF19  
3K243 MA03  
3K244 AA04 AA05 BA07 BA31 BA42 CA02 DA03  
5C094 AA10 AA22 AA37 BA03 BA27 CA19 DA13 DB04 FB01 FB12  
FB14 FB15 HA05 HA08 JA13