

(19) 日本国特許庁 (JP)

(12) 特 許 公 報 (B2)

(11) 特許番号

特許第5404170号
(P5404170)

(45) 発行日 平成26年1月29日 (2014. 1. 29)

(24) 登録日 平成25年11月8日 (2013. 11. 8)

(51) Int. Cl.

F I

H05B 33/12 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01)
H01L 27/32 (2006.01)

H05B 33/12 C
H05B 33/14 B
H05B 33/12 E
G09F 9/30 338
G09F 9/30 365Z

請求項の数 10 (全 50 頁)

(21) 出願番号 特願2009-114560 (P2009-114560)
(22) 出願日 平成21年5月11日 (2009. 5. 11)
(65) 公開番号 特開2009-302041 (P2009-302041A)
(43) 公開日 平成21年12月24日 (2009. 12. 24)
審査請求日 平成24年4月5日 (2012. 4. 5)
(31) 優先権主張番号 特願2008-130012 (P2008-130012)
(32) 優先日 平成20年5月16日 (2008. 5. 16)
(33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(73) 特許権者 000153878
株式会社半導体エネルギー研究所
神奈川県厚木市長谷398番地
(74) 代理人 100108741
弁理士 渡邊 順之
(72) 発明者 牛窪 孝洋
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
(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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子、照明装置、発光装置、電子機器及びディスプレイ

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

陽極と陰極と、

前記陽極及び前記陰極との間に位置する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側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、

前記第1の層は第1の発光物質を含み、

前記第2の層は第2の発光物質を含み、

前記第3の層は第3の発光物質を含み、

前記第4の層は第4の発光物質を含み、

前記第1の発光物質及び前記第4の発光物質の発光ピーク波長は前記第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第3の発光物質の発光ピーク波長は前記第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第1の層、前記第2の層及び前記第3の層は各々正孔輸送性を有し、前記第4の層は電子輸送性を有する発光素子。

【請求項 2】

陽極と陰極と、

前記陽極及び前記陰極との間に位置する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側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4

10

20

の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、

前記第 1 の層は第 1 の有機化合物と第 1 の発光物質を含み、

前記第 2 の層は第 2 の有機化合物と第 2 の発光物質を含み、

前記第 3 の層は第 3 の有機化合物と第 3 の発光物質を含み、

前記第 4 の層は第 4 の有機化合物と第 4 の発光物質を含み、

前記第 1 の発光物質及び前記第 4 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 3 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 3 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 2 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 1 の層、前記第 2 の層及び前記第 3 の層は各々正孔輸送性を有し、前記第 4 の層は電子輸送性を有する発光素子。

【請求項 3】

陽極と陰極と、

前記陽極及び前記陰極との間に位置する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側から順に第 1 の層、第 2 の層、第 3 の層及び第 4 の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、

前記第 1 の層は第 1 の発光物質を含み、

前記第 2 の層は第 2 の発光物質を含み、

前記第 3 の層は第 3 の発光物質を含み、

前記第 4 の層は第 4 の発光物質を含み、

前記第 1 の発光物質及び前記第 4 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 2 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 2 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 3 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 1 の層は正孔輸送性を有し、前記第 2 の層、前記第 3 の層及び前記第 4 の層は各々電子輸送性を有する発光素子。

【請求項 4】

陽極と陰極と、

前記陽極及び前記陰極との間に位置する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側から順に第 1 の層、第 2 の層、第 3 の層及び第 4 の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、

前記第 1 の層は第 1 の有機化合物と第 1 の発光物質を含み、

前記第 2 の層は第 2 の有機化合物と第 2 の発光物質を含み、

前記第 3 の層は第 3 の有機化合物と第 3 の発光物質を含み、

前記第 4 の層は第 4 の有機化合物と第 4 の発光物質を含み、

前記第 1 の発光物質及び前記第 4 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 2 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 2 の発光物質の発光ピーク波長は前記第 3 の発光物質の発光ピーク波長より短く、

前記第 1 の層は正孔輸送性を有し、前記第 2 の層、前記第 3 の層及び前記第 4 の層は各々電子輸送性を有する発光素子。

【請求項 5】

請求項 1 又は請求項 2 において、

前記第 1 の層が発する光のピーク波長が 400 nm から 480 nm の範囲内にあり、

前記第 2 の層が発する光のピーク波長が 580 nm から 700 nm の範囲内にあり、

前記第 3 の層が発する光のピーク波長が 490 nm から 560 nm の範囲内にあり、

前記第 4 の層が発する光のピーク波長が 400 nm から 480 nm の範囲内にある発光素子。

【請求項 6】

請求項 3 又は請求項 4 において、

前記第 1 の層が発する光のピーク波長が 4 0 0 n m から 4 8 0 n m の範囲内にあり、
前記第 2 の層が発する光のピーク波長が 4 9 0 n m から 5 6 0 n m の範囲内にあり、
前記第 3 の層が発する光のピーク波長が 5 8 0 n m から 7 0 0 n m の範囲内にあり、
前記第 4 の層が発する光のピーク波長が 4 0 0 n m から 4 8 0 n m の範囲内にある発光素子。

【請求項 7】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の発光素子を用いた照明装置。

【請求項 8】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項に記載の発光素子と、前記発光素子の発光を制御する手段を備えた発光装置。

10

【請求項 9】

請求項 8 に記載の発光装置を搭載した電子機器。

【請求項 10】

請求項 1 乃至請求項 6 のいずれか一項において、

前記発光素子が複数種あり、

発光層からの光が着色層を透過して外部へ出る発光素子と、

発光層からの光が着色層を透過せずに外部へ出る発光素子と、を有するディスプレイ。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

20

本発明は、少なくとも一部に有機化合物を用いた発光素子に関する。また、当該発光素子を備えた照明装置、発光装置、電子機器及びディスプレイに関する。

【背景技術】

【0002】

有機化合物を含む層を一对の電極間に有し、当該電極間に電流が流れることで発光を得ることができる発光素子を用いた発光装置の開発が進められている。このような発光装置は、現在薄型表示装置と呼ばれている表示装置と比較し、さらなる薄型軽量化が可能である。また、自発光であるため視認性も良く、応答速度も速い。そのため、次世代の表示装置として盛んに開発が進められ、現在、一部ではあるが実用化もなされている。

【0003】

30

このような発光素子は、有機化合物を含む層に含まれる発光中心となる材料によって様々な発光色を提供することができる。また、異なる発光色を呈する発光中心材料を含む層を積層することによって発光を重ね合わせ、さらに多くの発光色のバリエーションを得ることもできる。特に、赤、緑、青の光を重ね合わせたり、互いに補色となる発光色を重ね合わせたりすることによって得られる白色光は、ディスプレイなどの用途の他、バックライトや照明などに好適であり重要視されている（例えば非特許文献 1 及び非特許文献 2 参照）。

【0004】

このように利点の多い前記発光素子を用いた発光装置が一部の実用化に留まっている大きな理由の一つに、発光素子の劣化の問題がある。発光素子は同じ電流量を流していたとしても、駆動時間の蓄積に伴いその輝度が低下してゆく劣化を起こす。この劣化の度合いが、実製品として許容されうる程度である発光素子を得ることが、当該発光装置が広く普及するためには必要不可欠であり、駆動回路面、封止面、素子構造面や材料面など多くの側面から研究がなされている。

40

【0005】

また、当該発光素子の発光の効率も重要なファクターである。発光の効率が向上することによって、同じ色の光であれば所望の明るさを提供するための電力を低減することができる。すなわち、より小さいエネルギーで同じ明るさを得ることができれば、エネルギー問題が深刻化してきつつある今日、より付加価値の高い製品を提供することができる。さらに、発光の効率が向上すれば、同じ色の光であれば所望の明るさを得る為に発光素子に

50

流す電流が少なく済むことから、劣化の低減にも繋がる。異なる色間の比較は単純に比較することが出来ないが、量子効率が一つの目安となる。

【先行技術文献】

【非特許文献】

【0006】

【非特許文献1】安達千波矢監修，「有機ELのデバイス物理・材料化学・デバイス応用」，株式会社シーエムシー出版，2007年12月，p.257-267

【非特許文献2】Yin - Jui Luら，「Achieving Three-Peak White Organic Light-Emitting Devices Using Wavelength-Selective Mirror Electrodes」，SID07 Digest，2007年，p.1110-1113

10

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0007】

そこで、本発明の一態様では発光の効率が向上した発光素子を提供する事を課題とする。

また、本発明の一態様では駆動時間に対する劣化の度合いが改善された発光素子又は照明装置を提供することを課題とする。

【0008】

また、本発明の一態様では表示部における信頼性の高い発光装置又は電子機器を提供することを課題とする。

20

【0009】

また、本発明の一態様では発光色の調整が容易な発光素子又は照明装置を提供することを課題とする。

【0010】

また、本発明の一態様では表示品質の高い発光装置又は電子機器を提供することを課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0011】

本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含み、第2の層は第2の発光物質を含み、第3の層は第3の発光物質を含み、第4の層は第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第3の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層、第2の層及び第3の層は各々正孔輸送性を有し、第4の層は電子輸送性を有する発光素子である。

30

【0012】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第3の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層、第2の層及び第3の層は各々正孔輸送性を有し、第4の層は電子輸送性を有する発光素子である。

40

【0013】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含

50

み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第2の層における第2の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第3の層における第3の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第4の層における第4の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第3の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層、第2の層及び第3の層は各々正孔輸送性を有し、第4の層は電子輸送性を有する発光素子である。

【0014】

10

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の有機化合物と第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第3の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層、第2の層及び第3の層は各々正孔輸送性を有し、第4の層は電子輸送性を有する発光素子である。

【0015】

20

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の有機化合物と第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の層における第1の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第2の層における第2の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第3の層における第3の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第4の層における第4の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第3の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の有機化合物、第2の有機化合物及び前記第3の有機化合物は各々正孔輸送性を有し、第4の有機化合物は電子輸送性を有する発光素子である。

30

【0016】

また、本発明の一態様は、上記構成において第2の有機化合物及び第3の有機化合物がいずれも3環以上6環以下の縮合多環芳香族化合物であることを特徴とする発光素子である。

【0017】

また、本発明の一態様は、上記構成において第2の有機化合物及び第3の有機化合物がいずれもアントラセン誘導体であることを特徴とする発光素子である。

40

【0018】

また、本発明の一態様は、上記構成において、第1の層からは青色の光が得られ、第2の層からは赤色の光が得られ、第3の層からは緑色の光が得られ、第4の層からは青色の光が得られる発光素子である。

【0019】

また、本発明の一態様は、上記構成において、第1の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内にあり、第2の層が発する光のピーク波長が580nmから700nmの範囲内にあり、第3の層が発する光のピーク波長が490nmから560nmの範囲内にあり、第4の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内にある発光素子である。

50

【 0 0 2 0 】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含み、第2の層は第2の発光物質を含み、第3の層は第3の発光物質を含み、第4の層は第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第2の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層は正孔輸送性を有し、第2の層、第3の層及び第4の層は各々電子輸送性を有する発光素子である。

【 0 0 2 1 】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第2の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層は正孔輸送性を有し、第2の層、第3の層及び第4の層は各々電子輸送性を有する発光素子である。

【 0 0 2 2 】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第2の層における第2の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第3の層における第3の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第4の層における第4の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第2の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層は正孔輸送性を有し、第2の有機化合物、第3の有機化合物及び第4の有機化合物は各々電子輸送性を有する発光素子である。

【 0 0 2 3 】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の有機化合物と第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第2の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の層は正孔輸送性を有し、第2の層、第3の層及び第4の層は各々電子輸送性を有する発光素子である。

【 0 0 2 4 】

また、本発明の一態様は、陽極と陰極と、陽極及び陰極との間に位置する有機化合物を含む層とを有し、有機化合物を含む層は陽極側から順に第1の層、第2の層、第3の層及び第4の層が積層された発光を担う層を少なくとも有し、第1の層は第1の有機化合物と第1の発光物質を含み、第2の層は第2の有機化合物と第2の発光物質を含み、第3の層は第3の有機化合物と第3の発光物質を含み、第4の層は第4の有機化合物と第4の発光物質を含み、第1の層における第1の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第2の層における第2の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であ

り、第3の層における第3の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第4の層における第4の発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満であり、第1の発光物質及び第4の発光物質の発光ピーク波長は第2の発光物質の発光ピーク波長より短く、第2の発光物質の発光ピーク波長は第3の発光物質の発光ピーク波長より短く、第1の有機化合物は正孔輸送性を有し、第2の有機化合物、第3の有機化合物及び第4の有機化合物は各々電子輸送性を有する発光素子である。

【0025】

また、本発明の一態様は、上記構成において第2の有機化合物及び第3の有機化合物がいずれも3環以上6環以下の縮合多環芳香族化合物であることを特徴とする発光素子である。

10

【0026】

また、本発明の一態様は、上記構成において第2の有機化合物及び第3の有機化合物がいずれもアントラセン誘導体であることを特徴とする発光素子である。

【0027】

また、本発明の一態様は、上記構成において、第1の層からは青色の光が得られ、第2の層からは緑色の光が得られ、第3の層からは赤色の光が得られ、第4の層からは青色の光が得られる発光素子である。

【0028】

また、本発明の一態様は、上記構成において、第1の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内にあり、第2の層が発する光のピーク波長が490nmから560nmの範囲内にあり、第3の層が発する光のピーク波長が580nmから700nmの範囲内にあり、第4の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内にある発光素子である。

20

【0029】

また、本発明の一態様は、上記構成において、発光素子は複数の波長のスペクトルを発し、それらのスペクトルは、400nmから480nmの範囲、490nmから560nmの範囲及び580nmから700nmの範囲に各々少なくとも1つつピークを有することを特徴とする。

【0030】

また、本発明の一態様は、上記構成において発光素子の発する光が白色発光であることを特徴とする。

30

【0031】

また、本発明の一態様は以上に記載の発光素子を用いた照明装置である。このような構成を有する照明装置は、駆動時間の蓄積に伴う輝度低下の少ない、寿命の長い照明装置とすることができる。また、発光色の調整が容易であるため当該照明の用途に合わせた発光色を容易に提供することができる。また、発光の効率が向上した発光素子を用いているため、消費電力の低減された照明装置とすることができる。

【0032】

また、本発明の一態様は、以上に記載の発光素子と発光素子の発光を制御する手段を備えた発光装置である。このような構成を有する発光装置は、駆動時間の蓄積に伴う輝度低下の少ない、寿命の長い発光装置とすることができる。また、発光色の調整が容易であるため表示品質の高い発光装置とすることができる。また、発光の効率が向上した発光素子を用いているため、消費電力の低減された発光装置とすることができる。

40

【0033】

また、本発明の一態様は、以上に記載の発光装置を表示部に搭載した電子機器である。このような構成を有する電子機器は、表示部の寿命が長い電子機器とすることができる。また、発光色の調整が容易であるため表示品質の高い表示部を有する電子機器とすることができる。また、発光の効率が向上した発光素子を用いているため、消費電力の低減された電子機器とすることができる。

【発明の効果】

50

【 0 0 3 4 】

本発明の一態様を実施することによって、発光の効率が向上した発光素子を提供することができる。

【 0 0 3 5 】

また、本発明の一態様を実施することによって、駆動時間に対する劣化の度合いが改善された発光素子を提供することができる。

【 0 0 3 6 】

また、本発明の一態様を実施することによって、駆動時間に対する劣化の度合いが改善された照明装置を提供することができる。

【 0 0 3 7 】

また、本発明の一態様を実施することによって、表示部における信頼性の高い発光装置または電子機器を提供することができる。

【 0 0 3 8 】

また、本発明の一態様を実施することによって、発光色の調整が容易な発光素子又は照明装置を提供することができる。

さらに、表示品質の高い発光装置又は電子機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【 0 0 3 9 】

【図 1】本発明の一態様に係る発光素子の概要を示す図。

【図 2】従来の発光素子の概要を示す図。

【図 3】本発明の一態様に係る発光装置を表す上面図及び断面図。

【図 4】本発明の一態様に係る発光装置を表す斜視図及び断面図。

【図 5】本発明の一態様に係る発光装置を表す断面図。

【図 6】本発明の一態様に係る発光装置を表す発光装置の断面図。

【図 7】本発明の一態様に係る電子機器を表す図。

【図 8】本発明の一態様に係る電子機器を表す図。

【図 9】本発明の一態様に係る照明装置を表す図。

【図 10】本発明の一態様に係る照明装置を表す図。

【図 11】発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の電流密度 - 輝度特性を表す図。

【図 12】発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の電圧 - 輝度特性を表す図。

【図 13】発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の輝度 - 電流効率特性を表す図。

【図 14】発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の発光スペクトルを表す図。

【図 15】発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の輝度劣化曲線を表す図。

【発明を実施するための形態】

【 0 0 4 0 】

本実施の形態では、以下において、本発明について図面を参照しながら示す。但し、本発明は多くの異なる態様で実施することが可能であり、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、本発明は本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。

【 0 0 4 1 】

(実施の形態 1)

本実施の形態 1 を開示するにあたり、本実施の形態と対比すべき従来の発光素子 1 1 5 について、その概要を図 2 に基づいてまず示す。発光素子 1 1 5 は、陽極 1 1 0 と陰極 1 1 1 との間に、有機化合物を含む層 1 1 6 が設けられた構成となっている。有機化合物を含む層 1 1 6 は、第 1 の層 1 1 2、第 2 の層 1 1 3、第 3 の層 1 1 4 を陽極 1 1 0 側から順に積層した発光を担う層を少なくとも有している。また、発光を担う層と陽極 1 1 0 との間に正孔輸送層や正孔注入層などの機能層 1 1 8 が、発光を担う層と陰極 1 1 1 との間に電子注入層や電子輸送層などの機能層 1 1 9 が適宜設けられていても良い。

【 0 0 4 2 】

第 1 の層 1 1 2 には発光中心となる第 1 の発光物質と第 1 の発光物質を分散するホスト

10

20

30

40

50

材料としての第1の有機化合物が含まれ、第2の層113には、発光中心となる第2の発光物質と第2の発光物質を分散するホスト材料としての第2の有機化合物が含まれ、第3の層114には、発光中心となる第3の発光物質と、第3の発光物質を分散するホスト材料としての第3の有機化合物が含まれており、この3層が発光素子115における発光を担う層となっている。なお、前記した従来の発光素子では、第1の層112乃至第3の層114は全てホスト-ゲスト型の発光層としたが、もちろん、発光物質単独の膜からなる発光層であっても良い。

【0043】

発光素子115は陽極110と陰極111の間に電圧をかけて電流を流すと、陰極111から電子が、陽極110からは正孔がそれぞれ有機化合物を含む層116に注入される。注入されたキャリアは第1の層112乃至第3の層114のいずれかの界面近傍でその大部分が再結合し、第1の発光物質乃至第3の発光物質が発光することで、これら3つの発光のスペクトルが重なり合わさった複数のピークを有する発光を得ることができる。

【0044】

本発明者らは、このような従来の発光素子115と異なる、本実施の形態の発光素子の概要について図1(A)に示す。本実施の形態の発光素子は、発光の効率が向上し、好ましいことを見いだした。また、本実施の形態の発光素子は、駆動時間に対する輝度劣化の少ない発光素子とする事もできる。また、本実施の形態の発光素子は色の調整が容易な発光素子である。本実施の形態1は、これらについて図1に基づいて示すものであり、それに関し以下において説明する。

【0045】

本実施の形態の発光素子は、図1(A)に記載するように、陽極100と陰極101との間に、有機化合物を含む層107を有し、有機化合物を含む層107は、陽極100側から第1の層102、第2の層103、第3の層104、第4の層105が順に積層された発光を担う層を少なくとも有している。また、発光を担う層と陽極100との間に正孔輸送層や正孔注入層などの機能層108が、発光を担う層と陰極101との間に電子注入層や電子輸送層などの機能層109が適宜設けられていても良い。なお、有機化合物を含む層107は、第1の層102、第2の層103、第3の層104、及び第4の層105が順に積層された発光を担う層を少なくとも含めば良く、機能層108及び機能層109は、それぞれ必ずしも設ける必要はない。また、機能層108及び機能層109は単層であって積層であっても良い。

また、第1の層102には第1の発光物質が、第2の層103には第2の発光物質が、第3の層104には第3の発光物質が、第4の層105には第4の発光物質が含まれており、第1の層102と第4の層105に含まれる発光物質は同一色の発光を呈する発光物質である。なお、第1の層102に含まれる第1の発光物質と、第4の層105に含まれる第4の発光物質とは、同一の発光物質であることが好ましい。ここで、第1の発光物質及び第4の発光物質の発する光のピーク位置は第3の発光物質の発する光のピーク位置より短い波長領域にあり、第3の発光物質の発する光のピーク位置は第2の発光物質の発する光ピーク位置より短い波長領域にある物質を用いる。

なお、第1の発光物質乃至第4の発光物質の発光物質の発光は、蛍光発光、燐光発光のいずれであってもよい。

【0046】

第1の発光物質乃至第4の発光物質の発光物質が蛍光発光である場合は、最もエネルギーギャップの大きい物質を第1の発光物質及び第4の発光物質とし、最もエネルギーギャップの小さい物質を第2の発光物質とする。第1の発光物質乃至第4の発光物質が燐光発光である場合は、最も基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差(三重項エネルギー)が大きい物質を第1の発光物質及び第4の発光物質とし、最も三重項エネルギーの小さい物質を第2の発光物質とする。

なお、上述したように、第1の発光物質と第4の発光物質とは、同一色の発光を呈するため、第1の発光物質と第4の発光物質とは、同程度のエネルギーギャップ又は三重項エ

10

20

30

40

50

エネルギーを有する。そのようなことから、第1の発光物質と第4の発光物質とが共に最もエネルギーギャップの大きい物質としたが、その場合には両発光物質のエネルギーギャップが厳格に同一である必要はなく、同程度であれば良いことは勿論であり、三重項エネルギーの場合についても同様である。

また、蛍光発光する物質と燐光発光する物質を第1の発光物質乃至第4の発光物質として混在する場合も考え方は同様であり、第2の層（長波長側）が燐光、第3の層（短波長側）が蛍光である場合、第3の層に含まれる第3の発光物質は第2の層に含まれる第2の発光物質の三重項エネルギーより大きい三重項エネルギーを有する物質を選択すればよい。

【0047】

また、第1の層102乃至第3の層104は正孔輸送性を有する層とし、第4の層は電子輸送性を有する層とする。これにより、第3の層104と第4の層105との界面近傍で正孔と電子が再結合し、第4の層105に含まれる第4の発光物質及び第3の層104に含まれる第3の発光物質からの発光が得られる。第2の層103に含まれる第2の発光物質は主として第3の層104からのエネルギー移動によって発光する。この際、第3の層104と第4の層105の界面近傍において再結合に関与しなかった電子が第1の層102で捕獲され、第1の層102における第1の発光物質が発光することによって発光の効率が向上するという効果を奏する。そのため、発光素子106から得られる光は第1の発光物質、第2の発光物質、第3の発光物質及び第4の発光物質の各々から発する光のスペクトルが重なり合った光である。

【0048】

また、図2の発光素子115においては、発光を担う層を突き抜けた電子が、発光を担う層と陽極110との間に形成された正孔輸送層に到達することで、駆動時間に伴う輝度劣化が起こっていたが、本実施の形態の発光素子106においては、発光物質を含む第1の層102が設けられることによって正孔輸送層に達する電子の数が減少し、当該劣化の度合いを低減させることができる。

【0049】

さらに、発光物質の励起エネルギーは、エネルギーの高い方からエネルギーの低い方に移動する性質がある。その為、第3の層104と第4の層105の界面近傍に再結合領域を設けた場合、第4の層105に含まれる第4の発光物質の励起エネルギーが、第3の層104に含まれる第3の発光物質に移動してしまい発光色の調整、特に短波長の光を所望の強度に得ることが困難である場合がある。このような場合、本実施の形態の発光素子は第1の層102を有し当該第1の層102が第1の発光物質を含んでいることから、再結合に関与しなかった電子が第1の層102において再結合し、第1の発光物質からの発光を得ることができるため、短波長の光を得ることが容易となる。これにより、本実施の形態の発光素子の構造を実施することによって、所望の発光色を有する発光素子を容易に得ることができる。

【0050】

なお、第1の層102乃至第4の層105は、層の輸送性さえ上述の通りであれば、発光物質を主な構成成分とする、いわゆる発光物質単膜による発光層であっても、発光物質よりエネルギーギャップ（又は三重項エネルギー）の大きなホスト材料中に発光物質を分散する、いわゆるホスト-ゲスト型の発光層のどちらであっても良い。また、第1の層102が発光物質単膜による発光層、第2の層乃至第4の層がホスト-ゲスト型の発光層などのように2種類の発光層の形態が第1の層102乃至第4の層105において混在していても良い。ホスト-ゲスト型の発光層である場合、その層の輸送層は通常最多成分であるホストの輸送性に依存する。なお、ホスト-ゲスト型の発光層とする場合、当該層における発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満とすることが好ましい。

【0051】

ここで、第1の層102が第1の発光物質の単膜による発光層、第2の層が第2の発光物質を第2の有機化合物に分散した発光層、第3の層が第3の発光物質を第3の有機化合物

10

20

30

40

50

物に分散した発光層、第4の層が第4の発光物質を第4の有機化合物に分散した発光層である場合、本実施の形態の発光素子106は第1の層102乃至第3の層104が正孔輸送性を、第4の層が電子輸送性を有することから、第1の発光物質、第2の有機化合物、第3の有機化合物が正孔輸送性を、第4の有機化合物が電子輸送性を有していればよい。第2の層乃至第4の層を抜けてきた電子を発光に寄与させるためには、第1の層は電子が抜けてしまわないよう、ホール輸送性が高いことが重要である。ドーピングを行うと、少なからずトラップ準位が出来てしまいホール輸送性が低下するため、第1の層は単膜の層であることが好ましい。この発光素子の構成に代えて第1の層102も第1の発光物質を第1の有機化合物に分散したホスト-ゲスト型の発光層とした場合は、第1の有機化合物乃至第3の有機化合物が正孔輸送性を、第4の有機化合物が電子輸送性を有していればよい。

10

【0052】

ところで、発光物質を分散するホスト材料として好適な物質として、アントラセン誘導体に代表される縮合多環芳香族化合物などの縮合多環系の材料がある。これらの材料は、バンドギャップが広いことから、発光物質から励起エネルギーの移動が起こりにくく、発光効率の低下や色純度の悪化を招きにくい。また、置換基によっては電子輸送性にも正孔輸送性にもなり、様々な構成の発光素子に適用が可能である。しかし、縮合多環系の材料は正孔輸送性の高い材料であっても、ある程度電子を輸送する能力も保持しており、電子の突き抜けによる劣化の影響が条件によっては大きくなってしまふことがあった。このような場合に、本実施の形態の発光素子である発光素子106の構成を用いると、有効に劣化を抑制することができる。なお、ホスト材料として用いる縮合多環系の材料としては、3環以上6環以下の縮合多環芳香族化合物が特に有用である。

20

【0053】

なお、以上に説明してきたような本実施の形態における発光素子106の構成は、白色発光を得る際にも非常に有用である。本実施の形態における発光素子106の構成を用いることによって、所望のホワイトバランスを実現し、且つ駆動時間に対する劣化の度合いが改善された白色発光素子とすることができる。

【0054】

本実施の形態における発光素子106の構成を用いて白色発光素子を作製する場合、第1の層からは青、第2の層からは赤、第3の層からは緑、第4の層からは青の光が得られればよい。換言すると、第1の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内であり、第2の層が発する光のピーク波長が580nmから700nmの範囲内にあり、第3の層が発する光のピーク波長が490nmから560nmの範囲内にあり、第4の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内にあればよい。発光素子106の発光スペクトルは各色の波長領域に少なくとも1つずつピークが観測できるようなスペクトルとなる。

30

【0055】

なお、本実施の形態における発光素子106の構成は、陰極101を反射電極とし、陽極100から光を取り出す構造である場合に非常に有効な構造である。これは、波長の長い光を発する層(第2の層103)をなるべく反射電極から離し、反射による増幅もしくは色度向上効果を有効に得ることができるためである。第2の層103より反射電極側に第3の層104が、第3の層104より反射電極側に第4の層105が形成されているのも同様の理由からである。

40

【0056】

(実施の形態2)

本実施の形態では、実施の形態1と異なる構成を有する発光素子について図1(B)に示す。陽極130と陰極131との間に、有機化合物を含む層137を有し、有機化合物を含む層137は陽極130側から第1の層132、第2の層133、第3の層134、第4の層135が順に積層された発光を担う層を少なくとも有している。また、発光を担う層と陽極130との間に正孔輸送層や正孔注入層などの機能層138、発光を担う層と

50

陰極 1 3 1 との間に電子注入層や電子輸送層などの機能層 1 3 9 が適宜設けられていても良い。なお、有機化合物を含む層 1 3 7 は、第 1 の層 1 3 2、第 2 の層 1 3 3、第 3 の層 1 3 4、及び第 4 の層 1 3 5 が順に積層された発光を担う層を少なくとも含めば良く、機能層 1 3 8 及び機能層 1 3 9 はそれぞれ必ずしも設ける必要はない。また機能層 1 3 8 及び機能層 1 3 9 は単層であっても積層であっても良い。

また、第 1 の層 1 3 2 には第 1 の発光物質が、第 2 の層 1 3 3 には第 2 の発光物質が、第 3 の層 1 3 4 には第 3 の発光物質が、第 4 の層 1 3 5 には第 4 の発光物質が含まれており、第 1 の層 1 3 2 と第 4 の層 1 3 5 に含まれる発光物質は同一色の発光を呈する発光物質である。なお、第 1 の層 1 3 2 に含まれる第 1 の発光物質と、第 4 の層 1 3 5 に含まれる第 4 の発光物質とは、同一の発光物質であることが好ましい。

10

【0057】

ここで、第 1 の発光物質及び第 4 の発光物質の発する光のピーク位置は第 2 の発光物質の発する光のピーク位置より短い波長領域にあり、第 2 の発光物質の発する光のピーク位置は第 3 の発光物質の発する光ピーク位置より短い波長領域にある物質を用いる。第 1 の発光物質乃至第 4 の発光物質が蛍光発光である場合は、最もエネルギーギャップの大きい物質を第 1 の発光物質及び第 4 の発光物質とし、最もエネルギーギャップの小さい物質を第 3 の発光物質とする。第 1 の発光物質乃至第 4 の発光物質が燐光発光である場合は、最も基底状態と三重項励起状態とのエネルギー差（三重項エネルギー）が大きい物質を第 1 の発光物質及び第 4 の発光物質とし、最も三重項エネルギーの小さい物質を第 3 の発光物質とする。

20

なお、上述したように、第 1 の発光物質と第 4 の発光物質とは、同一色の発光を呈するため、第 1 の発光物質と第 4 の発光物質とは、同程度のエネルギーギャップ又は三重項エネルギーを有する。そのようなことから、第 1 の発光物質と第 4 の発光物質とが共に最もエネルギーギャップの大きい物質としたが、その場合には両発光物質のエネルギーギャップが厳格に同一である必要はなく、同程度であれば良いことは勿論であり、三重項エネルギーの場合についても同様である。蛍光発光する物質と燐光発光する物質を第 1 の発光物質乃至第 4 の発光物質として混在する場合も考え方は同様である。

【0058】

また、第 1 の層 1 3 2 は正孔輸送性を有する層とし、第 2 の層 1 3 3 乃至第 4 の層 1 3 5 は電子輸送性を有する層とする。これにより、第 1 の層 1 3 2 と第 2 の層 1 3 3 との界面近傍で正孔と電子が再結合し、第 1 の層 1 3 2 に含まれる第 1 の発光物質及び第 2 の層 1 3 3 に含まれる第 2 の発光物質からの発光が得られる。第 3 の層 1 3 4 に含まれる第 3 の発光物質は第 2 の層 1 3 3 からのエネルギー移動によって発光する。この際、第 1 の層 1 0 2 と第 2 の層 1 0 3 の界面近傍において再結合に関与しなかった正孔が第 4 の層 1 0 5 で捕獲され、第 4 の層 1 0 5 における第 4 の発光物質が発光することによって発光の効率が向上するという効果を奏する。そのため、発光素子 1 3 6 から得られる光は第 1 の発光物質、第 2 の発光物質、第 3 の発光物質及び第 4 の発光物質の各々から発する光のスペクトルが重なり合った光である。

30

【0059】

また、発光を担う層を突き抜けた正孔が、発光を担う層と陰極 1 3 1 との間に形成された電子輸送層に到達してしまうと駆動時間に伴う輝度劣化が引き起こされてしまうが、本実施の形態の発光素子 1 3 6 においては第 4 の層 1 3 5 が設けられることによって電子輸送層に達する正孔の数が減少し、当該劣化の度合いを低減させることができる。

40

【0060】

さらに、発光物質の励起エネルギーは、エネルギーの高い方からエネルギーの低い方に移動する性質がある。その為、第 1 の層 1 3 2 と第 2 の層 1 3 3 の界面近傍に再結合領域を設けた場合、第 1 の層 1 3 2 に含まれる第 1 の発光物質の励起エネルギーが、第 2 の層 1 3 3 に含まれる第 2 の発光物質に移動してしまい発光色の調整、特に短波長の光を所望の強度に得ることが困難である場合がある。このような場合、本実施の形態の発光素子は第 4 の層 1 3 5 を有し当該第 4 の層 1 3 5 が第 4 の発光物質を含んでいることから、再結

50

合に関与しなかった正孔が第4の層135において再結合した際、第4の発光物質からの発光を得ることができるため、短波長の光を得ることが容易となる。これにより、本実施の形態の発光素子の構造を実施することによって、所望の発光色を有する発光素子を容易に得ることができる。

【0061】

なお、第1の層132乃至第4の層135は、層の輸送性さえ上述の通りであれば、発光物質を主な構成成分とする、いわゆる発光物質単膜による発光層であっても、発光物質よりエネルギーギャップ（三重項エネルギー）の大きなホスト材料中に発光物質を分散する、いわゆるホスト-ゲスト型の発光層のどちらであっても良い。また、第1の層132が発光物質単膜による発光層、第2の層133乃至第4の層135がホスト-ゲスト型の発光層など、2種類の発光層の形態が第1の層132乃至第4の層135のいずれかにおいて混在していても良い。ホスト-ゲスト型の発光層である場合、層の輸送層は通常最多成分であるホストの輸送性に依存する。なお、ホスト-ゲスト型の発光層とする場合、当該層における発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満とすることが好ましい。

【0062】

ここで、第1の層132が第1の発光物質の単膜による発光層、第2の層133が第2の発光物質を第2の有機化合物に分散した発光層、第3の層134が第3の発光物質を第3の有機化合物に分散した発光層、第4の層135が第4の発光物質を第4の有機化合物に分散した発光層である場合、本実施の形態の発光素子136は第1の層132が正孔輸送性を、第2の層133乃至第4の層135が電子輸送性を有することから、第1の発光物質が正孔輸送性を、第2の有機化合物、第3の有機化合物及び第4の有機化合物が電子輸送性を有していればよい。この発光素子の構成に代えて第1の層132も第1の発光物質を第1の有機化合物に分散したホスト-ゲスト型の発光層とした場合は、第1の有機化合物が正孔輸送性を、第2の有機化合物乃至第4の有機化合物が電子輸送性を有していれば良い。

【0063】

ところで、発光物質を分散するホスト材料として好適な物質として、アントラセン誘導体に代表される縮合多環芳香族化合物などの縮合多環系の材料がある。これらの材料は、バンドギャップが広いことから、発光物質から励起エネルギーの移動が起こりにくく、発光効率の低下や色純度の悪化を招きにくい。また、置換基によっては電子輸送性にも正孔輸送性にもなり、様々な構成の発光素子に適用が可能である。しかし、縮合多環系の材料は電子輸送性の高い材料であっても、ある程度正孔を輸送する能力も保持しており、正孔の突き抜けによる劣化の影響が条件によっては大きくなってしまふことがあった。このような場合に、本実施の形態の発光素子である発光素子106の構成を用いると、有効に劣化を抑制することができる。なお、ホスト材料として用いる縮合多環系の材料としては、3環以上6環以下の縮合多環芳香族化合物が特に有用である。

【0064】

なお、以上に説明してきたような本実施の形態における発光素子136の構成は、白色発光を得る際にも非常に有用である。本実施の形態における発光素子136の構成を用いることによって、所望のホワイトバランスを実現し、且つ駆動時間に対する劣化の度合いが改善された白色発光素子とすることができる。

【0065】

本実施の形態における発光素子136の構成を用いて白色発光素子を作製する場合、第1の層からは青、第2の層からは緑、第3の層からは赤、第4の層からは青の光が得られれば良い。換言すると、第1の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内であり、第2の層が発する光のピーク波長が490nmから560nmの範囲内にあり、第3の層が発する光のピーク波長が580nmから700nmの範囲内にあり、第4の層が発する光のピーク波長が400nmから480nmの範囲内であれば良い。発光素子136の発光スペクトルは各色の波長領域に少なくとも1つずつピークが観測できるようなスペクトルとなる。

【0066】

なお、本実施の形態における発光素子136の構成は、陽極130を反射電極とし、陰極131から光を取り出す構造である場合に非常に有効な構造である。これは、波長の長い光を発する層（第3の層134）をなるべく反射電極から離すことで、反射による増幅もしくは色度向上効果を有効に得ることができるためである。第3の層134より反射電極側に第2の層133が、第2の層133より反射電極側に第1の層132が形成されているのも同様の理由からである。

【0067】

（実施の形態3）

続いて、本実施の形態3を示す。その際には実施の形態1乃至実施の形態2に記載の発光素子をより具体的に作製する方法を交えながら説明する。なお、ここで説明する素子構成や作製方法はあくまで例示であり、本発明の趣旨を損なわない範囲においてその他公知の構成、材料、作製方法を適用することができる。また、本実施の形態では、実施の形態1に記載の発光素子を例に説明を行うが、本実施の形態における記載は同様に実施の形態2に記載の発光素子にも適用することができる。

【0068】

図1に、本実施の形態における発光素子の素子構成の一例を模式的に示す。図1に示す発光素子は、陽極100と陰極101との間に有機化合物を含む層107を有する構成となっている。有機化合物を含む層107は、少なくとも、陽極100側から第1の層102、第2の層103、第3の層104及び第4の層105を順に積層した積層体からなる発光を担う層を有している。発光を担う層と陽極100との間に正孔輸送層や正孔注入層などの機能層108、発光を担う層と陰極101との間に電子注入層や電子輸送層などの機能層109が適宜設けられていても良い。なお、本明細書中において陽極とは、正孔を有機化合物が含まれる層に注入する電極のことを示し、陰極とは、電子を有機化合物が含まれる層に注入する電極のことを示す。

【0069】

まず、絶縁表面上に陽極を形成する。陽極としては、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ることが好ましい。具体的には、インジウム錫酸化物（以下、ITOと示す）、または珪素もしくは酸化珪素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛（ZnO）を含む酸化インジウム、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。例えば、酸化亜鉛（ZnO）を含む酸化インジウムは、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ことができる。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ができる。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）等を用いることも可能である。

【0070】

続いて、有機化合物を含む層を形成する。有機化合物を含む層107には、低分子系材料および高分子系材料のいずれを用いることもできる。なお、有機化合物を含む層107を構成する材料には、有機化合物材料のみから成るものだけでなく、無機化合物を一部に含む構成も含めるものとする。また、有機化合物を含む層107は、通常、正孔注入層、正孔輸送層、正孔阻止層（ホールプロッキング層）、発光層、電子輸送層、電子注入層等、各々の機能を有する機能層を適宜組み合わせる構成される。それぞれの層の有する機能を2つ以上同時に有する層を含んでいる層が形成されていても良く、また、上記したいずれかの層が形成されていなくとも良い。もちろん、上記した機能層以外の層が設けられて

いても良い。本実施の形態では有機化合物を含む層 107 として、陽極側から順に正孔注入層、正孔輸送層、発光を担う層（第 1 の層 102、第 2 の層 103、第 3 の層 104 及び第 4 の層 105 からなる積層体）、電子輸送層、電子注入層の積層構造を有する発光素子を例示して説明を行うこととする。

【0071】

正孔注入層を用いる場合、正孔注入層として機能する材料としては、酸化バナジウムや酸化モリブデン、酸化ルテニウム、酸化アルミニウムなどの金属酸化物等が挙げられる。あるいは、有機化合物であればポルフィリン系の化合物が有効であり、フタロシアニン（略称： H_2Pc ）、銅フタロシアニン（略称： $CuPc$ ）等を用いることができる。また、正孔注入層としては、高分子化合物（オリゴマー、 dendromer、ポリマー等）を用いることもできる。例えば、ポリ（N - ビニルカルバゾール）（略称： PVK ）、ポリ（4 - ビニルトリフェニルアミン）（略称： $PVTPA$ ）、ポリ[N - (4 - {N' - [4 - (4 - ジフェニルアミノ)フェニル]フェニル - N' - フェニルアミノ}フェニル)メタクリルアミド]（略称： $PTPDMA$ ）、ポリ[N, N' - ビス(4 - プチルフェニル) - N, N' - ビス(フェニル)ベンジジン]（略称： $Poly - TPD$ ）などの高分子化合物が挙げられる。また、ポリ（3, 4 - エチレンジオキシチオフェン）/ポリ（スチレンスルホン酸）（ $PEDOT/ PSS$ ）、ポリアニリン/ポリ（スチレンスルホン酸）（ $PAni/ PSS$ ）等の酸を添加した高分子化合物を用いることができる。正孔注入層は陽極に接して形成され、正孔注入層を用いることによって、キャリアの注入障壁が低減し、効率よくキャリアが発光を担う層に注入され、その結果、駆動電圧の低減を図ることができる。

【0072】

また、正孔注入層として、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させた材料（以下、複合材料という）を用いることができる。なお、正孔輸送性の高い物質にアクセプター性物質を含有させたものを用いることにより、電極とのオーム接触が可能となり、仕事関数に依らず電極を形成する材料を選ぶことができる。つまり、陽極として仕事関数の大きい材料だけでなく、仕事関数の小さい材料を用いることができる。アクセプター性物質としては、7, 7, 8, 8 - テトラシアノ - 2, 3, 5, 6 - テトラフルオロキノジメタン（略称： $F_4 - TCNQ$ ）、クロラニル等を挙げることができる。また、遷移金属酸化物を挙げることができる。また元素周期表における第 4 族乃至第 8 族に属する金属の酸化物を挙げることができる。具体的には、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化ルテニウムは電子受容性が高いため好ましい。中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、吸湿性が低く、扱いやすいため好ましい。

【0073】

なお、本明細書中において、複合とは、単に 2 つの材料を混合させるだけでなく、複数の材料を混合することによって材料間での電荷の授受が行われ得る状態になることを言う。

【0074】

複合材料に用いる正孔輸送性の高い物質としては、芳香族アミン化合物、カルバゾール誘導体、芳香族炭化水素、高分子化合物（オリゴマー、 dendromer、ポリマー等）など、種々の化合物を用いることができる。なお、複合材料に用いる正孔輸送性の高い物質としては、 $10^{-6} cm^2 / Vs$ 以上の正孔移動度を有する物質であることが好ましい。但し、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。以下では、複合材料に用いることのできる有機化合物を具体的に列挙する。

【0075】

例えば、複合材料に用いることのできる芳香族アミン化合物としては、4, 4' - ビス[N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ]ビフェニル（略称： NPB または NPD ）、N, N' - ビス(4 - メチルフェニル) - N, N' - ジフェニル - p - フェレンジアミン（略称： $DTDPPA$ ）、4, 4' - ビス[N - (4 - ジフェニルアミノフェ

ニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: DPAB)、4, 4' - ビス (N - { 4 - [N' - (3 - メチルフェニル) - N' - フェニルアミノ] フェニル} - N - フェニルアミノ) ビフェニル (略称: DNTPD)、1, 3, 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン (略称: DPA3B) 等を挙げることができる。

【0076】

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

【0077】

また、複合材料に用いることのできるカルバゾール誘導体としては、4, 4' - ジ (N - カルバゾリル) ビフェニル (略称: CBP)、1, 3, 5 - トリス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] ベンゼン (略称: TCPB)、9 - [4 - (10 - フェニル - 9 - アントリル) フェニル] - 9H - カルバゾール (略称: CzPA)、1, 4 - ビス [4 - (N - カルバゾリル) フェニル] - 2, 3, 5, 6 - テトラフェニルベンゼン等を用いることができる。

【0078】

また、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素としては、例えば、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: t - BuDNA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、9, 10 - ビス (3, 5 - ジフェニルフェニル) アントラセン (略称: DPPA)、2 - tert - ブチル - 9, 10 - ビス (4 - フェニルフェニル) アントラセン (略称: t - BuDBA)、9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称: DNA)、9, 10 - ジフェニルアントラセン (略称: DPAnth)、2 - tert - ブチルアントラセン (略称: t - BuAnth)、9, 10 - ビス (4 - メチル - 1 - ナフチル) アントラセン (略称: DMNA)、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] - 2 - tert - ブチル - アントラセン、9, 10 - ビス [2 - (1 - ナフチル) フェニル] アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (1 - ナフチル) アントラセン、2, 3, 6, 7 - テトラメチル - 9, 10 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン、9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ジフェニル - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス (2 - フェニルフェニル) - 9, 9' - ビアントリル、10, 10' - ビス [(2, 3, 4, 5, 6 - ペンタフェニル) フェニル] - 9, 9' - ビアントリル、アントラセン、テトラセン、ルブレン、ペリレン、2, 5, 8, 11 - テトラ (tert - ブチル) ペリレン等が挙げられる。また、この他、ペンタセン、コロネン等も用いることができる。このように、 $1 \times 10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有し、炭素数 14 ~ 42 である芳香族炭化水素を用いることがより好ましい。

【0079】

なお、複合材料に用いることのできる芳香族炭化水素は、ビニル骨格を有していてもよい。ビニル基を有している芳香族炭化水素としては、例えば、4, 4' - ビス (2, 2 - ジフェニルビニル) ビフェニル (略称: DPVBi)、9, 10 - ビス [4 - (2, 2 - ジフェニルビニル) フェニル] アントラセン (略称: DPVPA) 等が挙げられる。

【0080】

また、上述した PVK、PVTFA、PTPDMA、Poly - TPD 等の高分子化合物と、上述したアクセプター性物質を用いて複合材料を形成し、正孔注入層として用いてもよい。

【0081】

このような、複合材料を正孔注入層として用いた場合、陽極には仕事関数の大小に関わ

10

20

30

40

50

らず、様々な金属、合金、電気伝導性化合物、およびこれらの混合物などを用いることができる。そのため、陽極としては前述した材料の他、例えば、アルミニウム (Al)、銀 (Ag)、アルミニウムを含む合金 (AlSi) 等を用いることができる。また、仕事関数の小さい材料である、元素周期表の第1族または第2族に属する元素、すなわちリチウム (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) 等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金 (MgAg、AlLi)、ユーロピウム (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を用いることもできる。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。

10

【0082】

正孔輸送層は、N, N' - ビス (スピロ - 9, 9' - ビフルオレン - 2 - イル) - N, N' - ジフェニルベンジジン (略称: BSPB)、4, 4' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: NPB または NPD)、4, 4' - ビス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称: TPD)、4, 4', 4'' - トリス (N, N - ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称: TDATA)、4, 4', 4'' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称: MTDATA)、4, 4' - ビス {N - [4 - (N, N - ジ - m - トリルアミノ) フェニル] - N - フェニルアミノ} ビフェニル (略称: DNTPD)、1, 3, 5 - トリス [N, N - ジ (m - トリル) アミノ] ベンゼン (略称: m-MTDAB)、4, 4', 4'' - トリス (N - カルバゾリル) トリフェニルアミン (略称: TCTA)、フタロシアニン (略称: H₂Pc)、銅フタロシアニン (略称: CuPc)、バナジルフタロシアニン (略称: VOPc) 等の適当な材料を用いることができる。正孔輸送層としては $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質を用いることが好ましいが、電子より正孔の輸送性の高い物質であれば正孔輸送層として用いることができる。また、正孔輸送層は単層構造のものだけではなく、上述した条件に当てはまる物質から成る層を二層以上組み合わせた多層構造の層であってもよい。正孔輸送層は真空蒸着法等を用いて形成することができる。

20

【0083】

また、正孔輸送層として、PVK、PVTPA、PTPDMA、Poly-TPD などの高分子化合物を用いることもできる。この場合は、インクジェット法やスピンコートなど溶液プロセスを使用することができる。

30

【0084】

なお、発光を担う層と接する正孔輸送層には、第1の層102の発光中心物質である第1の発光物質の励起エネルギーよりも大きい励起エネルギーを有する物質を用いることが好ましい。このような構成にすることにより、発光層から正孔輸送層へのエネルギー移動を抑制することができ、発光効率の低下を抑制することができる。

【0085】

発光を担う層は、第1の層102、第2の層103、第3の層104 及び第4の層105が陽極100側から積層されてなっている。第1の層102乃至第3の層104は正孔輸送性を有する層とし、第4の層は電子輸送性を有する層である。本実施の形態では、第1の層を第1の発光物質の単膜からなる発光層、第2の層103乃至第4の層は発光物質とそれを分散するホスト材料からなるホスト - ゲスト型の発光層である場合を説明する。もちろん、本実施の形態の発光素子における構成はこの構成に限られることはなく、第1の層102乃至第4の層105の全てがホスト - ゲスト型の発光層、若しくは単膜からなる発光層である場合や、単膜の発光層とホスト - ゲスト型の発光層が第1の層102乃至第4の層105のいずれかにおいて混在している場合も含む。

40

【0086】

なお、単膜の発光層については、発光物質のみの膜だと膜の状態が不安定である場合、

50

膜質を安定化させる添加物を含む場合がある。膜質安定化材の定義としては、層中における割合 (wt %) が発光物質より少ないこと、発光物質よりエネルギーギャップ (発光物質の発光が燐光の場合は三重項エネルギー) が大きいことが挙げられる。層中に発光物質の他にこのような条件に当てはまる物質が含まれている場合も、本実施の形態においては単膜の発光層とみなすこととする。

【0087】

本実施の形態で説明する発光素子は、上述のとおり、第1の層は第1の発光物質からなり、第2の層は第2の発光物質と第2の発光物質を分散するホスト材料である第2の有機化合物からなり、第3の層は第3の発光物質と第3の発光物質を分散する第3の有機化合物からなり、第4の層は第4の発光物質と第4の有機化合物からなる。ホスト-ゲスト型の発光層において発光物質の割合は0.1wt%以上50wt%未満とすればよい。発光層は真空蒸着法を用いて作製することができ、異なる材料を同時に蒸着する共蒸着法によって作製することができる。

【0088】

第1の発光物質乃至第4の発光物質は発光中心となる物質であり、実施の形態1に記載の発光素子を作製する場合には、第1の発光物質及び第4の発光物質の発する光のピーク波長が第3の発光物質の発する光のピーク波長より短く、且つ第3の発光物質の発する光のピーク波長が第2の発光物質の発する光のピーク波長より短くなるように選択する。また、実施の形態2に記載の発光素子を作製する場合には、第1の発光物質及び第4の発光物質の発する光のピーク波長が第2の発光物質の発する光のピーク波長より短く、且つ第2の発光物質の発する光のピーク波長が第3の発光物質の発する光のピーク波長より短くなるように選択する。

【0089】

第1の層は正孔輸送性を有する層とするため、第1の発光物質としては正孔輸送性を有する物質を選択する。なお、第1の層をホスト-ゲスト型の発光層とする場合には、第1の発光物質の選択において輸送性を考慮する必要は無い。同様に、第2の層乃至第4の層のいずれかが若しくは全てにおいて単膜の発光層を適用する場合には、発光の波長の関係の他、各々の層に合致した輸送性を有する発光物質を選択することが肝要である。

【0090】

第1の発光物質乃至第4の発光物質として用いることが可能な物質としては以下のような物質が挙げられるが、もちろんこれに限られない。蛍光発光性材料としては、N, N'-ビス[4-(9H-カルバゾール-9-イル)フェニル]-N, N'-ジフェニルスチルベン-4, 4'-ジアミン(略称: YGAS)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPPA)等の他、発光波長が450nm以上の4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)トリフェニルアミン(略称: 2YGAPPA)、N, 9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、ペリレン、2, 5, 8, 11-テトラ-tert-ブチルペリレン(略称: TBP)、4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称: PCBAPA)、N, N''-(2-tert-ブチルアントラセン-9, 10-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: DPABPA)、N, 9-ジフェニル-N-[4-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPPA)、N-[4-(9, 10-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: 2DPAPPA)、N, N, N', N', N'', N'', N'', N''-オクタフェニルジベンゾ[g, p]クリセン-2, 7, 10, 15-テトラアミン(略称: DBC1)、クマリン30、N-(9, 10-ジフェニル-2-アントリル)-N, 9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、N-[9, 10-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, 10 - 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, 10 - 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, 10 - ビス (1, 1' - ビフェニル - 2 - イル) - N - [4 - (9 H - カルバゾ
 ール - 9 - イル) フェニル] - N - フェニルアントラセン - 2 - アミン (略称: 2 Y G A
 B P h A)、N, N, 9 - トリフェニルアントラセン - 9 - アミン (略称: D P h A P h
 A) クマリン 5 4 5 T、N, N' - ジフェニルキナクリドン、(略称: D P Q d)、ルブ
 レン、5, 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 P T)、2 - (2 - {2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エテニ
 ル} - 6 - メチル - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: D C M 1
)、2 - {2 - メチル - 6 - [2 - (2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベン
 ゴ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパン
 ジニトリル (略称: D C M 2)、N, N, N', N' - テトラキス (4 - メチルフェニル)
 テトラセン - 5, 11 - ジアミン (略称: p - m P h T D)、7, 13 - 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 - m P h A F D)、2 - {2 - イソプロピル
 - 6 - [2 - (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H,
 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン
 } プロパンジニトリル (略称: D C J T I)、2 - {2 - t e r t - ブチル - 6 - [2 -
 (1, 1, 7, 7 - テトラメチル - 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ
 [i j] キノリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジ
 ニトリル (略称: D C J T B)、2 - (2, 6 - ビス {2 - [4 - (ジメチルアミノ) フ
 ェニル] エテニル} - 4 H - ピラン - 4 - イリデン) プロパンジニトリル (略称: B i s
 D C M)、2 - {2, 6 - ビス [2 - (8 - メトキシ - 1, 1, 7, 7 - テトラメチル -
 2, 3, 6, 7 - テトラヒドロ - 1 H, 5 H - ベンゾ [i j] キノリジン - 9 - イル) エ
 テニル] - 4 H - ピラン - 4 - イリデン} プロパンジニトリル (略称: B i s D C J T M
) などが挙げられる。燐光発光性材料としては、ビス [2 - (4', 6' - ジフルオロフ
 ェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (I I I) テトラキス (1 - ピラゾリル) ボ
 ラート (略称: F I r 6) の他、発光波長が 4 7 0 n m ~ 5 0 0 n m の範囲にある、ビス
 [2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (I I I)
 ピコリナート (略称: F I r p i c)、ビス [2 - (3', 5' - ビストリフルオロメ
 チルフェニル) ピリジナト - N, C^{2'}] イリジウム (I I I) ピコリナート (略称: I r
 (C F₃ p p y)₂ (p i c))、ビス [2 - (4', 6' - ジフルオロフェニル) ピリジ
 ナト - N, C^{2'}] イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: F I r a c a c)
 、発光波長が 5 0 0 n m (緑色発光) 以上のトリス (2 - フェニルピリジナト) イリジウ
 ム (I I I) (略称: I r (p p y)₃)、ビス (2 - フェニルピリジナト) イリジウム
 (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p p y)₂ (a c a c))、トリス (ア
 セチルアセトナート) (モノフェナントロリン) テルビウム (I I I) (略称: T b (a c
 a c)₃ (P h e n))、ビス (ベンゾ [h] キノリナト) イリジウム (I I I) アセチ
 ルアセトナート (略称: I r (b z q)₂ (a c a c))、ビス (2, 4 - ジフェニル -
 1, 3 - オキサゾラト - N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称:
 I r (d p o)₂ (a c a c))、ビス [2 - (4' - パーフルオロフェニルフェニル)
 ピリジナト] イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p - P F - p h)
)₂ (a c a c))、ビス (2 - フェニルベンゾチアゾラト - N, C^{2'}) イリジウム (I
 I I) アセチルアセトナート (略称: I r (b t)₂ (a c a c))、ビス [2 - (2'
 - ベンゾ [4, 5 -] チエニル) ピリジナト - N, C^{3'}] イリジウム (I I I) アセチ
 ルアセトナート (略称: I r (b t p)₂ (a c a c))、ビス (1 - フェニルイソキノ
 リナト - N, C^{2'}) イリジウム (I I I) アセチルアセトナート (略称: I r (p i q)

10

20

30

40

50

$_2(acac)_2$ 、(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) $_2(acac)_2$)、(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) $_2(acac)_2$)、2,3,7,8,12,13,17,18-オクタエチル-21H,23H-ポルフィリン白金(II)(略称: PtOEP)、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(III)(略称: Eu(DBM) $_3(Phen)$)、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(III)(略称: Eu(TTA) $_3(Phen)$)等が挙げられる。以上のような材料又は他の公知の材料の中から、各々の発光層における発光色(もしくは発光のピーク波長)の関係を考慮し、単膜の発光層の場合はさらに輸送性を加味した上で第1の発光物質乃至第4の発光物質を選択すれば良い。

10

【0091】

第2の層102乃至第4の層105において、発光物質を分散するホスト材料である第2の有機化合物乃至第4の有機化合物として用いることができる有機化合物としては、例えばトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Alq)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(III)(略称: Almq $_3$)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]キノリナト)ベリリウム(II)(略称: BeBq $_2$)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)(4-フェニルフェノラト)アルミニウム(III)(略称: BAlq)、ビス(8-キノリノラト)亜鉛(II)(略称: Znq)、ビス[2-(2-ベンゾオキサゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnPBO)、ビス[2-(2-ベンゾチアゾリル)フェノラト]亜鉛(II)(略称: ZnBTZ)などの金属錯体、2-(4-ピフェニル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称: PBD)、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称: OXD-7)、3-(4-ピフェニル)-4-フェニル-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,2,4-トリアゾール(略称: TAZ)、2,2',2''-(1,3,5-ベンゼントリイル)トリス(1-フェニル-1H-ベンゾイミダゾール)(略称: TPBI)、バソフェナントロリン(略称: BPhen)、バソキュプロイン(略称: BCP)、9-[4-(5-フェニル-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CO11)などの複素環化合物、NPB(または-NPD)、TPD、BSPBなどの芳香族アミン化合物が挙げられる。また、アントラセン誘導体、フェナントレン誘導体、ピレン誘導体、クリセン誘導体、ジベンゾ[g,p]クリセン誘導体等の縮合多環芳香族化合物が挙げられ、具体的には、9,10-ジフェニルアントラセン(略称: DPAnth)、N,N-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: CzA1PA)、4-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: DPhPA)、4-(9H-カルバゾール-9-イル)-4'-(10-フェニル-9-アントリル)トリフェニルアミン(略称: YGAPA)、N,9-ジフェニル-N-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPA)、N,9-ジフェニル-N-{4-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]フェニル}-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: PCAPBA)、N,9-ジフェニル-N-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-9H-カルバゾール-3-アミン(略称: 2PCAPA)、6,12-ジメトキシ-5,11-ジフェニルクリセン、N,N,N',N',N'',N'',N''',N''',N''',N'''-オクタフェニルジベンゾ[g,p]クリセン-2,7,10,15-テトラアミン(略称: DBC1)、9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: CzPA)、3,6-ジフェニル-9-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-9H-カルバゾール(略称: DPCzPA)、9,10-ビス(3,5-ジフェニルフェニル)アントラセン(略称: DPPA)、9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(

20

30

40

50

略称：DNA)、2-tert-ブチル-9,10-ジ(2-ナフチル)アントラセン(略称：t-BuDNA)、9,9'-ピアントリル(略称：BANT)、9,9'-(スチルベン-3,3'-ジイル)ジフェナントレン(略称：DPNS)、9,9'-(スチルベン-4,4'-ジイル)ジフェナントレン(略称：DPNS2)、3,3',3''-(ベンゼン-1,3,5-トリイル)トリピレン(略称：TPB3)などを挙げることができる。これら及び公知の物質の中から、各々が分散する発光中心物質のエネルギーギャップ(燐光発光の場合は三重項エネルギー)より大きなエネルギーギャップ(三重項エネルギー)を有し、且つ各々の層が有すべき輸送性に合致した輸送性を示す物質を選択すればよい。

【0092】

10

なお、実施の形態1に記載の発光素子の場合、第2の有機化合物及び第3の有機化合物として正孔輸送性を有する材料を選択し、第4の有機化合物として電子輸送性を有する材料を選択する。又、実施の形態2に記載の発光素子においては第2の有機化合物乃至第4の有機化合物としては電子輸送性を有する材料を選択する。第1の層を、第1の発光物質を第1の有機化合物に分散したホスト-ゲスト型の発光層とした場合における第1の有機化合物も同様に選択することができる。第1の層は実施の形態1の発光素子でも実施の形態2の発光素子でも正孔輸送性を有するため、第1の有機化合物は上記列挙した物質及びその他公知の物質の中から正孔輸送性を有する物質を選択すればよい。

【0093】

なお、正孔輸送性の材料としては、上述の芳香族アミン化合物、及びDPAnth、CzA1PA、DPhPA、YGAPA、PCAPA、PCAPBA、2PCAPA、DBC1などの縮合多環芳香族化合物が挙げられる。電子輸送性の材料としては、上述の複素環化合物、及びCzPA、DPCzPA、DPPA、DNA、t-BuDNA、BANT、DPNS、DPNS2、TPB3などの縮合多環芳香族化合物が挙げられる。

20

【0094】

上述した中でも特に、縮合多環芳香族化合物はバンドギャップが広く、発光中心物質を分散するためのホスト材料として好適に用いることができるが、正孔輸送性の材料であっても、ある程度の電子を輸送する能力も保持しており、電子が発光を担う層と陽極との間に配置される正孔輸送層まで突き抜けてしまい劣化を増長させてしまうことがあった。その為、第1の有機化合物、第2の有機化合物及び第3の有機化合物として、正孔輸送性の縮合多環芳香族化合物であるDPAnth、CzA1PA、DPhPA、YGAPA、PCAPA、PCAPBA、2PCAPA、DBC1などを用いた場合、本実施の形態のような発光素子の構成を用いることによって、非常に有効に劣化を抑制することができる。

30

【0095】

発光を担う層と陰極との間に電子輸送層を用いる場合、発光層と電子注入層との間に設置される。相応しい材料としては、トリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称：Alq₃)、トリス(4-メチル-8-キノリノラト)アルミニウム(略称：Almq₃)、ビス(10-ヒドロキシベンゾ[h]-キノリナト)ベリリウム(略称：BeBq₂)、ビス(2-メチル-8-キノリノラト)-(4-ヒドロキシ-ピフェニリル)-アルミニウム(略称：BALq)など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体などを用いることができる。また、この他に、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾオキサゾラト]亜鉛(略称：Zn(BOX)₂)、ビス[2-(2-ヒドロキシフェニル)-ベンゾチアゾラト]亜鉛(略称：Zn(BTZ)₂)などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。さらに、金属錯体以外にも、2-(4-ピフェニリル)-5-(4-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール(略称：PBD)や、1,3-ビス[5-(p-tert-ブチルフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル]ベンゼン(略称：OXD-7)、バソフェナントロリン(略称：BPhen)、バソキュプロイン(略称：BCP)なども用いることができる。電子輸送層としては10⁻⁶cm²/Vs以上の電子移動度を有する物質を用いることが好ましいが、正孔より電子の輸送性の高い物質であれば電子輸送層と

40

50

して用いることができる。また、電子輸送層は単層構造のものだけではなく、上述した条件に当てはまる物質から成る層を二層以上組み合わせた多層構造の層であってもよい。電子輸送層は真空蒸着法などを用いて作製することができる。

【0096】

また、電子輸送層として、高分子化合物を用いることもできる。例えば、ポリ〔(9, 9 - ジヘキシルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (ピリジン - 3, 5 - ジイル)〕(略称: PF - Py)、ポリ〔(9, 9 - ジオクチルフルオレン - 2, 7 - ジイル) - co - (2, 2' - ビピリジン - 6, 6' - ジイル)〕(略称: PF - BPy)などを用いることができる。この場合、インクジェット法やスピンコートなどの溶液プロセスを適用することができる。

10

【0097】

なお、発光を担う層と接する電子輸送層には、第4の層105の発光中心物質である第4の発光物質よりも大きい励起エネルギーを有する物質を用いることが好ましい。このような構成にすることにより、発光層から電子輸送層へのエネルギー移動を抑制することができ、高い発光効率を実現することができる。

【0098】

電子注入層用いる場合、電子注入層を構成する電子注入性材料としては、特に限定は無く、具体的には、フッ化カルシウムやフッ化リチウム、酸化リチウムや塩化リチウムなどのアルカリ金属化合物、アルカリ土類金属化合物などが好適である。あるいは、トリス(8 - キノリノラト)アルミニウム(略称: Alq₃)やバソキュプロイン(略称: BCP)などの、いわゆる電子輸送性の材料にリチウムやマグネシウムなどアルカリ金属またはアルカリ土類金属を組み合わせた層も使用できる。電子注入層は陰極に接して形成され、電子注入層を用いることによって、キャリアの注入障壁が低減し、効率よくキャリアが発光を担う層に注入され、その結果、駆動電圧の低減を図ることができる。なお、電子注入層として、電子輸送性を有する物質とアルカリ金属又はアルカリ土類金属を組み合わせた層を用いることは、陰極からの電子注入が効率良く起こるためより好ましい構成である。電子注入層は真空蒸着法などを用いて作製することができる。

20

【0099】

なお、有機化合物を含む層107の形成には、上述した作製方法の他に蒸着法、インクジェット法、スピンコート法、ディップコート法など、湿式、乾式を問わず、用いることができる。

30

【0100】

また、陰極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、珪素若しくは酸化珪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用いることができる。

【0101】

この後、陰極を形成して発光素子が完成する。陰極としては、仕事関数の小さい(具体的には3.8 eV以下)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、元素周期表の1族または2族に属する金属、すなわちリチウム(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)等のアルカリ土類金属、およびこれらを含む合金(MgAg、AlLiなど)、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。アルカリ金属、アルカリ土類金属、これらを含む合金の膜は、真空蒸着法を用いて形成することができる。また、アルカリ金属またはアルカリ土類金属を含む合金はスパッタリング法により形成することも可能である。また、銀ペーストなどをインクジェット法などにより成膜することも可能である。

40

【0102】

なお、陽極または陰極として導電性高分子(導電性ポリマーともいう)を含む導電性組成物を用いることもできる。導電性組成物は、陽極又は陰極として形成する場合、薄膜におけるシート抵抗が10000 / 以下、波長550 nmにおける透光率が70%以上

50

であることが好ましい。また、含まれる導電性高分子の抵抗率が $0.1 \cdot \text{cm}$ 以下であることが好ましい。

【0103】

導電性高分子としては、いわゆる電子共役系導電性高分子が用いることができる。例えば、ポリアニリン及びまたはその誘導体、ポリピロール及びまたはその誘導体、ポリチオフェン及びまたはその誘導体、これらの2種以上の共重合体などがあげられる。

【0104】

共役導電性高分子の具体例としては、ポリピロール、ポリ(3-メチルピロール)、ポリ(3-ブチルピロール)、ポリ(3-オクチルピロール)、ポリ(3-デシルピロール)、ポリ(3,4-ジメチルピロール)、ポリ(3,4-ジブチルピロール)、ポリ(3-ヒドロキシピロール)、ポリ(3-メチル-4-ヒドロキシピロール)、ポリ(3-メトキシピロール)、ポリ(3-エトキシピロール)、ポリ(3-オクトキシピロール)、ポリ(3-カルボキシルピロール)、ポリ(3-メチル-4-カルボキシルピロール)、ポリN-メチルピロール、ポリチオフェン、ポリ(3-メチルチオフェン)、ポリ(3-ブチルチオフェン)、ポリ(3-オクチルチオフェン)、ポリ(3-デシルチオフェン)、ポリ(3-ドデシルチオフェン)、ポリ(3-メトキシチオフェン)、ポリ(3-エトキシチオフェン)、ポリ(3-オクトキシチオフェン)、ポリ(3-カルボキシルチオフェン)、ポリ(3-メチル-4-カルボキシルチオフェン)、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)、ポリアニリン、ポリ(2-メチルアニリン)、ポリ(2-オクチルアニリン)、ポリ(2-イソブチルアニリン)、ポリ(3-イソブチルアニリン)、ポリ(2-アニリンスルホン酸)、ポリ(3-アニリンスルホン酸)等が挙げられる。

【0105】

上記導電性高分子は、単独で陽極又は陰極に使用してもよいし、膜特性を調整するために有機樹脂を添加して導電性組成物として使用することができる。

【0106】

有機樹脂としては、導電性高分子と相溶または混合分散可能であれば熱硬化性樹脂であってもよく、熱可塑性樹脂であってもよく、光硬化性樹脂であってもよい。例えば、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル系樹脂、ポリイミド、ポリアミドイミド等のポリイミド系樹脂、ポリアミド6、ポリアミド6,6、ポリアミド12、ポリアミド11等のポリアミド樹脂、ポリフッ化ビニリデン、ポリフッ化ビニル、ポリテトラフルオロエチレン、エチレンテトラフルオロエチレンコポリマー、ポリクロロトリフルオロエチレン等のフッ素樹脂、ポリビニルアルコール、ポリビニルエーテル、ポリビニルブチラル、ポリ酢酸ビニル、ポリ塩化ビニル等のビニル樹脂、エポキシ樹脂、キシレン樹脂、アラミド樹脂、ポリウレタン系樹脂、ポリウレア系樹脂、メラミン樹脂、フェノール系樹脂、ポリエーテル、アクリル系樹脂及びこれらの共重合体等が挙げられる。

【0107】

さらに、上記導電性高分子又は導電性組成物の電気伝導度を調整するために、アクセプタ性またはドナー性ドーパントをドーピングすることにより、共役導電性高分子の共役電子の酸化還元電位を変化させてもよい。

【0108】

アクセプタ性ドーパントとしては、ハロゲン化合物、有機シアノ化合物、有機金属化合物等を使用することができる。ハロゲン化合物としては、塩素、臭素、ヨウ素、塩化ヨウ素、臭化ヨウ素、フッ化ヨウ素等が挙げられる。有機シアノ化合物としては、共役結合に二つ以上のシアノ基を含む化合物が使用できる。例えば、テトラシアノエチレン、テトラシアノエチレンオキサイド、テトラシアノベンゼン、テトラシアノキノジメタン、テトラシアノアザナフタレン等を挙げられる。また、アクセプタ性ドーパントとしては、その他にも、五フッ化燐、五フッ化ヒ素、五フッ化アンチモン、三フッ化硼素、三塩化硼素、三臭化硼素等や、塩酸、硫酸、硝酸、リン酸、ホウフッ化水素酸、フッ化水素酸、過塩素酸等の無機酸、有機カルボン酸、有機スルホン酸等の有機酸も用いることができる。有機力

ルボン酸及び有機スルホン酸としては、前記カルボン酸化合物及びスルホン酸化合物を使用することができる。

【0109】

また、ドナー性ドーパントとしては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、4級アミン化合物等を挙げることができる。

【0110】

上記導電性高分子又は導電性組成物を、水または有機溶剤（アルコール系溶剤、ケトン系溶剤、エステル系溶剤、炭化水素系溶剤、芳香族系溶剤など）に溶解させて、湿式法により陽極又は陰極となる薄膜を形成することができる。

【0111】

上記導電性高分子又は導電性組成物を溶解する溶媒としては、特に限定することなく、上記した導電性高分子及び有機樹脂などの高分子樹脂化合物を溶解するものを用いればよい。例えば、水、メタノール、エタノール、プロピレンカーボネート、N-メチルピロリドン、ジメチルホルムアミド、ジメチルアセトアミド、シクロヘキサノン、アセトン、メチルエチルケトン、メチルイソブチルケトン、トルエンなどの単独もしくは混合溶剤に溶解すればよい。

【0112】

導電性組成物の成膜は上述のように溶媒に溶解した後、塗布法、コーティング法、液滴吐出法（インクジェット法ともいう）、印刷法等の湿式法を用いて成膜することができる。溶媒の乾燥は、熱処理を行ってもよいし、減圧下で行ってもよい。また、有機樹脂が熱硬化性の場合は、さらに加熱処理を行い、光硬化性の場合は、光照射処理を行えばよい。

【0113】

（実施の形態4）

本実施の形態では、実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を用いて作製された発光装置の一例について示す。なお、本発明の発光装置は以下に示すもののみに限定されず、その表示を担う部分（本実施の形態では図3における画素部602が該当する）に実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子が含まれているもの全てを含むものとする。

【0114】

本実施の形態では、実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を用いて作製された発光装置の一例について図3を用いて説明する。なお、図3（A）は、発光装置を示す上面図、図3（B）は図3（A）をA-A'およびB-B'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（ソース側駆動回路）601、画素部602、駆動回路部（ゲート側駆動回路）603を含んでいる。また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0115】

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

【0116】

次に、断面構造について図3（B）を用いて説明する。素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

【0117】

なお、ソース側駆動回路601はnチャネル型TFT623とpチャネル型TFT62

10

20

30

40

50

4とを組み合わせたCMOS回路が形成される。また、駆動回路は、種々のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成しても良い。また、本実施の形態では、基板上に駆動回路を形成したドライバー体型を示すが、必ずしもその必要はなく、駆動回路を基板上ではなく外部に形成することもできる。

【0118】

また、画素部602は複数の画素により形成され、各画素は、スイッチング用TFT611と、電流制御用TFT612と、そのドレインに電氣的に接続された第1の電極613と、当該第1の電極613、有機化合物を含む層616、第2の電極617よりなる発光素子とを含む。なお、第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

10

【0119】

また、被覆性を良好なものとするため、絶縁物614の上端部または下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径($0.2\mu\text{m} \sim 3\mu\text{m}$)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、光の照射によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光の照射によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0120】

第1の電極613上には、有機化合物を含む層616、および第2の電極617が積層され、発光素子が構成されている。ここで、陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい(具体的には 4.0eV 以上)金属、合金、導電性化合物、およびこれらの混合物などを用いることが好ましい。具体的には、インジウム錫酸化物(以下、ITOと示す)、または珪素もしくは酸化珪素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛(ZnO)を含む酸化インジウム、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)、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)の単層膜の他、積層構造も適用でき、例えば、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る。

20

30

【0121】

有機化合物を含む層616は、実施の形態1乃至実施の形態3に記載した有機化合物を含む層107と同様の構成を有している。また、有機化合物を含む層616を構成する材料としては、低分子化合物、または高分子化合物(オリゴマー、 dendrimerを含む)のいずれを用いてもよい。また、有機化合物を含む層616に用いる材料としては、有機化合物だけでなく、無機化合物をその一部に用いてもよい。有機化合物を含む層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。

【0122】

さらに、有機化合物を含む層616上に形成され、陰極として機能する第2の電極617に用いる材料としては、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、LiF、 CaF_2 等)を用いることが好ましい。なお、有機化合物を含む層616で生じた光を第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(ITO、 $2 \sim 20\text{wt}\%$ の酸化亜鉛を含む酸化インジウム、珪素若しくは酸化珪素を含有した酸化インジウム-酸化スズ、酸化亜鉛(ZnO)等)との積層を用いるのが良い。

40

【0123】

ここで、第1の電極613、有機化合物を含む層616、第2の電極617によって発光素子が構成されるが、発光素子の詳しい構造及び材料については実施の形態1乃至実施

50

の形態 3 において既に説明したため、繰り返しとなるので、これ以上の説明を省略する。実施の形態 1 乃至実施の形態 3 を参照されたい。なお、本実施の形態における第 1 の電極 6 1 3、有機化合物を含む層 6 1 6、第 2 の電極 6 1 7 はそれぞれ実施の形態 1 における陽極 1 0 0、有機化合物を含む層 1 0 7、陰極 1 0 1 に相当する。

【 0 1 2 4 】

上述してきた駆動回路、画素部の T F T 及び発光素子が形成された素子基板 6 1 0 と、封止基板 6 0 4 とをシール材 6 0 5 によって貼り合わせることににより、素子基板 6 1 0、封止基板 6 0 4、およびシール材 6 0 5 で囲まれた空間 6 0 7 に、実施の形態 1 乃至 3 で示した構造を持つ発光素子 6 1 8 が備えられた発光装置が提供される。なお、空間 6 0 7 には、充填材が充填されており、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材 6 0 5 で充填される場合もある。

10

【 0 1 2 5 】

なお、シール材 6 0 5 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。また、これらの材料はできるだけ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 6 0 4 に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP (F i b e r g l a s s - R e i n f o r c e d P l a s t i c s)、P V F (ポリビニルフロライド)、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

【 0 1 2 6 】

以上のようにして、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いて作製された本実施の形態の発光装置を得ることができる。

20

【 0 1 2 7 】

本実施の形態の発光装置は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いており、当該発光素子が駆動時間の蓄積に対して劣化の度合いが低減された発光素子であることから、信頼性の高い発光装置を得ることができる。また、当該発光素子が設計者の意図する発光色を容易に実現するところから、表示品質の優れた発光装置とすることができる。

【 0 1 2 8 】

また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子は、白色発光素子として好適な構成であることから、照明用途として好適に用いることが可能である。

【 0 1 2 9 】

30

以上のように、本実施の形態では、トランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置について説明したが、この他、パッシブマトリクス型の発光装置であってもよい。図 4 には実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を適用して作製したパッシブマトリクス型の発光装置の斜視図を示す。なお、図 4 (A) は、発光装置を示す斜視図、図 4 (B) は図 4 (A) を X - Y で切断した断面図である。図 4 において、基板 9 5 1 上には、ストライプ状の電極 9 5 2 が複数設けられており、電極 9 5 2 電極 9 5 6 との間には有機化合物を含む層 9 5 5 が設けられている。電極 9 5 2 の端部は絶縁層 9 5 3 で覆われている。また、絶縁層 9 5 3 は、各画素に対応する開口部を有している。そして、絶縁層 9 5 3 上には隔壁層 9 5 4 が設けられている。隔壁層 9 5 4 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 9 5 4 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 9 5 3 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 9 5 3 と接しない辺）よりも短い。このように、隔壁層 9 5 4 を設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。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 に記載の発光素子又は実施の形態 2 に記載の発光素子を用いることによって、発光装置を作製することができる。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製された発光装置は、消費電力の低減された発光装置とすることが可能となる。また、実施の形態 1 に記載の発光素子又は実施の形態 2 に記載の発光素子は、駆動時間に伴う輝度劣化の低減された発光素子であることから、当該発光素子を用いて作製された発光装置は、信頼性の向上した発光装置とす

40

50

ることが可能となる。また、実施の形態 1 に記載の発光素子又は実施の形態 2 に記載の発光素子は、色のバランスの調整が容易な発光素子であることから、当該発光素子を用いて作製された発光装置は、表示品質の高い発光装置とすることが可能となる。

【 0 1 3 0 】

(実施の形態 5)

ここでは、アクティブ型の表示装置の作製工程の一例を図 5 を用いて示す。

【 0 1 3 1 】

まず、基板 1 0 0 1 上に下地絶縁膜 1 0 0 2 を形成する。ここでは基板 1 0 0 1 側を表示面として発光を取り出す場合の例を説明するため、基板 1 0 0 1 としては、光透過性を有するガラス基板や石英基板を用いればよい。また、処理温度に耐えうる耐熱性を有する光透過性のプラスチック基板を用いてもよい。

10

【 0 1 3 2 】

下地絶縁膜 1 0 0 2 としては、酸化シリコン膜、窒化シリコン膜または酸化窒化シリコン膜などの絶縁膜から成る下地膜を形成する。ここでは下地膜として 2 層構造を用いた例を示すが、前記絶縁膜の単層膜または 2 層以上積層させた構造を用いても良い。なお、特に下地絶縁膜を形成しなくてもよい。

【 0 1 3 3 】

次いで、下地絶縁膜上に半導体層を形成する。半導体層は、非晶質構造を有する半導体膜を公知の手段（スパッタ法、LPCVD法、またはプラズマCVD法等）により成膜した後、公知の結晶化处理（レーザー結晶化法、熱結晶化法、またはニッケルなどの触媒を用いた熱結晶化法等）を行って得られた結晶質半導体膜を第 1 のフォトリソマスクを用いて所望の形状にパターニングして形成する。この半導体層は 25 ~ 80 nm（好ましくは 30 ~ 70 nm）の厚さで形成する。結晶質半導体膜の材料については特に限定はないが、好ましくはシリコンまたはシリコンゲルマニウム（SiGe）合金などで形成すると良い。

20

【 0 1 3 4 】

また、非晶質構造を有する半導体膜の結晶化处理として連続発振のレーザーを用いることができ、非晶質半導体膜の結晶化に際し、大粒径に結晶を得るためには、連続発振が可能な固体レーザを用い、基本波の第 2 高調波 ~ 第 4 高調波を適用するのが好ましい。代表的には、Nd : YVO₄ レーザ（基本波 1064 nm）の第 2 高調波（532 nm）や第 3 高調波（355 nm）を適用すればよい。連続発振のレーザーを用いる場合には、出力 10 W の連続発振の YVO₄ レーザから射出されたレーザ光を非線形光学素子により高調波に変換する。また、共振器の中に YVO₄ 結晶と非線形光学素子を入れて、高調波を射出する方法もある。そして、好ましくは光学系により照射面にて矩形状または楕円形状のレーザ光に成形して、被処理体に照射する。このときのエネルギー密度は 0.01 ~ 100 MW / cm² 程度（好ましくは 0.1 ~ 10 MW / cm²）が必要である。そして、10 ~ 2000 cm / s 程度の速度でレーザ光に対して相対的に半導体膜を移動させて照射すればよい。

30

【 0 1 3 5 】

また、パルス発振のレーザ光の発振周波数を 0.5 MHz 以上とし、通常用いられている数十 Hz ~ 数百 Hz の周波数帯よりも著しく高い周波数帯を用いてレーザ結晶化を行うことができる。パルス発振でレーザ光を半導体膜に照射して半導体膜が溶融してから完全に固化するまでの時間は数十 ns ~ 数百 ns であり、上記周波数帯を用いることで、半導体膜がレーザ光によって溶融してから固化するまでに、次のパルスのレーザ光を照射できる。したがって、半導体膜中において固液界面を連続的に移動させることができるので、走査方向に向かって連続的に成長した結晶粒を有する半導体膜が形成される。具体的には、含まれる結晶粒の走査方向における幅が 10 ~ 30 μm、走査方向に対して垂直な方向における幅が 1 ~ 5 μm 程度の結晶粒の集合を形成することができる。該走査方向に沿って長く延びた単結晶の結晶粒を形成することで、少なくとも薄膜トランジスタのチャネル方向には結晶粒界のほとんど存在しない半導体膜の形成が可能となる。

40

【 0 1 3 6 】

50

非晶質半導体膜の結晶化は、熱処理とレーザ光照射による結晶化を組み合わせてもよく、熱処理やレーザ光照射を単独で、複数回行ってよい。

【0137】

次いで、レジストマスクを除去した後、半導体層を覆うゲート絶縁膜1003を形成する。ゲート絶縁膜1003はプラズマCVD法またはスパッタ法を用い、厚さを1~200nmとする。

【0138】

次いで、ゲート絶縁膜1003上に膜厚100~600nmの導電膜を形成する。ここでは、スパッタ法を用い、窒化チタン膜とタングステン膜とを積層する導電膜を形成する。なお、ここでは導電膜を窒化チタン膜とタングステン膜とを積層する例を示したが、特

10

【0139】

次いで、第2のフォトリソマスクを用いてレジストマスクを形成し、ドライエッチング法またはウェットエッチング法を用いてエッチングを行う。このエッチング工程によって、導電膜をエッチングして、導電層1006~1008を得る。なお、この導電層はTFETのゲート電極となる。

【0140】

20

次いで、レジストマスクを除去した後、第3のフォトリソマスクを用いてレジストマスクを新たに形成し、駆動回路のnチャネル型TFETを形成するため、半導体にn型を付与する不純物元素（代表的にはリン、またはAs）を低濃度にドーピングするための第1のドーピング工程を行う。レジストマスクは、pチャネル型TFETとなる領域と、導電層の近傍とを覆う。この第1のドーピング工程によってゲート絶縁膜1003を介してドーピングを行い、低濃度不純物領域1009を形成する。一つの発光素子は、複数のTFETを用いて駆動させるが、pチャネル型TFETのみで駆動させる場合や、画素と駆動回路を同一基板上に形成しない場合には、上記ドーピング工程は特に必要ない。

【0141】

次いで、レジストマスクを除去した後、第4のフォトリソマスクを用いてレジストマスクを新たに形成し、半導体にp型を付与する不純物元素（代表的にはボロン）を高濃度にドーピングするための第2のドーピング工程を行う。この第2のドーピング工程によってゲート絶縁膜1003を介してドーピングを行い、p型の高濃度不純物領域1014、1015を形成する。

30

【0142】

次いで、第5のフォトリソマスクを用いてレジストマスクを新たに形成し、駆動回路のnチャネル型TFETを形成するため、半導体にn型を付与する不純物元素（代表的にはリン、またはAs）を高濃度にドーピングするための第3のドーピング工程を行う。第3のドーピング工程におけるイオンドーピング法の条件はドーズ量を $1 \times 10^{13} \sim 5 \times 10^{15} / \text{cm}^2$ とし、加速電圧を60~100keVとして行う。レジストマスクは、pチャネル型TFETとなる領域と、導電層の近傍とを覆う。この第3のドーピング工程によってゲート絶縁膜1003を介してドーピングを行い、n型の高濃度不純物領域1018を形成する。

40

【0143】

この後、レジストマスクを除去し、水素を含む第1の層間絶縁膜1020を成膜した後、半導体層に添加された不純物元素の活性化および水素化を行う。水素を含む第1の層間絶縁膜1020は、PCVD法により得られる窒化酸化珪素膜（SiNO膜）を用いる。加えて、前記した結晶化においては、それを助長する金属元素、代表的にはニッケルを用いて半導体膜を結晶化させることができ、その場合には、合わせて活性化とチャンネル形成領域におけるニッケルの低減を行うゲッタリングをも行うことができる。

【0144】

50

次いで、平坦化のための第2の層間絶縁膜1021を形成する。第2の層間絶縁膜1021としては、塗布法によって得られるシリコン(Si)と酸素(O)との結合で骨格構造が構成される絶縁膜を用いる。また、第2の層間絶縁膜1021としては、透光性を有する有機樹脂膜を用いることができる。第2の層間絶縁膜としてはその他有機材料や無機材料などによる絶縁膜を用いても良い。

【0145】

次いで、第6のマスクを用いてエッチングを行い、第2の層間絶縁膜1021にコンタクトホールを形成すると同時に周縁部1042の第2の層間絶縁膜1021を除去する。

【0146】

次いで、第6のマスクをそのままマスクとしてエッチングを行い、露呈しているゲート絶縁膜1003、および第1の層間絶縁膜1020を選択的に除去する。

10

【0147】

次いで、第6のマスクを除去した後、コンタクトホールで半導体層と接する3層構造からなる導電膜を形成する。なお、各層の表面を酸化させないように、これら3層を同じスパッタ装置で連続して形成することが好ましい。ただし、導電膜は、3層構造に限定されず、2層でも単層でもよく、その材料は、Ta、W、Ti、Mo、Al、Cuから選ばれた元素、または前記元素を主成分とする合金材料若しくは化合物材料を用いればよい。

【0148】

次いで、第7のマスクを用いて導電膜のエッチングを行い、配線または電極を形成する。これらの配線または電極のうち、画素部1040においては、TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極1022を図示し、駆動回路部1041においては、nチャネル型TFTとpチャネル型TFTとを電氣的に接続する接続電極1023を図示する。

20

【0149】

次いで、上記3層構造を有する配線または電極に接して透明導電膜を形成する。そして、第8のマスクを用いて透明導電膜のエッチングを行い、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B、即ち、発光素子の陽極を形成する。

【0150】

発光素子の陽極の材料は、実施の形態3で詳述したが、ITO(酸化インジウムスズ)、またはITOS(ITOに酸化珪素が2~10重量%含まれたターゲットを用いてスパッタリング法で得られる酸化珪素を含む酸化インジウムスズ)を用いる。ITOSの他、酸化珪素を含み酸化インジウムに2~20%の酸化亜鉛(ZnO)を混合した透光性酸化物導電膜(IZO)などの透明導電膜を用いても良い。また、ATO(アンチモン・チン・オキサイド)の透明導電膜を用いても良い。

30

【0151】

なお、第1の電極1024W、1024R、1024G、1024BとしてITOを用いる場合は、電気抵抗値を下げるために結晶化させるベークを行う。なお、それに対して、ITOSやIZOは、ベークを行ってもITOのように結晶化せず、アモルファス状態のままである。

【0152】

次いで、第8のマスクを用いて第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bの端部を覆う絶縁物1025(バンク、隔壁、障壁、土手などと呼ばれる)を選択的に形成する。絶縁物1025としては、スパッタ法により得られる酸化タンタル膜、酸化チタン(TiO₂)膜や、塗布法により得られる有機樹脂膜を膜厚0.8μm~1μmの範囲で用いる。

40

【0153】

次いで、第1の電極1024W、1024R、1024G、1024B及び絶縁物1025上に有機化合物を含む層1028を形成する。有機化合物を含む層1028は実施の形態1乃至実施の形態3で説明したような構成及び作製方法にて形成することができる。なお、有機発光素子の信頼性を向上させるため、有機化合物を含む層1028の形成前に真空加熱を行って脱気を行うことが好ましい。例えば、有機化合物材料の蒸着を行う前に

50

、基板に含まれるガスを除去するために減圧雰囲気や不活性雰囲気で200 ~ 300の加熱処理を行うことが望ましい。本実施の形態では、有機化合物を含む層1028における発光を担う層（第1の層乃至第4の層）には赤、緑、青の発光を呈する発光物質を用い、白色の発光が得られるように有機化合物を含む層1028を形成する。

【0154】

次いで、画素部の全面に発光素子の第2の電極1029を形成する。第2の電極1029は陰極として機能する。発光素子の陰極に用いることができる物質は実施の形態3で詳述したが、ここでは、第2の電極1029としてアルミニウムを真空蒸着法により200nmの膜厚で形成する。本実施の形態では、基板1001側から発光を取り出すため、発光素子の陰極である第2の電極1029が反射電極となっている。その為、有機化合物を含む層1028における第1の層乃至第4の層の構成としては、実施の形態1に記載の構成を用いることが好ましい。なお、発光素子の一对の電極のうち、本実施の形態では薄膜トランジスタ側の電極を陽極としたが、薄膜トランジスタ側の電極を陰極として発光素子を形成しても良い。この場合、陽極が反射電極となるのが普通であり、有機化合物を含む層1028の第1の層乃至第4の層の構成としては実施の形態2に記載の構成を用いることが好ましい。発光素子の一对の電極のうち、TFT側の電極を陰極とする場合は、当該発光素子に直接接続するTFTはnチャネル型TFTとして作製する。

10

【0155】

次いで、封止を行うため、封止基板1031を用いる。封止基板1031の材料は、金属材料やセラミック材料やガラス基板などを用いることができる。封止基板1031はシール材1032で基板1001の周縁部1042で接着させる。なお、基板間隔を一定に保持するためにスペーサ材やフィラーを用いてもよい。また、一对の基板の間の間隙1030は、不活性なガスで充填することが好ましい。

20

【0156】

また、フルカラー表示とするため、発光素子からの光が発光装置の外部に出る為の光路上に着色層（赤色の着色層1034R、緑色の着色層1034G、青色の着色層1034B）を透明な基材1033に設ける。また、黒色層（ブラックマトリックス）1035をさらに設けても良い。着色層及び黒色層が設けられた透明基材1033は、位置合わせし、基板1001に固定する。なお、着色層、及び黒色層は、オーバーコート層1036で覆われている。また、本実施の形態においては、光が着色層を透過せずに外部へと出る発光層と、各色の着色層を透過して外部に光が出る発光層とがあり、着色層を透過しない光は白、着色層を透過する光は赤、青、緑となることから、4色の画素で映像を表現することができる。

30

【0157】

また、以上に説明した発光装置では、TFTが形成されている基板1001側に光を取り出す構造（ボトムエミッション型）の発光装置としたが、封止基板1031側に発光を取り出す構造（トップエミッション型）の発光装置としても良い。トップエミッション型の発光装置の断面図を図6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。TFTと発光素子の陽極とを接続する接続電極1022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を接続電極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の層間絶縁膜は第2の層間絶縁膜1021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

【0158】

つづいて、発光素子の第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bを形成する。第1の電極1024W、1024R、1024G、1024Bはここでは陽極とするが、陰極であっても構わない。また、トップエミッション型の発光装置である場合、第1の電極を反射電極とするのが好ましい。これらを踏まえ、第1の電極が反射電極且つ陽極である場合は、有機化合物を含む層1028の構成としては、実施の形態2に記載の構成を用いることが好ましい。逆に、第1の電極が反射電極且つ陰極である場合は、有

50

機化合物を含む層 1028 の構成としては実施の形態 1 に記載の構成を用いることが好ましい。

【0159】

その後、第 1 の電極 1024W、1024R、1024G、1024B 及び第 3 の層間絶縁膜の露出している部分を覆って有機化合物を含む層 1028 を形成する。有機化合物を含む層 1028 の構成は、実施の形態 2 で説明したような構成で形成する。つづいて、発光素子の第 2 の電極 1029 を発光素子からの光を透過するように形成する。

【0160】

この後、発光素子からの光が外部へと出る光路上に着色層（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 で封止を行ってトップエミッション型の発光装置を形成することができる。封止基板 1031 には画素と画素との間に位置するように黒色層（ブラックマトリックス）1035 を設けても良い。着色層（赤色の着色層 1034R、緑色の着色層 1034G、青色の着色層 1034B）や黒色層（ブラックマトリックス）1035 はオーバーコート層（図示せず）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もちいることとする。

【0161】

こうして得られた有機発光素子の一对の電極間に電圧を印加すると白色の発光領域 1044W が得られる。また、着色層と組み合わせることで、赤色の発光領域 1044R と、青色の発光領域 1044B と、緑色の発光領域 1044G とが得られる。本実施の形態では実施の形態 1 又は 2 に記載の発光素子を用いていることから、各画素の発光色によって塗り分けをする必要がなく、安価且つ簡便にフルカラーの発光装置を得ることができる。また、着色層は色や材質によってその透過率が異なる上、色によって人間の視感度も異なることから、各々の波長成分において所望の輝度を有することが望ましい。この点において、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子はカラーバランスを調節することが容易であるために、本実施の形態に記載の発光装置は色再現性のよい高品質な表示を提供することができる。

【0162】

また、ここではトップゲート型の構造とし、ポリシリコンを活性層とする TFT を用いたがスイッチング素子として機能し得るものであれば、特に限定されず、ボトムゲート型（逆スタガ型）TFT や、順スタガ型 TFT を用いることが可能である。また、アモルファスシリコン膜や ZnO 膜を活性層とする TFT を用いてもよい。また、シングルゲート構造やダブルゲート構造の TFT に限定されず、3 つ以上の複数のチャネル形成領域を有するマルチゲート型 TFT としてもよい。

【0163】

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

【0164】

また、本実施の形態は実施の形態 1 乃至 3 の発光素子及び実施の形態 4 の発光装置のいずれか一と自由に組み合わせることができる。

【0165】

（実施の形態 6）

本実施の形態では、実施の形態 4 に示す発光装置を一部に含む電子機器について示す。これら電子機器は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を含んだ表示部を有する。

【0166】

実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を有する電子機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、コンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機または電子書籍等）、記録媒体を備え

10

20

30

40

50

た画像再生装置（具体的にはDigital Versatile Disc（DVD））等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。これらの電子機器の具体例を図7に示す。

【0167】

図7（A）は本実施の形態に係るテレビ装置であり、筐体9101、支持台9102、表示部9103、スピーカー部9104、ビデオ入力端子9105等を含む。このテレビ装置は、表示部9103に、実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を表示素子として用いることによって作製される。また、駆動時間の蓄積に対する劣化の度合いが低減された当該発光素子を用いて作製されたテレビ装置は表示部9103の信頼性が高く、この表示部9103を備えた当該テレビ装置は信頼性の高いテレビ装置となっている。当該発光素子は劣化が低減されたことから、テレビ装置に搭載される劣化補償機能回路を大幅に削減もしくは縮小することができる。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製されたテレビ装置は、消費電力の低減されたものとするのが可能となる。また、色のバランスの調整が容易な当該発光素子を用いて作製されたテレビ装置は、表示品質の高いものとするのが可能となる。

10

【0168】

図7（B）は本実施の形態に係るコンピュータであり、本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングデバイス9206等を含む。このコンピュータは、表示部9203は、実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を表示素子として用いることによって作製される。また、駆動時間の蓄積に対する劣化の度合いが低減された当該発光素子を用いて作製されたコンピュータは表示部9203の信頼性が高く、この表示部9203を備えた当該コンピュータは信頼性の高いものとなっている。当該発光素子は劣化が低減されたことから、このコンピュータに搭載される劣化補償機能回路を大幅に削減もしくは縮小することができ、コンピュータの小型軽量化を図ることができる。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製されたコンピュータは、消費電力の低減されたものとするのが可能となる。また、色のバランスの調整が容易な当該発光素子を用いて作製されたコンピュータは、表示品質の高いものとするのが可能となる。

20

【0169】

図7（C）は本実施の形態に係る携帯電話であり、本体9401、筐体9402、表示部9403、音声入力部9404、音声出力部9405、操作キー9406、外部接続ポート9407、アンテナ9408等を含む。この携帯電話は、表示部9403は、実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を表示素子として用いることによって作製されている。また、駆動時間の蓄積に対する劣化の度合いが低減された当該発光素子を用いて作製された携帯電話では、表示部9403の信頼性が高く、この表示部9403を備えた当該携帯電話は信頼性の高いものとなっている。当該発光素子は劣化が低減されたものであることから、この携帯電話に搭載される劣化補償機能回路を大幅に削減もしくは縮小することができ、携帯電話のさらなる小型軽量化を図ることができる。小型軽量化が図られた本実施の形態の携帯電話は、様々な付加価値を備えた構造として携帯に適したサイズ、重量に止めることができ、高機能な携帯電話としても適した構成となっている。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製された携帯電話は、消費電力の低減されたものとするのが可能となる。また、色のバランスの調整が容易な当該発光素子を用いて作製された携帯電話は、表示品質の高いものとするのが可能となる。

30

40

【0170】

図7（D）は本実施の形態に係るカメラであり、本体9501、表示部9502、筐体9503、外部接続ポート9504、リモコン受信部9505、受像部9506、バッテリー9507、音声入力部9508、操作キー9509、接眼部9510等を含む。このカメラは、表示部9502に実施の形態1乃至実施の形態3に示した発光素子を表示素子として用いることによって作製されている。また、駆動時間の蓄積に対する劣化の度合いが低減された当該発光素子を用いて作製されたカメラでは表示部9502の信頼性が高く

50

、この表示部 9 5 0 2 を備えた当該カメラは信頼性の高いものとなっている。当該発光素子は劣化が低減されたことから、このカメラに搭載される劣化補償機能回路を大幅に削減もしくは縮小することができ、カメラの小型軽量化を図ることができる。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製されたカメラは、消費電力の低減されたものとするのが可能となる。また、色のバランスの調整が容易な当該発光素子を用いて作製されたカメラは、表示品質の高いものとするのが可能となる。

【 0 1 7 1 】

以上の様に、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いて作製され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。また、駆動時間の蓄積に対する劣化の度合いが低減された当該発光素子を用いて作製された表示部は信頼性が高く、当該表示部を有する電子機器は信頼性の高いものとするができる。また、発光の効率が向上した当該発光素子を用いて作製された表示部は低消費電力化されており、当該表示部を有する電子機器は消費電力の小さいものとするができる。また、また、色のバランスの調整が容易な当該発光素子を用いて作製された表示部は表示品質が高く、当該表示部を有する電子機器は表示品質の高いものとすることができる。

【 0 1 7 2 】

また、本実施の形態の発光装置として、照明装置を挙げることもできる。実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を照明装置に適用する一様様を、図 8 を用いて説明する。

【 0 1 7 3 】

図 8 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子をバックライトとして適用した液晶表示装置の一例である。図 8 に示した液晶表示装置は、筐体 9 0 1、液晶層 9 0 2、バックライトユニット 9 0 3、筐体 9 0 4 を有し、液晶層 9 0 2 は、ドライバ IC 9 0 5 と接続されている。また、バックライトユニット 9 0 3 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いて形成されており、端子 9 0 6 により、電流が供給されている。

【 0 1 7 4 】

ここで、液晶のバックライトユニット 9 0 3 は、各画素に設けられたカラーフィルタを透過して実際に液晶表示装置を視聴する人の目に触れる際に、最適な光となるような発光色を呈していることが望ましい。すなわち、カラーフィルタとしては、通常画素ごとに赤、青又は緑の光を透過する膜が設けられるが、カラーフィルタの材料によって光の透過率も異なる上、色によって人間の視感度も異なることから、バックライトは赤、青及び緑各々の波長成分において所望の輝度を有することが望ましい。この点において、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子はカラーバランスを調節することが容易であるために、液晶のバックライトユニット 9 0 3 として非常に好適に用いることができる。

【 0 1 7 5 】

なお、バックライトユニット 9 0 3 は実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を 1 つのみ用いていても良いし、当該発光素子を複数用いていても良い。

【 0 1 7 6 】

このように、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を液晶表示装置のバックライトに適用することができる。当該バックライトは大面積化も可能であるため、液晶表示装置の大面積化も可能になる。また、駆動時間の蓄積に伴う劣化の度合いが小さい当該発光素子を用いて作製することにより、信頼性の高いバックライトが得られる。さらに、当該バックライトは薄型で所望の発光色を容易に得ることができるため、液晶表示装置の薄型化、映像の高品質化も可能となる。また、当該バックライトは低消費電力化されたものであるため、液晶表示装置の消費電力の低減も実現する。

【 0 1 7 7 】

図 9 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を、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

10

20

30

40

50

し、光源 2002 として、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子が形成されている。光源 2002 は当該発光素子 1 つで構成されていても良いし、複数の当該発光素子によって構成されていても良い。また、異なる発光色を呈する複数種の発光素子によって構成されていても良い。このように、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いて光源 2002 を作製することができる。駆動時間の蓄積に伴う劣化の度合いが小さい当該発光素子を用いて作製された光源 2002 は、信頼性が高いため、これが備えられた電気スタンドも信頼性の高い電気スタンドとすることができる。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子はカラーバランスの調整が容易であることから、目に優しい発光色を呈するなど、用途に合わせた発光色を有する電気スタンドを容易に提供することができる。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子は発光の効率が向上したことから、消費電力の低減した電気スタンドとすることができる。

10

【0178】

図 10 は、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を、室内の照明装置 3001 に適用した例である。照明装置 3001 は当該発光素子 1 つで構成されていても良いし、複数の当該発光素子によって構成されていても良い。また、異なる発光色を呈する複数種の発光素子によって構成されていても良い。このように、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子を用いて照明装置 3001 を作製することができる。当該発光素子を適用して作製された照明装置 3001 は大面積化も可能であるため、大面積の照明装置として用いることができる。また、発光効率の良好な当該発光素子を用いて作製された照明装置 3001 は、薄型で低消費電力な照明装置とすることができる。

20

また、駆動時間の蓄積に伴う劣化の度合いが小さい当該発光素子を用いて作製された照明装置 3001 は信頼性の高いものとすることができる。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子はカラーバランスの調整が容易であることから、暖色系の発光色から寒色系の発光色まで様々な色の発光を容易に提供することが可能である。また、実施の形態 1 乃至実施の形態 3 に示した発光素子は発光の効率が向上したことから、消費電力の低減した照明装置とすることができる。

【実施例 1】

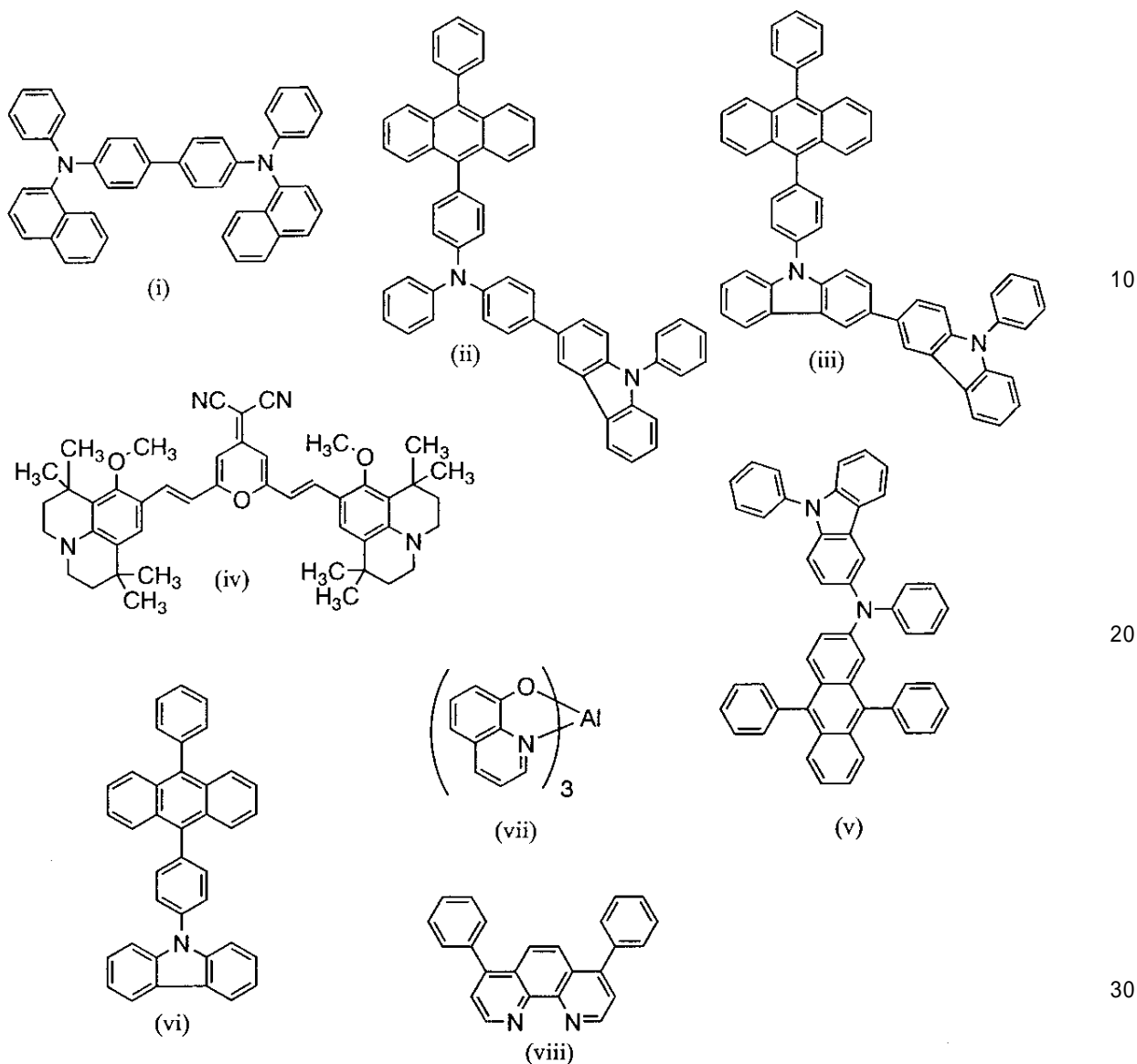
【0179】

本実施例では本実施の形態 1 の発光素子及び比較発光素子をそれぞれ作製し、合わせてそれらの素子特性を測定した。その製造方法及び素子特性を以下に示す。本実施例では、白色発光を提供する発光素子を得ることを目的に、発光物質として赤、青、緑の発光を呈する物質を用いて実験を行った。なお、発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子で使用した有機化合物の構造を以下に示す。

30

【0180】

【化 1】



(発光素子 1 の作製)

【0181】

まず、ガラス基板上に膜厚 110 nm の珪素若しくは酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法で成膜し、陽極を形成した(電極面積 2 mm × 2 mm)。

【0182】

次に、第 1 の電極が形成された面が下方となるように、第 1 の電極が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定し、 10^{-4} Pa 程度まで減圧した後、上記構造式 (i) で表される 4, 4'-ビス[N-(1-ナフチル)-N-フェニルアミノ]ビフェニル(略称: NPB)と酸化モリブデン(VI)とを共蒸着することにより、有機化合物と無機化合物とを複合してなる複合材料を含む層を形成した。その膜厚は 50 nm とし、NPB と酸化モリブデン(VI)との比率は、重量比で 4 : 1 (= NPB : 酸化モリブデン)となるように調節した。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0183】

続いて、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPB を 10 nm の膜厚となるように成膜し

10

20

30

40

50

、正孔輸送層を形成した。

【0184】

この後、第1の層として上記構造式(i i)で表される4-(10-フェニル-9-アントリル)-4'-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)トリフェニルアミン(略称:PCBAPA)を10nm成膜した。PCBAPAは正孔輸送性を有し、青色の発光を呈する物質である。

【0185】

つづいて、上記構造式(i i i)で表される9-フェニル-9'-[4-(10-フェニル-9-アントリル)フェニル]-3,3'-ビ(9H-カルバゾール)(略称:PCCPA)と上記構造式(i v)で表される2-{2,6-ビス[2-(8-メトキシ-1,1,7,7-テトラメチル-2,3,6,7-テトラヒドロ-1H,5H-ベンゾ[i j]キノリジン-9-イル)エテニル]-4H-ピラン-4-イリデン}プロパンジニトリル(略称:BiSDCJTM)をPCCPA:BiSDCJTM=1:0.005の割合となるように共蒸着して第2の層を形成した。PCCPAは正孔輸送性を有する物質であり、BiSDCJTMは赤色発光を呈する物質である。膜厚は10nmとした。

【0186】

次に、PCCPAと上記構造式(v)で表されるN-(9,10-ジフェニル-2-アントリル)-N,9-ジフェニル-9H-カルバゾール-3-アミン(略称:2PCAPA)をPCCPA:2PCAPA=1:0.02となるように共蒸着して第3の層を形成した。PCCPAは正孔輸送性を有する物質であり、2PCAPAは緑色の発光を呈する物質である。膜厚は10nmとした。

【0187】

この後、上記構造式(v i)であらわされる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)と、第1の層の形成に用いたPCBAPAとをCzPA:PCBAPA=1:0.1となるように共蒸着して第4の層を形成した。CzPAは電子輸送性を有する物質である。膜厚は30nmとした。

【0188】

その後、抵抗加熱による蒸着法を用いて、上記構造式(v i i)で表されるトリス(8-キノリノラト)アルミニウム(略称:Alq)を10nmの膜厚となるように成膜し、続いて同じく抵抗加熱による蒸着法を用いて上記構造式(v i i i)で表されるバソフェナントロリン(略称:BPhen)を20nmの膜厚となるように成膜して電子輸送層を形成した。

【0189】

それから、同様に抵抗加熱による蒸着法を用いて、フッ化リチウム(LiF)を1nm程度形成し、電子注入層を形成し、最後にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することによって陰極を形成し、発光素子1を作製した。

【0190】

(発光素子2の作製)

正孔輸送層を形成するまでは、発光素子1と同様に作製し、その後、第1の層として、PCBAPAを30nm成膜した。

【0191】

続いて、第2の層、第3の層、第4の層、電子輸送層、電子注入層及び陰極を発光素子1と同様に形成し、発光素子2を作製した。

【0192】

(比較発光素子の作製)

正孔輸送層を形成する迄は発光素子1及び発光素子2と同様に作製した。その後、第1の層を形成せず、第2の層、第3の層、第4の層、電子輸送層、電子注入層及び陰極を発光素子1及び発光素子2と同様に形成し、比較発光素子を作製した。

【0193】

以下の表1に、前記のとおりで作製した発光素子1、発光素子2及び比較発光素子の各

10

20

30

40

50

層の構成を示す。

【 0 1 9 4 】

【表 1】

	第1の層	第2の層	第3の層	第4の層
発光素子1	PCBAPA(10nm)	PCCPA:BisDCJTM (10nm 1:0.005)	PCCPA:2PCAPA (10nm 1:0.02)	CzPA:PCBAPA (30nm 1:0.1)
発光素子2	PCBAPA(30nm)			
比較発光素子	-			

10

【 0 1 9 5 】

以上により得られた発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子 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封止する作業を行った後、これらの発光素子の動作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。

【 0 1 9 6 】

発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子の電流密度 - 輝度特性を図 1 1 に示す。また、電圧 - 輝度特性を図 1 2 に示す。また、輝度 - 電流効率特性を図 1 3 に示す。また、発光素子 1 に 1 mA の電流を流したときの発光スペクトルを図 1 4 に示す。

【 0 1 9 7 】

また、1000 cd / m² 付近における各素子の主な初期特性値を以下の表にまとめた。

20

【 0 1 9 8 】

【表 2】

	電圧(V)	色度(x,y)	電流効率(cd/A)	外部量子効率(%)
発光素子1	4.0	(0.34,0.37)	11.3	5.8
発光素子2	4.2	(0.32,0.35)	10.3	5.6
比較発光素子	4.2	(0.38,0.37)	9.83	5.0

30

【 0 1 9 9 】

図 1 1 及び図 1 2 からは、電流密度 - 輝度特性、電圧 - 輝度特性は比較発光素子、発光素子 1 及び発光素子 2 のいずれも大きな変化が無いように見られるが、図 1 3 からは、輝度 - 電流効率特性は、比較発光素子と比較して、発光素子 1、発光素子 2 は良好な結果を示している。さらに、図 1 4 の発光スペクトルを見てみると、比較発光素子、発光素子 1、発光素子 2 ではスペクトルの各ピーク強度に大きな違いがあることがわかる。実際に、表 2 より色度（CIE 色度座標）を参照すると、色度座標にも大きな変化が見られる。すなわち、発光の色味が変化しており、輝度や電流効率での比較は適当ではない。そこで、外部量子効率を参照すると、比較発光素子と比較して、発光素子 1 及び発光素子 2 は 1 割以上の外部量子効率の上昇をみており、第 1 の層が第 3 の層と第 4 の層との界面近傍で再結合に関与しなかった電子を捕獲して発光に変換することによって、発光の効率が向上していることがわかる。また、これにより、青の色味が増し、白としての色度が向上している。特に発光素子 1 は 6 % 近い外部量子効率を実現しており、非常に良好な結果を示した。

40

【 0 2 0 0 】

発光素子 1、発光素子 2 及び比較発光素子において、第 1 の層又は第 4 の層の発光物質である PCBAPA 青色の発光を、第 2 の層の発光物質である BisDCJTM は赤色の光を、第 3 の層の発光物質である 2PCAPA は緑色の発光を呈する物質である。すなわ

50

ち、図14における発光スペクトルにおいて、466nm付近のピークはPCBAPAの、620nm付近のピークはBisDCJTMの、505nm付近のピークは2PCAPAのそれぞれ発光であることがわかる。

【0201】

ここで、比較発光素子のスペクトルにおいては、一番波長の長い620nm付近の発光が最も大きく、波長が短い光のピーク強度ほど小さくなっていることがわかる。一方、発光素子1及び発光素子2は緑又は青の波長範囲にあるピーク強度もバランス良く出現している。表2に示した色度座標からも発光素子1及び発光素子2は比較発光素子よりも良好な白色発光を呈していることがわかった。この結果から、本実施例の発光素子は色の調整が容易な発光素子であることがわかる。

10

【0202】

続いて、信頼性に関する評価を行った結果を示す。図15に、発光素子1、発光素子2及び比較発光素子を初期輝度1000cd/m²とし、電流密度一定の条件で駆動した際の規格化輝度時間変化を示した。その図から、比較発光素子より、発光素子1及び発光素子2の方が輝度の低下が明確に抑制されていることが分かる。これは、正孔輸送層へ達する電子の抜けを第1の層が抑制したことによって劣化が小さくなったことが要因と考えられる。このことから、本実施例の発光素子は、従来の発光素子と比較して時間の経過に伴う輝度劣化を抑制した発光素子であることがわかる。

【0203】

(参考例)

20

実施例1で用いた構造式(i i)で表されるPCBAPA、実施例2で用いた構造式(i i i)で表されるPCCPAは既知の物質ではないため、合成方法について以下に示す。

【0204】

PCBAPAの合成方法

[ステップ1: 9-フェニル-9H-カルバゾール-3-ボロン酸の合成]

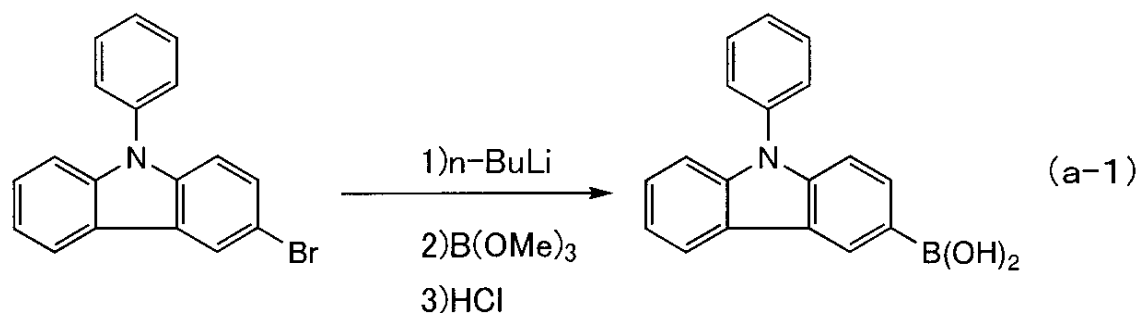
3-ブromo-9-フェニル-9H-カルバゾール10g(31mmol)を500mLの三口フラスコへ入れ、フラスコ内を窒素置換した。置換後溶媒のテトラヒドロフラン(THF)150mLをフラスコに加えて、3-ブromo-9-フェニル-9H-カルバゾールを溶かした。この溶液を-80℃に冷却した。この溶液へn-ブチルリチウム(1.58mol/Lヘキサン溶液)20mL(32mmol)を、シリンジにより滴下して加えた。滴下終了後、溶液を同温度で1時間攪拌した。攪拌後、この溶液へホウ酸トリメチル3.8mL(34mmol)を加え、室温に戻しながら約15時間攪拌した。攪拌後、この溶液に希塩酸(1.0mol/L)約150mLを加えて、更に1時間攪拌した。攪拌後、この混合物の水層を酢酸エチルで抽出し、抽出溶液と有機層を合わせて、飽和炭酸水素ナトリウムで洗浄した。有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥し、乾燥後この混合物を自然ろ過した。得られたろ液を濃縮したところ、淡褐色の油状物を得た。この油状物を減圧乾燥したところ、目的物の淡褐色固体を7.5g収率86%で得た。ステップ1の合成スキームを下記(a-1)に示す。

30

【0205】

40

【化 2】



10

【 0 2 0 6 】

[ステップ2：4-(9-フェニル-9H-カルバゾール-3-イル)ジフェニルアミン(略称：PCBA)の合成]

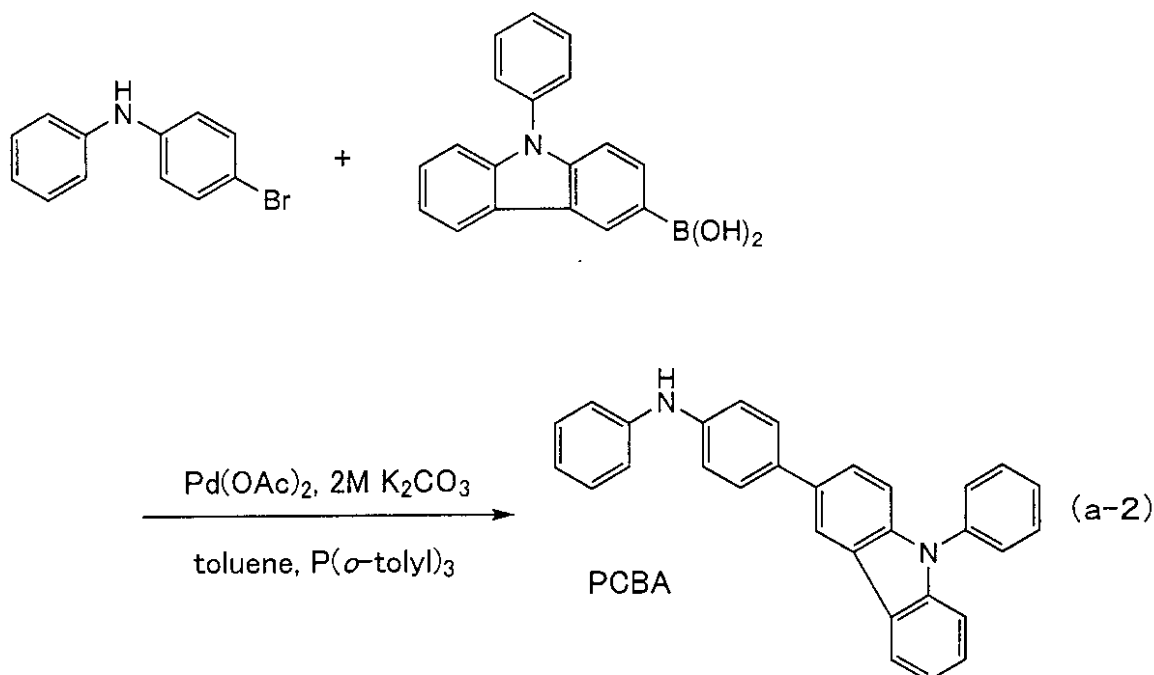
4-ブロモジフェニルアミン 6.5 g (26 mmol)、ステップ1で合成した9-フェニル-9H-カルバゾール-3-ボロン酸 7.5 g (26 mmol)、トリ(o-トリル)ホスフィン 400 mg (1.3 mmol)を500 mL三口フラスコへ入れ、フラスコ内を窒素置換した。この混合物へトルエン100 mL、エタノール50 mL、炭酸カリウム水溶液(0.2 mol/L)14 mLを加えた。この混合物を、減圧下で攪拌しながら脱気し、脱気後、酢酸パラジウム(II) 67 mg (30 mmol)を加えた。この混合物を100 10時間還流した。還流後、この混合物の水層をトルエンで抽出し、抽出溶液と有機層を合わせ、飽和食塩水で洗浄した。有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥し、乾燥後この混合物を自然ろ過し、得られたる液を濃縮したところ、淡褐色の油状物を得た。この油状物をシリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒 ヘキサン：トルエン = 4：6)により精製した。精製後濃縮して得られた白色固体をジクロロメタンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶し、目的物の白色固体を4.9 g 収率45%で得た。ステップ2の合成スキームを下記(a-2)に示す。

20

【 0 2 0 7 】

【化 3】

30



40

50

【0208】

なお、上記ステップ2で得られた白色固体を核磁気共鳴分光法により、 ^1H NMRを測定した。以下にその測定データを示す。測定結果から、PCBAPAを合成するための原料であるPCBAが得られたことがわかった。

【0209】

^1H NMR (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 6.81 - 6.86 (m, 1H), 7.12 (dd, $J_1 = 0.9$ Hz, $J_2 = 8.7$ Hz, 2H), 7.19 (d, $J = 8.7$ Hz, 2H), 7.23 - 7.32 (m, 3H), 7.37 - 7.47 (m, 3H), 7.51 - 7.57 (m, 1H), 7.61 - 7.73 (m, 7H), 8.28 (s, 1H), 8.33 (d, $J = 7.2$ Hz, 1H), 8.50 (d, $J = 1.5$ Hz, 1H)

10

【0210】

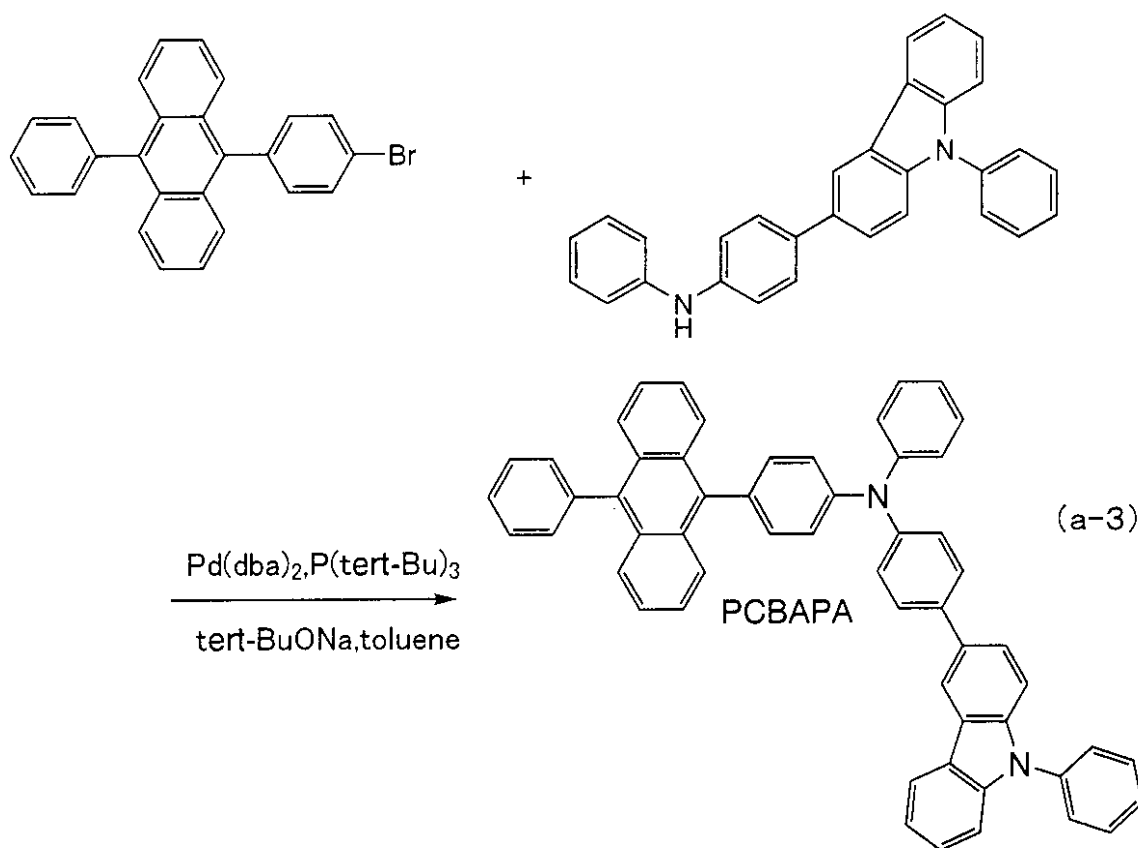
[ステップ3: PCBAPAの合成]

9-(4-プロモフェニル)-10-フェニルアントラセン 7.8 g (12 mmol)、PCBA 4.8 g (12 mmol)、ナトリウム tert-ブトキシド 5.2 g (52 mmol) を 300 mL 三口フラスコへ入れ、フラスコ内を窒素置換した。この混合物へ、トルエン 60 mL、トリ(tert-ブチル)ホスフィン (10 wt% ヘキサン溶液) 0.30 mL を加えた。この混合物を、減圧下で攪拌しながら脱気し、脱気後、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 136 mg (0.24 mmol) を加えた。この混合物を、100℃で3時間攪拌した。攪拌後、この混合物に約50 mLのトルエンを加え、セライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 531-16855)、アルミナ、フロリジル(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 540-00135)を通して吸引ろ過した。得られたろ液を濃縮し、黄色固体を得た。この固体をトルエンとヘキサンの混合溶媒にて再結晶し、目的物のPCBAPAの淡黄色固体 6.6 g 収率 75% で得た。得られた淡黄色粉末状固体 3.0 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 8.7 Pa、アルゴンガスを流量 3.0 mL/min でながしながら、350℃でPCBAPAを加熱した。昇華精製後、PCBAPAの淡黄色固体を 2.7 g、回収率 90% で得た。また、ステップ3の合成スキームを下記(a-3)に示す。

20

【0211】

【化 4】



【0212】

なお、上記ステップ3で得られた固体の ^1H NMRを測定した。以下に測定データを示す。測定結果から、PCBAPAが得られたことがわかった。

【0213】

^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz): δ = 7.09 - 7.14 (m, 1H), 7.28 - 7.72 (m, 33H), 7.88 (d, J = 8.4 Hz, 2H), 8.19 (d, J = 7.2 Hz, 1H), 8.37 (d, J = 1.5 Hz, 1H)

【0214】

続いて、PCCPAの合成方法について以下に示す。

【0215】

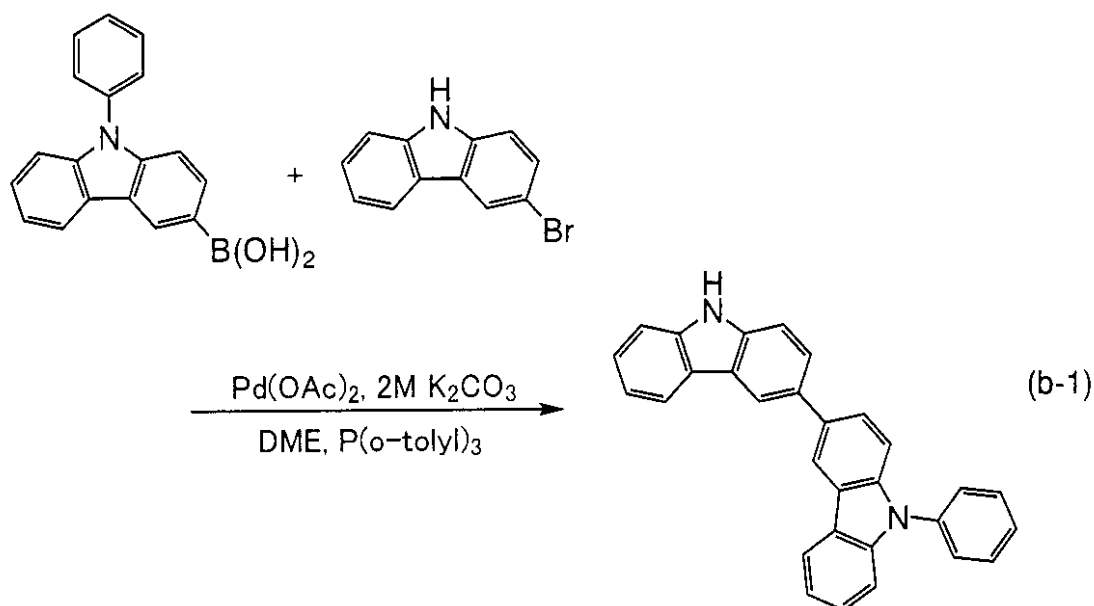
[ステップ1: 9-フェニル-3,3'-ビ(9H-カルバゾール)(略称: PCC)の合成]

3-ブロモカルバゾール 2.5 g (10 mmol)、N-フェニルカルバゾール-3-ボロン酸 2.9 g (10 mmol)、トリ(オルト-トリル)ホスフィン 152 mg (0.50 mmol)を200 mL三口フラスコへ入れた。フラスコ内を窒素で置換し、この混合物ヘジメトキシエタノール(DME) 50 mL、炭酸カリウム水溶液(2 mol/L) 10 mLを加えた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気し、脱気後、酢酸パラジウム 50 mg (0.2 mmol)を加えた。この混合物を、窒素気流下で80 3時間攪拌した。攪拌後、この混合物にトルエン約50 mLを加え、30分ほど攪拌し、この混合物を水、飽和食塩水の順で洗浄した。洗浄後、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然ろ過し、得られたる液を濃縮したところ油状物質を得た。得られた油状物質をトルエンに溶かし、この溶液をフロリジール(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 540-00135)、アルミナ、セライト(和光純薬工業株式会社、カタログ番号: 531-16855)を通してろ過し、得られたる液を濃縮したところ、目的物の白色固体を、3.3 g 収率80%で得た。ステップ1の合成スキームを下記(b-1)

に示す。

【 0 2 1 6 】

【 化 5 】



【 0 2 1 7 】

なお、上記ステップ 1 で得られた固体を核磁気共鳴分光法により、 ^1H NMR を測定した。

以下にその測定データを示す。

【 0 2 1 8 】

^1H NMR (DMSO- d_6 , 300 MHz) : δ = 7.16 - 7.21 (m, 1H), 7.29 - 7.60 (m, 8H), 7.67 - 7.74 (m, 4H), 7.81 - 7.87 (m, 2H), 8.24 (d, J = 7.8 Hz, 1H), 8.83 (d, J = 7.8 Hz, 1H), 8.54 (d, J = 1.5 Hz, 1H), 8.65 (d, J = 1.5 Hz, 1H), 11.30 (s, 1H)

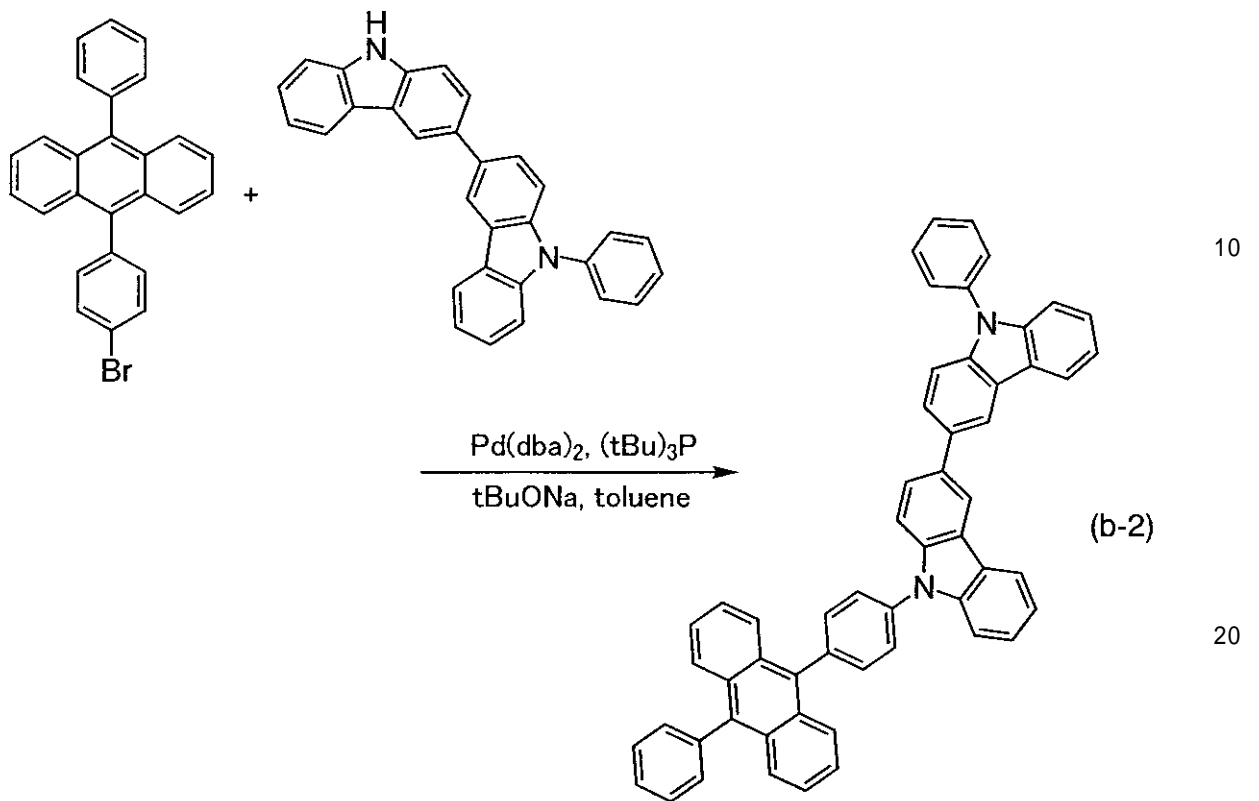
【 0 2 1 9 】

[ステップ 2 : PCCPA の合成]

9-フェニル-10-(4-ブromoフェニル)アントラセン 1.2 g (3.0 mmol) と、PCC 1.2 g (3.0 mmol)、tert-BuONa 1.0 g (10 mmol) を 100 mL 三口フラスコへ入れた。フラスコ内を窒素にて置換し、この混合物へトルエン 20 mL、トリ(tert-ブチル)ホスフィン(10 wt%ヘキサン溶液) 0.1 mL を加えた。この混合物を減圧しながら攪拌することで脱気をした。脱気後、この混合物へ、ビス(ジベンジリデンアセトン)パラジウム(0) 96 mg (0.17 mmol) を加えた。この混合物を窒素気流下で、110℃ 8 時間還流した。還流後、この混合物にトルエン約 50 mL を加え、30 分ほど攪拌し、この混合物を水、飽和食塩水の順で洗浄した。洗浄後、有機層を硫酸マグネシウムにより乾燥した。この混合物を自然ろ過し、得られたろ液を濃縮したところ、油状物質を得た。得られた油状物質を、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(展開溶媒ヘキサン:トルエン = 1:1)により精製した。精製後濃縮して得られた淡黄色固体をクロロホルム/ヘキサンにより再結晶すると、目的物である PCCPA の淡黄色粉末状固体を 1.2 g 収率 54% で得た。得られた淡黄色粉末状固体 2.4 g をトレインサブレーション法により昇華精製した。昇華精製条件は、圧力 8.7 Pa、アルゴンガスを流量 3.0 mL/min で流しながら、350℃ で PCCPA を加熱した。昇華精製後、PCCPA の淡黄色固体を 2.2 g 回収率 94% で得た。また、ステップ 2 の合成スキームを下記 (b-2) に示す。

【 0 2 2 0 】

【 化 6 】



【 0 2 2 1 】

なお、上記ステップ2で得られた固体の ^1H NMRを測定した。以下にその測定データを示す。これより、上述の構造式(2)で表されるPCCPAが得られたことがわかった。

30

【 0 2 2 2 】

^1H NMR (CDCl_3 , 300 MHz): δ = 7.34 - 7.91 (m, 32H), 8.27 (d, J = 7.2 Hz, 1H), 8.31 (d, J = 7.5 Hz, 1H), 8.52 (dd, J_1 = 1.5 Hz, J_2 = 5.4 Hz, 2H)

【 符号の説明 】

【 0 2 2 3 】

- 1 0 0 陽極
- 1 0 1 陰極
- 1 0 2 第1の層
- 1 0 3 第2の層
- 1 0 4 第3の層
- 1 0 5 第4の層
- 1 0 6 発光素子
- 1 0 7 有機化合物を含む層
- 1 1 0 陽極
- 1 1 1 陰極
- 1 1 2 第1の層
- 1 1 3 第2の層
- 1 1 4 第3の層
- 1 1 5 発光素子

40

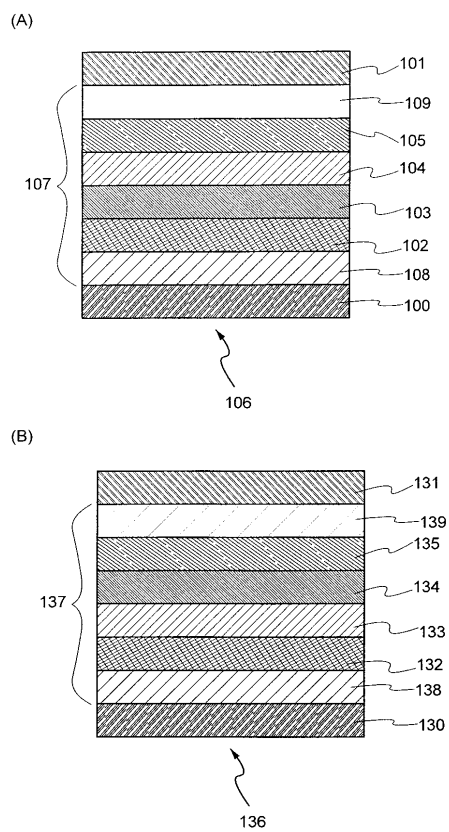
50

1 1 6	有機化合物を含む層	
1 0 0	陽極	
1 3 1	陰極	
1 3 2	第 1 の層	
1 3 3	第 2 の層	
1 3 4	第 3 の層	
1 3 5	第 4 の層	
1 3 6	発光素子	
1 3 7	有機化合物を含む層	
6 0 1	駆動回路部 (ソース側駆動回路)	10
6 0 2	画素部	
6 0 3	駆動回路部 (ゲート側駆動回路)	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	20
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	有機化合物を含む層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	n チャネル型 T F T	
6 2 4	p チャネル型 T F T	
9 0 1	筐体	
9 0 2	液晶層	
9 0 3	バックライトユニット	30
9 0 4	筐体	
9 0 5	ドライバ I C	
9 0 6	端子	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	有機化合物を含む層	
9 5 6	電極	
1 0 0 1	基板	40
1 0 0 2	下地絶縁膜	
1 0 0 3	ゲート絶縁膜	
1 0 0 4	導電層	
1 0 0 6	導電層	
1 0 0 9	低濃度不純物領域	
1 0 1 4	高濃度不純物領域	
1 0 1 5	高濃度不純物領域	
1 0 1 8	高濃度不純物領域	
1 0 2 0	層間絶縁膜	
1 0 2 1	層間絶縁膜	50

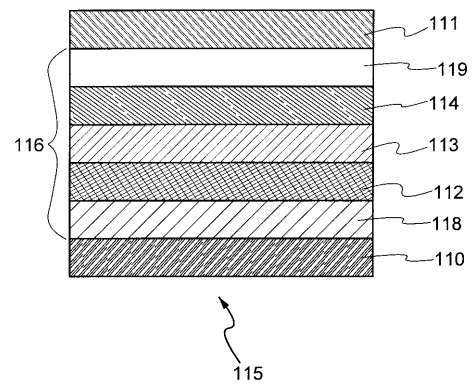
1 0 2 2	電極	
1 0 2 3	電極	
1 0 2 4 W	電極	
1 0 2 4 R	電極	
1 0 2 4 G	電極	
1 0 2 4 B	電極	
1 0 2 5	絶縁物	
1 0 2 7	絶縁層	
1 0 2 8	有機化合物を含む層	
1 0 2 9	電極	10
1 0 3 0	間隙	
1 0 3 1	封止基板	
1 0 3 2	シール材	
1 0 3 3	基材	
1 0 3 4 R	着色層	
1 0 3 4 B	着色層	
1 0 3 4 G	着色層	
1 0 3 5	黒色膜	
1 0 3 6	オーバーコート層	
1 0 4 0	画素部	20
1 0 4 1	駆動回路部	
1 0 4 2	周縁部	
1 0 4 4 B	発光領域	
1 0 4 4 G	発光領域	
1 0 4 4 R	発光領域	
1 0 4 4 W	発光領域	
2 0 0 1	筐体	
2 0 0 2	光源	
3 0 0 1	照明装置	
9 1 0 1	筐体	30
9 1 0 2	支持台	
9 1 0 3	表示部	
9 1 0 4	スピーカー部	
9 1 0 5	ビデオ入力端子	
9 2 0 1	本体	
9 2 0 2	筐体	
9 2 0 3	表示部	
9 2 0 4	キーボード	
9 2 0 5	外部接続ポート	
9 2 0 6	ポインティングデバイス	40
9 4 0 1	本体	
9 4 0 2	筐体	
9 4 0 3	表示部	
9 4 0 4	音声入力部	
9 4 0 5	音声出力部	
9 4 0 6	操作キー	
9 4 0 7	外部接続ポート	
9 4 0 8	アンテナ	
9 5 0 1	本体	
9 5 0 2	表示部	50

9 5 0 3	筐体
9 5 0 4	外部接続ポート
9 5 0 5	リモコン受信部
9 5 0 6	受像部
9 5 0 7	バッテリー
9 5 0 8	音声入力部
9 5 0 9	操作キー
9 5 1 0	接眼部

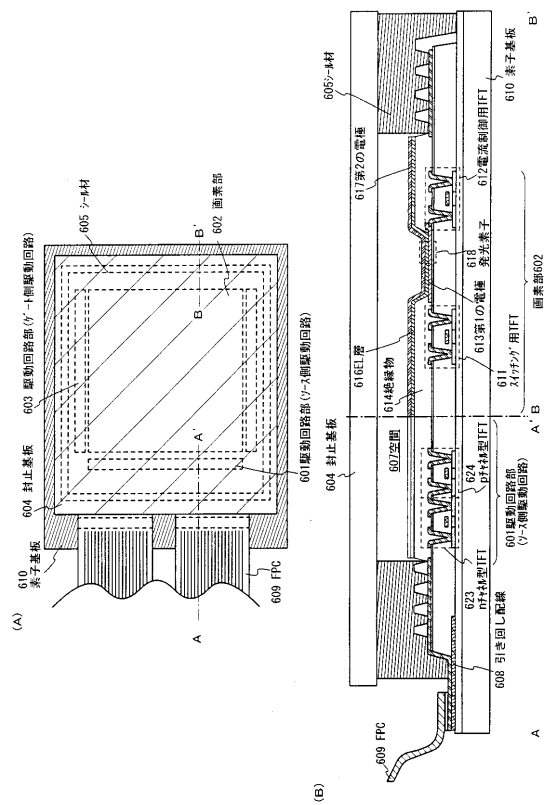
【図 1】



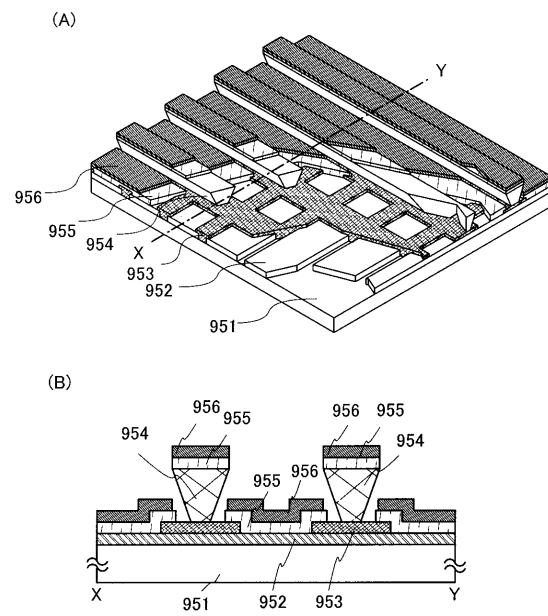
【図 2】



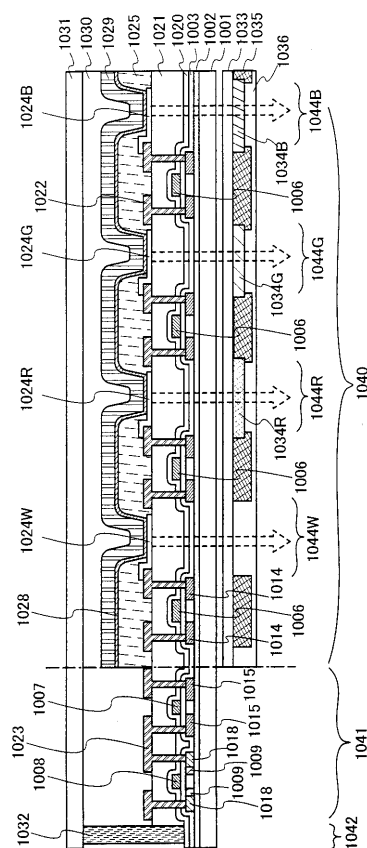
【 図 3 】



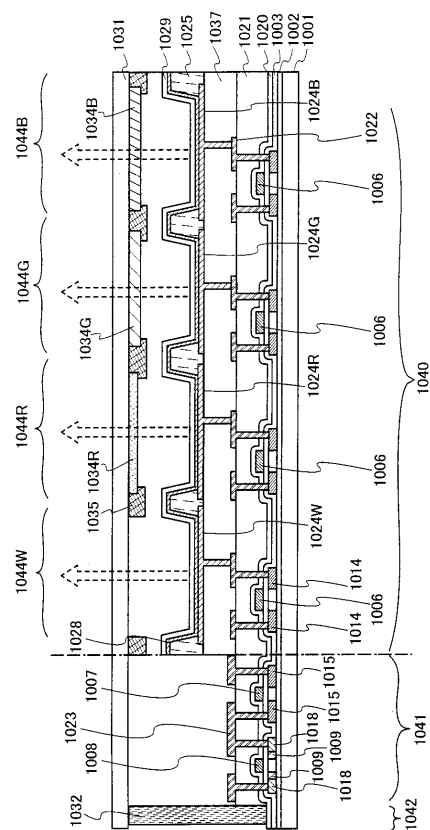
【 図 4 】



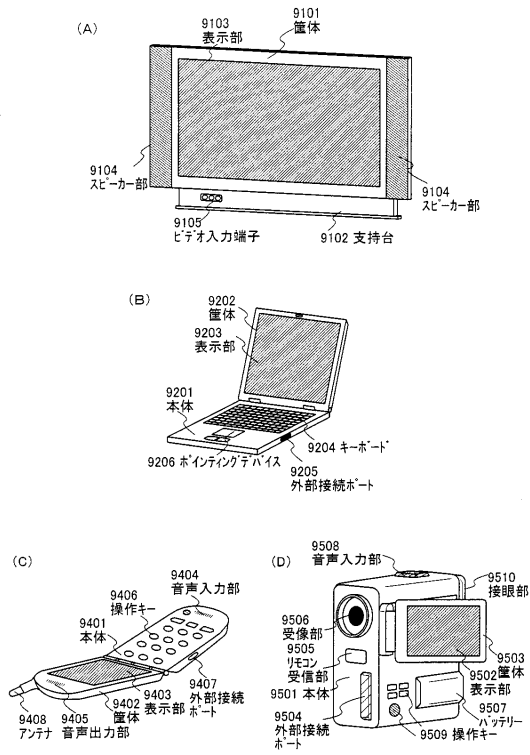
【 図 5 】



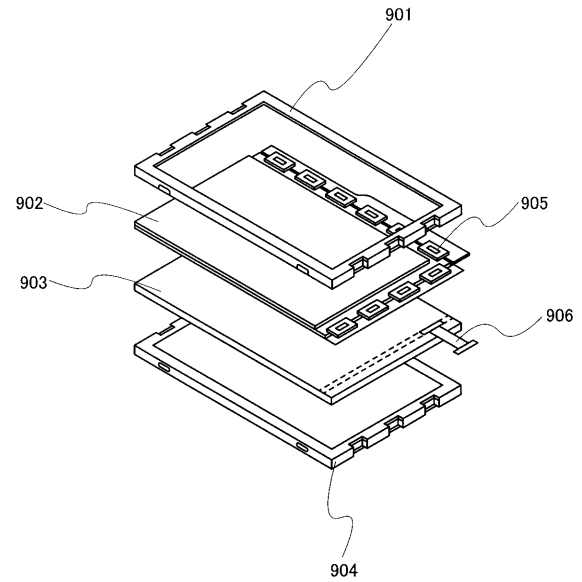
【 図 6 】



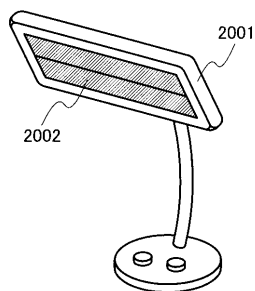
【図 7】



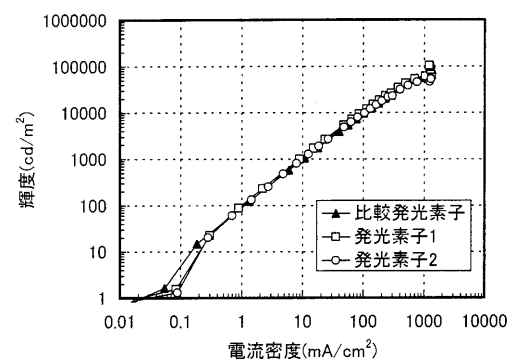
【図 8】



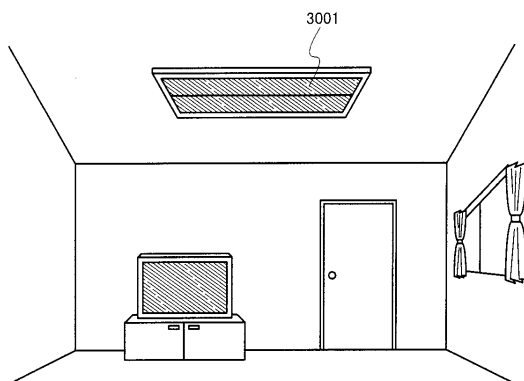
【図 9】



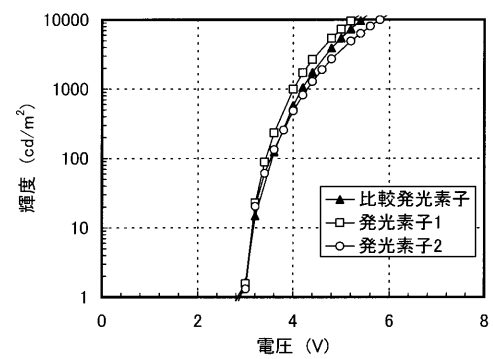
【図 11】



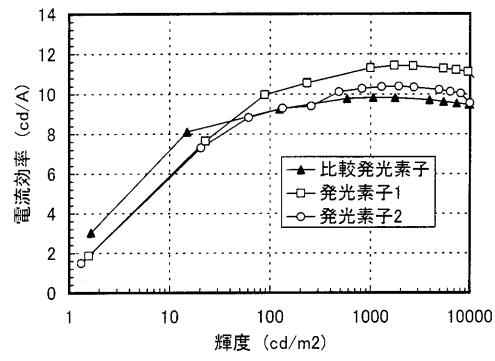
【図 10】



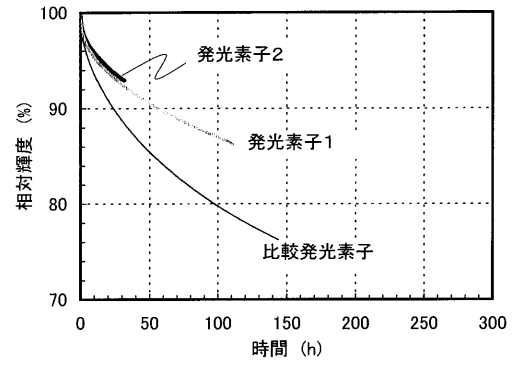
【図 12】



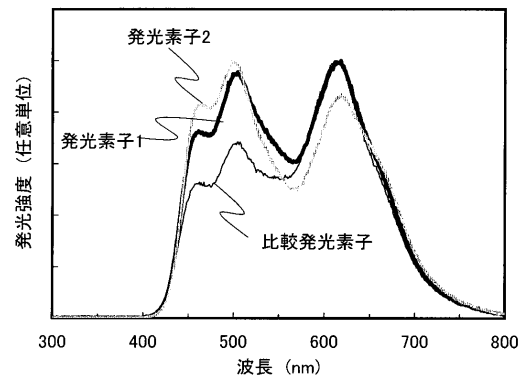
【図 1 3】



【図 1 5】



【図 1 4】



フロントページの続き

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

審査官 後藤 慎平

(56)参考文献 特開 2 0 0 0 - 1 8 2 7 6 8 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 3 3 5 2 1 4 (J P , A)

特開 2 0 0 7 - 1 4 0 5 3 0 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H 0 5 B 3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8

H 0 1 L 5 1 / 5 0