

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5005164号
(P5005164)

(45) 発行日 平成24年8月22日(2012.8.22)

(24) 登録日 平成24年6月1日(2012.6.1)

(51) Int.Cl.		F I	
HO 1 L 51/50	(2006.01)	HO 5 B 33/14	A
HO 5 B 33/02	(2006.01)	HO 5 B 33/02	
GO 9 F 9/30	(2006.01)	GO 9 F 9/30	3 6 5 Z
HO 1 L 27/32	(2006.01)		

請求項の数 25 (全 39 頁)

(21) 出願番号	特願2004-58351 (P2004-58351)	(73) 特許権者	502356528 株式会社ジャパンディスプレイイースト 千葉県茂原市早野3300番地
(22) 出願日	平成16年3月3日(2004.3.3)	(73) 特許権者	506087819 パナソニック液晶ディスプレイ株式会社 兵庫県姫路市飾磨区委鹿日田町1-6
(65) 公開番号	特開2005-251488 (P2005-251488A)	(74) 代理人	110000154 特許業務法人はるか国際特許事務所
(43) 公開日	平成17年9月15日(2005.9.15)	(72) 発明者	杉田 辰哉 茨城県日立市大みか町七丁目1番1号 株式会社 日立製作 所 日立研究所内
審査請求日	平成17年12月5日(2005.12.5)		

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子、発光型表示装置及び照明装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

第1の電極と、
前記第1の電極上に形成された発光層と、
前記発光層上に形成された第2の電極と、
前記第2の電極上に形成された光取り出し層及び低屈折率層とを有し、
前記発光層からの発光の一部を放射光として取り出す発光素子において、
前記放射光を取り出す方向に順に前記第2の電極、光取り出し層、低屈折率層が配置され、

前記発光層からの発光は前記光取り出し層によって散乱または回折され、
前記低屈折率層の屈折率は前記発光層及び前記光取り出し層の平均屈折率より低く、
前記第2の電極は透明電極であり、
前記光取り出し層と前記低屈折率層とは接しており、
前記光取り出し層に含まれる母材または微粒子には屈折率2以上の材料が用いられ、
前記光取り出し層の平均屈折率が、1.1から1.3であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項2】

請求項1に記載の発光素子において、
前記低屈折率層が気体層であることを特徴とする発光素子。

【請求項3】

20

請求項 1 または 2 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層の紫外波長での光散乱が可視波長での光散乱よりも大きいことを特徴とする発光素子。

【請求項 4】

請求項 3 に記載の発光素子において、
前記発光素子が基板上に形成されており、
前記発光層に対して前記基板が配置された側とは反対側から光を取り出すことを特徴とする発光素子。

【請求項 5】

請求項 3 に記載の発光素子において、
前記発光素子は有機発光ダイオード素子であることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 6】

請求項 3 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は、厚さ 40 nm ~ 400 nm であることを特徴とする発光素子。

【請求項 7】

請求項 3 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は、空孔を有することを特徴とする発光素子。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は、親水性であることを特徴とする発光素子。

20

【請求項 9】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は、親水性を有することを特徴とする発光素子。

【請求項 10】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層の平均屈折率は、前記発光層の平均屈折率より低いことを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

請求項 10 に記載の発光素子において、
前記発光素子が基板上に形成されており、前記発光層に対して前記基板が配置された側とは反対側から光を取り出すことを特徴とする発光素子。

30

【請求項 12】

請求項 10 に記載の発光素子において、
前記発光素子が基板上に形成されており、
前記発光層に対して前記基板が配置された側から光を取り出すことを特徴とする発光素子。

【請求項 13】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は金属層を含むことを特徴とする発光素子。

【請求項 14】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は光散乱層であることを特徴とする発光素子。

40

【請求項 15】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記発光層と前記光取り出し層の間に設けられる層の平均屈折率が前記光取り出し層の平均屈折率よりも高いことを特徴とする発光素子。

【請求項 16】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層は、透明媒体中に前記透明媒体と屈折率の異なる微小透明体が分散されたものであることを特徴とする発光素子。

50

【請求項 17】

請求項 16 に記載の発光素子において、
前記微小透明体の平均屈折率は前記透明媒体の平均屈折率より低いことを特徴とする発光素子。

【請求項 18】

請求項 16 に記載の発光素子において、
前記微小透明体の平均径が約 10 nm 以上 10 μm 以下であることを特徴とする発光素子。

【請求項 19】

請求項 1 乃至 18 のいずれか一項に記載の発光素子を複数有し、
複数の前記発光素子はマトリクス状に配置され、
前記発光素子の発光動作を制御して表示を行う発光型表示装置において、
前記第 1 の電極は、可視波長において低反射率であることを特徴とする発光型表示装置。

10

【請求項 20】

請求項 19 に記載の発光型表示装置において、
前記第 2 の電極と前記光取り出し層の間に、青色を緑色に、または青色を赤色に変換する蛍光色素を有する色変換層を有することを特徴とする発光型表示装置。

【請求項 21】

請求項 19 に記載の発光型表示装置において、
前記発光層は白色光を発光し、
前記発光層からの白色の一部の波長を透過するカラーフィルタを有することを特徴とする発光型表示装置。

20

【請求項 22】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層及び前記低屈折率層は空孔を含み、
前記光取り出し層の空孔の平均径は、前記低屈折率層の空孔の平均径より小さいことを特徴とする発光素子。

【請求項 23】

請求項 1 に記載の発光素子において、
前記光取り出し層及び前記低屈折率層は空孔を含み、
前記光取り出し層における空孔の占める割合は、前記低屈折率層における空孔の占める割合より小さいことを特徴とする発光素子。

30

【請求項 24】

マトリクス状に配置した複数の発光素子を備え、
前記発光素子からの発光動作を制御して表示を行う発光型表示装置において、
前記発光素子が、請求項 1 乃至 18、請求項 22 及び 23 のいずれか一項に記載の発光素子であることを特徴とする発光型表示装置。

【請求項 25】

少なくとも一つの発光素子を備え、
前記発光素子からの発光を用いて照明する照明装置において、
前記発光素子が、請求項 1 乃至 18、請求項 22 及び 23 のいずれか一項に記載の発光素子であることを特徴とする照明装置。

40

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子、本発光素子をマトリクス状に配置し発光動作を制御して表示を行う発光型表示装置、及び照明装置に関する。

【背景技術】

【0002】

50

有機発光ダイオード (Organic Light-Emitting Diode) 素子は、有機薄膜からなる発光層に正負の電荷を注入することにより電気エネルギーを光エネルギーに変換して発光する素子である。発光素子として有機発光ダイオード素子を備える発光型表示装置 (以下「OLEDディスプレイ」という。) は、液晶表示装置に代表される非発光型の表示装置とは異なり、自発光型であるためバックライトなどの補助光源が不要なことから薄型、軽量である。さらにOLEDディスプレイは視野角が広く、表示の応答速度が早いといった特徴を有する。

【0003】

OLEDは、基板に透明電極、ホール輸送層、発光層、電子輸送層、光反射性の金属からなる反射電極を順次積層した構造となっている。透明電極と反射電極との間に直流電圧を印加すると、発光層から所定の波長の発光が生じる。発光層から出射する光の一部は透明電極を通過して観察者に観察される。しかし、この際、積層面に略平行な方向に出射する光や、各層の界面において光の入射角度が臨界角より大きい光は積層面に平行な方向に導波し、観察者側には出射しないため表示光として有効に利用されないという問題点がある。

10

【0004】

一般に、光取り出し効率 (発光層から出射する発光量に対し、素子から観察者側に取り出される光量の比率) は古典光学的な見積によると20%程度といわれており、発光層から出射した光の多くは積層面に平行な方向に導波し、損失となっている。このため、低消費電力で明るいOLEDディスプレイを実現するには、導波損失を低減し、光取り出し効率を向上することが重要である。

20

【0005】

この課題に対して、特許文献1には、マトリクス状に設けられた発光層と、発光層に電子又はホールを供給する透明導電層と、発光層の発光を制御するマトリクス制御回路が形成されたTFT基板とを有するアクティブマトリクス型発光素子において、透明導電層の発光層と反対側の面に屈折率が1.01~1.3の範囲である低屈折率層を設けることを特徴とするアクティブマトリクス型発光素子が開示されている。

【0006】

また、特許文献2, 3には、陽極と陰極間に発光層を含む一層以上の有機層を有する有機エレクトロルミネッセンス素子において、素子界面での全反射を抑制する位置に回折格子又はゾンプレートが形成されていることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子が開示されている。

30

【0007】

【特許文献1】特開2002-278477号公報

【特許文献2】特公2991183号公報

【特許文献3】特開2003-163075号公報

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0008】

しかしながら、低屈折率層の屈折率は、一般的な物質では実現できない低い屈折率であり、特許文献1においてはシリカエアロゲルといった特殊な材料を用いることにより実現したものである。このシリカエアロゲルの作製には、特殊な作製方法を必要とし、作製が難しいという問題点があった。

40

【0009】

また、従来 of 回折格子を用いる場合は、回折格子を設けない場合に素子界面を透過していた光線も回折格子で回折されるため、波長、視角によっては、光量が変化することがおきた。また、外光も回折されるために回折格子で回折した光の偏光状態が変化してしまうために、コントラストが低下してしまうという問題点があった。

【0010】

本発明の目的は、簡易な作製方法で、発光層から出射した光を効率よく外部に取り出す

50

ための光取り出し効率を向上することである。

【0011】

また、コントラストの低下を抑制し、且つ光取り出し効率を向上する発光型表示装置及び照明装置を提供することである。

【課題を解決するための手段】

【0012】

本発明は、第1の電極と、第2の電極と、それらの間に配置された発光層とを有し、発光層からの発光の一部を放射光として取り出す発光素子において、放射光を取り出す方向に順に第1の電極、放射光を取り出す光取り出し層、発光層及び光取り出し層の平均屈折率より低い屈折率である低屈折率層が配置された構成とする。

10

【0013】

また、放射光を取り出す方向に順に第1の電極、発光層の平均屈折率より低い屈折率を有する光取り出し層が配置され、光取り出し層は、親水性を有する構成とする。

【0014】

また、放射光を取り出す方向に順に第1の電極、放射光を取り出す光取り出し層、発光層の平均屈折率より低い屈折率である低屈折率層が配置され、光取り出し層が、周期構造を有する構成とする。

【0015】

また、放射光を取り出す方向に順に第1の電極、第1の電極の平均屈折率より高い屈折率を有する高屈折率層、放射光を取り出す光取り出し層が配置され、光取り出し層の平均屈折率は、発光層の平均屈折率より低い構成とする。

20

【0016】

また、放射光を取り出す方向に順に第1の電極、放射光を取り出す光取り出し層、発光層の平均屈折率より低い屈折率を有する低屈折率層が配置され、光取り出し層は金属層を含む構成とする。

【0017】

また、発光層から放射する光を取り出す方向に順に、第1の電極、発光層の平均屈折率より低い平均屈折率を有する光取り出し層が配置され、光取り出し層は光散乱層である構成とする。

【0018】

また、発光層から放射する光を取り出す方向に順に、第1の電極、放射する光を取り出す光取り出し層が配置され、光取り出し層の平均屈折率は、1.1以上1.5以下である構成とする。

30

【0019】

また、発光層から放射する光を取り出す方向に順に、第1の電極、空孔を有する第1の光取り出し層、空孔を有し、第1の光取り出し層とは屈折率が異なる第2の光取り出し層が配置され、第1の光取り出し層の空孔の平均径は、第2の光取り出し層の空孔の平均系より小さい構成とする。

【0020】

また、第1の光取り出し層における空孔の占める割合は、第2の光取り出し層における空孔の占める割合より小さい構成とする。

40

【0021】

また、複数有し、各々が第1の電極と第2の電極間に配置された発光層を有する発光素子を有し、複数の発光素子はマトリクス状に配置され、発光層に対して発光層から放射する光を取り出す側に円偏光板を有し、発光素子の発光動作を制御して表示を行う発光型表示装置において、放射する光を取り出す方向に順に第1の電極、放射光を取り出す光取り出し層、発光層及び光取り出し層の平均屈折率より低い屈折率である低屈折率層が配置され、光取り出し層が可視波長で略透明であり、光取り出し層の可視波長での光散乱は紫外波長での光散乱よりも小さい構成である。

【0022】

50

また、放射する光を取り出す方向に順に第 1 の電極，放射光を取り出す光取り出し層，発光層及び光取り出し層の平均屈折率より低い屈折率である低屈折率層が配置され、第 2 の電極は、可視波長において低反射率である構成とする。

【 0 0 2 3 】

また、少なくとも一つの発光素子を備え、発光素子からの発光を用いて照明する照明装置において、その発光素子は、第 1 の電極と、第 2 の電極と、前記第 1 の電極と前記第 2 の電極間に配置された発光層とを有し、放射光を取り出す方向に順に第 1 の電極，放射光を取り出す光取り出し層，発光層及び光取り出し層の平均屈折率より低い屈折率である低屈折率層が配置された構成とする。

【 発明の効果 】

10

【 0 0 2 4 】

本発明は、簡易な作製方法で作製でき、且つ発光層から出射した光を効率よく外部に取り出すための光取り出し効率が向上できる。

【 0 0 2 5 】

また、コントラストの低下が抑制でき、且つ光取り出し効率が向上できる発光型表示装置及び照明装置が提供できる。

【 発明を実施するための最良の形態 】

【 0 0 2 6 】

本発明の発光素子，表示装置及び照明装置は、光取り出し効率を向上するために、発光層から出射し積層面に略平行な方向に導波する導波モードを放射モードに変換する光取り出し手段を設けたものである。

20

【 0 0 2 7 】

また、本発明の発光素子，表示装置及び照明装置は、波長以下の微細なランダム構造又は周期構造をもった光取り出し構造を設けることにより、導波することなく発光素子より直接取り出される透過モード及び可視波長の外光への影響を低減し、かつ導波モードを放射モードに変換することができるようにしたものである。

【 実施例 1 】

【 0 0 2 8 】

図 1 は、本発明の発光素子の一実施例の断面図である。

【 0 0 2 9 】

30

本実施例の発光素子は、基板 6 とは反対方向から光を取り出す、所謂トップエミッション型の有機発光ダイオード（以下、OLED）素子である。基板 6 上に形成され、反射膜としても機能する反射電極 300 上に、OLED 素子を構成する有機層 100 が形成されている。有機層 100 上に透明電極 200 が形成されており、透明電極 200 と反射電極 300 とに直流電圧を印加し、電流を流すと、有機層 100 から所定の色に対応する波長の光が発光する。透明電極 200 と反射電極 300 は一方が陽極として機能し、他方が陰極として機能する。ここでは透明電極 200 が陽極として機能し、反射電極 300 が陰極として機能する場合を説明する。有機層 100 には、陽極と陰極の間に陰極側から順に電子輸送層 101，発光層 102，ホール輸送層 103 を 3 層積層配置した。有機層 100 の構成は 3 層に限らず、陽極とホール輸送層の間にさらにホール注入層を設ける 4 層構造や、発光層と電子輸送層を一つの層で兼用する 2 層構造としてもよい。以下では OLED 素子を構成する陰極と陽極の間に形成される発光層を含む薄膜層を単に有機層 100 という。

40

【 0 0 3 0 】

透明電極 200 上には、光取り出し層として機能するナノ構造層 400 を形成し、間隙 81 を設け、透明封止板 90 を用いて有機層 100 を密閉封止した。透明封止板 90 上には、本発光素子を発光型表示装置に用いた場合に発光型表示装置のコントラスト低下を抑えるために、1/4 波長板 700，偏光板 600 を積層配置した円偏光板 710 が配置されている。円偏光板 710 を設けることにより、反射電極 300 で反射した外光 908 が外に出てくることを抑制し、コントラスト低下を抑えている。

50

【0031】

本実施例では、ナノ構造層400として、有機層100からの発光のうち放射モードである透過光900にはほとんど影響せず透過し、透明電極200または有機層100に閉じ込められて導波する導波モードの導波光904に対して散乱層として機能する波長以下の構造を有する膜を用いた。ナノ構造層400としては、母材中に波長以下の微細な空孔あるいは微粒子を分散させたものが望ましく、可視光に対する平均屈折率が透明電極200または有機層100よりも小さな層を用いることが望ましい。

【0032】

ここで、ナノ構造層400の光取り出しに係わる機能について説明する。有機層100で発光し、透明電極200とナノ構造層400の界面及びナノ構造層400を間隙81との界面での臨界角よりも小さな入射角度で入射した光は、透明電極200、ナノ構造層400を順次透過し、透過光900として発光素子より放射される。残りの光は、透明電極200及び有機層100の屈折率が高いため、これらの層に閉じ込められ導波する。従来のOLEDディスプレイでは、この導波光904の割合が多く、光取り出し効率が低い要因となっていた。そこで、本実施例では、ナノ構造層400によりこの導波光904を散乱させ、光取り出し効率を向上した。ナノ構造層400の屈折率が低いため、導波光904は透明電極200または有機層100内を導波するが、導波の際導波光904の一部は、エバネッセント光としてナノ構造層400にしみ出す。このエバネッセント波の波長 λ_e は、高屈折率媒体の屈折率を n_1 、低屈折率媒体の屈折率を n_2 とすると、

【0033】

【数1】

$$\lambda_e = \frac{n_2}{n_1 \sin \theta_1} \lambda_2 = \frac{\lambda_0}{n_1 \sin \theta_1} \quad \dots(1)$$

と表される。本実施例では、 n_1 は透明電極200の屈折率、 n_2 はナノ構造層400の屈折率を示す。また、 λ_0 は真空中での波長を示し、高屈折率媒体中での波長を λ_1 、低屈折率媒体中での波長を λ_2 とすると、

【0034】

【数2】

$$\lambda_0 = n_1 \lambda_1 = n_2 \lambda_2 \quad \dots(2)$$

と表される。エバネッセント波は数学的には界面に垂直な方向の波数が虚数と表されるため、(1)式のように波長 λ_e が真空中での波長 λ_0 よりも短くなる。波長以下の構造による散乱はレイリー散乱によって表され、レイリー散乱による散乱強度は波長の4乗に反比例する。したがって、ナノ構造層400にしみ出したエバネッセント波は、ナノ構造層400の微細な構造により強く光散乱を受け、散乱光902として放射モードに変換され、外に取り出されることになる。この際、以下で説明するように表示装置においてコントラストを低下させないためには、透過光900はほとんど散乱を受けないことが望ましい。本実施例では、透過光900に対してはほとんど影響せず、導波光902のエバネッセント波をより強く散乱して取り出すことができるように、ナノ構造層400の散乱体のサイズを制御した。

【0035】

ナノ構造層400内において、透過光900とエバネッセント化した導波光904との散乱断面積の比は、おおよそ $(n_2/n_1)^4$ となるため、エバネッセント波の散乱を大きくし、透過光900の散乱を小さくするためには、 n_1 を大きく、 n_2 を小さくすることが望ましい。さらに、 n_2 が大きいとナノ構造層400で散乱した散乱光が、再び全反射によりナノ構造層400内に閉じ込められるため、この閉じ込めを抑制するためにも、 n_2 は小さいことが望ましい。したがって、ナノ構造層400として特に望ましい形態は、微細な空孔を分散させることで平均屈折率を小さくした構造である。

10

20

30

40

50

【 0 0 3 6 】

次に、エバネッセント波の強度が $1/e^2$ となる厚さを示すエバネッセント波の侵入深さ z_d は、

【 0 0 3 7 】

【 数 3 】

$$z_d = \frac{\lambda_1}{2\pi \left[\sin^2 \theta_1 - \left(\frac{n_2}{n_1} \right)^2 \right]^{1/2}} = \frac{\lambda_2}{2\pi \left[\left(\frac{\lambda_2}{\lambda_e} \right) - 1 \right]^{1/2}} \quad \dots (3)$$

10

と表される。ナノ構造層 400 において、透明電極 200 からおよそこの侵入深さ内にある散乱体により、エバネッセント波が散乱され、取り出される。このように、入射角度が大きくなると侵入深さが小さくなるが、エバネッセント波の波長も短くなり散乱強度は波長の 4 乗に反比例して大きくなるため、特に入射角度の大きな光線が強く光散乱を受けることになる。また、入射角度の大きな光線は散乱層と相互作用する時間も長い。このことから、界面近傍での散乱体の分布が特に重要であることが示される。したがって、散乱体は、ナノ構造層 400 全体に均一に存在する必要はなく、この侵入深さ程度の範囲に光散乱体があればよい。特に、 $\theta_2 = 90^\circ$ の時の侵入深さ z_{90}

【 0 0 3 8 】

【 数 4 】

$$z_{90} = \frac{\lambda_0}{2\pi \left[n_1^2 - n_2^2 \right]^{1/2}} \quad \dots (4)$$

20

にある光散乱体により強く光散乱を受けるため、透明電極 200 に接したこの侵入深さの範囲に光散乱体が多くあることが望ましい。

【 0 0 3 9 】

ナノ構造層 400 による光取り出し効率向上のためには、ナノ構造層 400 の散乱強度が強いことが望ましいが、一方、透過光 900 に対しては散乱が小さいことが望ましい。透過光 900 に対して散乱を小さくするためには、ナノ構造層 400 の膜厚を薄くすることが望ましい。ナノ構造層 400 に生じたエバネッセント波を散乱するためには、ナノ構造層 400 の膜厚は、(4) 式より求まる侵入深さの数倍、望ましくは 5 倍程度、より望ましくは 3 倍程度あればよい。また、(4) 式より求まる侵入深さ以下でもよく、上記のように界面での散乱が大きいため、侵入深さの 1/2 以上あれば効果がある。

30

【 0 0 4 0 】

ナノ構造層 400 は、導波光 904 として導波する全光エネルギーに対し、エバネッセント化する割合が大きい程、導波光 904 を散乱する効果が大きくなる。そのためには、導波層は薄いことが望ましく、さらに屈折率が高いことが望ましい。したがって、透明電極 200 は、有機層 100 よりも屈折率が高いことが望ましく、必要とする電気抵抗を有し光干渉による色変化が問題にならない程度に薄くすることが望ましい。あるいは、透明電極 200 とナノ構造層 400 との間に、透明電極 200 より屈折率の高い膜を薄く形成してもよい。

40

【 0 0 4 1 】

さらに、ナノ構造層 400 は光取り出し側に強く光散乱することが望ましく、例えば、空孔を含む母材部分は光が導波できるようにネットワークを形成していることが望ましい。

【 0 0 4 2 】

ナノ構造層 400 は、波長以下の構造を持つ媒体であるので、可視波長において光学的

50

には平均的な屈折率を持った一様な媒体とみなすことができる。ナノ構造層 400 の屈折率が測定できる場合は、 n_2 として測定した値を用いればよい。平均屈折率の測定は、エリプソメトリ、プリズムカブラ等の屈折率測定装置を用いればよい。あるいは、分光光度計を用いて透過率・反射率を測定し、これらから計算式に代入して求めてもよく、また、反射スペクトル又は透過スペクトルの干渉パターンから求めることもできる。測定できない場合は、平均媒質近似

【0043】

【数5】

$$v_A \frac{\varepsilon_A - \varepsilon_m}{\varepsilon_A + 2\varepsilon_m} + v_B \frac{\varepsilon_B - \varepsilon_m}{\varepsilon_B + 2\varepsilon_m} = 0 \quad \dots(5) \quad 10$$

を用いて計算した値を用いてもよい。 v_A 、 v_B はそれぞれ媒体 A 及び媒体 B の体積分率、 ε_A 、 ε_B はそれぞれ媒体 A 及び媒体 B の誘電率を示す。それぞれの誘電率は、屈折率 n より、

【0044】

【数6】

$$n = \sqrt{\varepsilon} \quad \dots(6)$$

から求めればよい。ナノ構造層 400 の場合は、母材と空孔をそれぞれ媒体 A 及び媒体 B とすればよい、ただし、ナノ構造層 400 は、ナノ構造層 400 全体が光学的に均質である必要はなく、透明電極 200 との界面側での光散乱性が強くてよく、また屈折率異方性を有してもよい。屈折率異方性を有する場合には、界面に平行な方向の屈折率が垂直な方向よりも小さいことが望ましい。これら屈折率分布がある場合においても、ナノ構造層 400 の平均屈折率は、全体の平均的な屈折率とすればよい。

【0045】

また、発光層 102 の屈折率として、発光層 102 単体の屈折率としてもよく、また、有機層 100 の平均的な屈折率を用いてもよい。有機層 100 を構成する膜は、膜厚が薄く、単層での屈折率の評価がむずかしく、また、電子輸送層 101、発光層 102、ホール輸送層 103 の屈折率の差はあまり大きくないためである。

【0046】

一般的に、有機層 100 の屈折率は、1.7 ~ 1.8 程度であり、透明電極 200 の屈折率は、1.8 ~ 2.1 程度である。また、上記のようにナノ構造層 400 としては、屈折率が小さいほうが光取り出し効率への寄与が大きい。したがって、可視波長においては、(4) 式より求まる侵入深さ z_{90} は、80 nm 以下であるため、ナノ構造層 400 の厚さは、400 nm 以下、特に 240 nm 以下が望ましい。また、40 nm 以上、望ましくは、80 nm 以上あれば、十分光取り出し層として機能するものである。

【0047】

このように、薄いナノ構造層 400 を設けた場合に、間隙 81 を設けず透明封止板 90 を直接ナノ構造層 400 に貼り付けると、エバネッセント波が透明封止板 90 にトンネル結合し、透明封止板 90 に透過することが起こる。この透過光は、透明封止板 90 内で導波光となり、取り出し光に寄与しなくなる。そのため、間隙 81 を設けない場合には、ナノ構造層 400 をエバネッセント波の侵入深さよりも十分に厚くする必要があり、透過光 900 に対して光散乱を小さくするためにはナノ構造層 400 の光散乱性を小さくする必要がある。したがって、エバネッセント波の光散乱が弱くなり、光取り出し効率の向上の効果は弱い。このことは、ボトムエミッション構造においても同様であり、本実施例は、トップエミッション構造において間隙 81 等の低屈折率層を設けた場合に特に効果が大きいものである。

【0048】

つまり、間隙 81 は、低屈折率層として機能しているものであり、間隙 81 の屈折率を

n_3 、有機層 100 または発光層 102 の屈折率を n_e とすると、

$$n_1 > n_2 > n_3$$

とすることが望ましく、さらに、望ましくは、

$$n_e > n_2$$

とすることである。

【0049】

本実施例の発光素子をマトリクス状に配置して画素を構成し、画素ごとに表示を切り替えて画像を表示することにより、発光型表示装置を構成できる。さらに、本実施例の発光素子は、照明装置としても用いることができるものであり、照明装置として用いる場合は全面一括して点灯するようにすればよい。あるいは、照明装置においても小領域に分割し、領域ごとにスイッチングまたは光量の調整をできるようにしてもよい。また、照明装置として用いる場合には、円偏光板 710 は用いなくてもよい。

10

【0050】

以下、本実施例の発光素子を発光型表示装置に用いた場合について説明する。

【0051】

まず、本実施例の発光型表示装置の画素構造について説明する。

【0052】

図3は1画素付近の模式断面図である。図4は上記発光型表示装置1における画素の平面構造の一部を説明するための模式平面図であり、図3は図4上のA-A線に沿った断面構造を示す1画素付近の模式断面図である。図5も本発明の発光型表示装置の一部断面を示す模式断面図であり、赤色の光を放射する有機層100R、緑色の光を放射する有機層100G、青色の光を放射する有機層100Bに塗り分けられている状態を示す。並置して示した赤色発光画素60R、緑色発光画素60G、青色発光画素60Bからなる3つの画素で一つのカラー1画素を構成し、これら3つの画素が発光する各色の光を加法混色することで所定の色を表示する。なお、これらの画素60R、60G、60Bは単位画素、あるいは副画素とも称し、モノクロ表示装置の場合は、単位画素がモノクロ1画素となる。

20

【0053】

本実施例の発光型表示装置は、薄膜トランジスタからなるスイッチング素子および有機発光ダイオード素子を有するアクティブマトリクス駆動型のOLED表示装置であり、有機発光ダイオード素子70が形成される基板6とは反対方向から光を取り出す、所謂トップエミッション型のOLED表示装置である。

30

【0054】

図3及び図4を参照しながら発光型表示装置1の1画素付近の構造を説明する。この発光型表示装置はガラスなどの絶縁性の材料から成る表面が平坦な基板6の上に薄膜トランジスタからなるスイッチング素子を備える。画素の回路を構成するドライバトランジスタ10やスイッチトランジスタ30などのスイッチング素子はポリシリコン薄膜トランジスタから構成される。ポリシリコン薄膜トランジスタはソース・ドレイン領域13、17やチャネルポリシリコン層14などを含むポリシリコン層の上にゲート絶縁膜16、ゲート電極層15、第1の層間絶縁膜18、ソース・ドレイン電極層19、第2の層間絶縁膜20を有する。

40

【0055】

また、ポリシリコン薄膜トランジスタと基板6との間には基板6からポリシリコン層14及びゲート絶縁膜16へのNaやKなどのイオンの混入をブロックするためにSiNx膜からなる第1の下地膜11を有し、さらに第1の下地膜11とポリシリコン層の間にはSiOx膜からなる第2の下地膜12を有する。

【0056】

スイッチングトランジスタ30、ドライバトランジスタ10、データ線7、ゲート線8、共通電位配線9などの非発光領域、第3の層間絶縁膜21が形成される。光反射面としても機能する反射電極300上には有機層100が形成される。有機層100は反射電極

50

300上に画素を覆うように形成されるが、発光領域61以外の領域では第3の層間絶縁膜21によって透明電極200とは隔離される。

【0057】

図6は発光型表示装置1の全体のレイアウトを模式的に示すブロック図であり、図7はその表示部2に構成されたアクティブマトリクス等の等価回路図である。

【0058】

図6(a)に示すように、発光型表示装置1は、ガラスなどの透明な絶縁性の材料から構成される基板6のほぼ中央部に表示部2が設けられる。表示部2の上側には、データ線7に対して画像信号を出力するデータ駆動回路3、左側にはゲート線8に対して走査信号を出力する走査駆動回路4が設置されている。これらの駆動回路3,4はNチャンネル型とPチャンネル型の薄膜トランジスタ(TFT)による相補型回路から構成されるシフトレジスタ回路、レベルシフト回路、アナログスイッチ回路などから構成される。なお、発光型表示装置1は、図6(b)に示すように脚5で支持され、テレビ映像、コンピュータ画像などのモニター装置として利用でき、また、テレビチューナを内蔵させて、単独としてテレビ受像機としても利用できる。

【0059】

発光型表示装置1は、アクティブマトリクス駆動型の液晶表示装置と同様、基板6上に複数のゲート線と、該ゲート線の延在方向に対して交差する方向に延在させた複数のデータ線が設けられており、図7に示すごとくm本のゲート線G1, G2, ..., Gmとn本のデータ線D1, D2, ..., Dnとの交差するところにマトリクス状に画素60が配置される。

【0060】

各画素は有機発光ダイオード素子70と、蓄積容量40と、ゲート電極がゲート線に接続し、ソース・ドレイン電極の一方がデータ線に接続され、他方が蓄積容量40に接続されているPチャンネル型のTFTからなるスイッチトランジスタ30と、ゲート電極が該蓄積容量40に接続し、ソース電極が上記データ線と同じ方向に延在する共通電位配線9に接続され、ドレイン電極が有機発光ダイオード素子70の一方の電極に接続されているNチャンネル型のTFTからなるドライバトランジスタ10とから構成される。また、有機発光ダイオード素子70の他方の電極は、全画素共通の電流供給線に接続されて一定の電位Vaに保たれる。

【0061】

次に各画素の駆動について図7を参照して説明する。画素の駆動は1行目のゲート線G1からターンオン電圧を順次供給し、1フレーム期間内にm行のゲート線に対して順次この電圧(走査信号)を供給する。走査信号によってスイッチトランジスタ30がオン状態になるとデータ線から画像信号がスイッチトランジスタ30を介して蓄積容量40に書き込まれる。つまり、この駆動スキームではあるゲート線にターンオン電圧が供給されている間はそのデータ線に接続されたスイッチトランジスタ30は全て導通状態となり、それに同期してn列のデータ線にデータ電圧が供給される。

【0062】

データ電圧はゲート線にターンオン電圧が供給されている間に蓄積容量40に蓄えられ、ドライバトランジスタ10のゲート電極は、スイッチトランジスタ30がオフ状態になっても、蓄積容量40により画像信号に相当する電位に1フレーム期間はほぼ保持される。蓄積容量40の電圧値はドライバトランジスタ10のゲート電圧を規定し、これによりドライバトランジスタ10を流れる電流値が制御され有機発光ダイオード素子70の発光が制御される。発光の停止は、ドライバトランジスタ10をオフ状態とすることで実現する。

【0063】

つまり、発光量を制御すべき画素に対応したゲート線にターンオン電圧が印加されるのに同期して、画像情報に対応した電圧を、データ線を介して印加することで画素の発光量を制御することができる。したがって、表示部2を構成する複数の画素の発光量を画像情

10

20

30

40

50

報に応じて制御することで所望の画像を表示することができる。なお、有機発光ダイオード素子に電流が流れてから発光が始まるまでの応答時間は通常 $1 \mu\text{s}$ 以下であるため、動きの速い画像を遅れることなく表示することができる。

【0064】

陽極として機能する透明電極200としては仕事関数の高い透明な電極材料を用いれば良く、例えばITO (Indium tin oxide) が好適である。また、InZnOを用いることもできる。

【0065】

陰極として機能する反射電極300には仕事関数の低いAl, Mg, Mg-Ag合金やAl-Li合金などを用いることができる。反射電極300をAl単体とする場合は駆動電圧が高く、寿命が短くなることから有機層100との界面に極薄いLi化合物(酸化リチウムLi₂O, フッ化リチウムLiFなど)を挿入してAl-Li合金に匹敵する特性を得るようにしてもよい。また、陰極に接する部分の有機層100をリチウムやストロンチウムなどの反応性の高い金属でドーピングして駆動電圧を低くするようにしてもよい。なお、反射電極300は光の反射率が高い材料で構成することが、有機層100から放射する光を効率よく表示装置の外部に取り出すために望ましい。さらに、反射電極300は、入射した円偏光を回転方向が逆の円偏光として反射する鏡面状の光反射面であることが外光反射の低減、及び有機層100から放射する光を表示装置の外部、つまり、有機層100から放射する光を観察者10000側に取り出す光利用効率の向上という面から望ましい。

【0066】

本実施例においては、反射電極300は、電極としての機能のほかに有機層100の裏面に設けられる光反射面としても機能するものであって、反射層と電極層とを兼用するものである。但し、反射層と電極層とを兼用せずに、反射電極300が設けられる位置に仕事関数が適切に制御された透明な導電材料からなる透明な電極を配置し、さらにその裏面に透明な電極とは別の光反射面として機能する光反射性の金属膜或いは誘電体多層膜を設ける構成としてもよい。

【0067】

有機発光ダイオード素子70を構成する有機層100としては陽極と陰極の間に陰極側から順に電子輸送層101, 発光層102, ホール輸送層103を積層配置したものをを用いることができる。或いは、陽極とホール輸送層の間にさらにホール注入層を設ける4層構造や、発光層と電子輸送層を一つの層で兼用する2層構造としてもよい。

【0068】

有機層100は透明電極200と反射電極300とに直流電圧を印加し、電流を流すと、透明電極200から注入されたホールがホール輸送層103を經由して、また、反射電極300から注入された電子が電子輸送層101を經由して、それぞれ発光層102に到達し、電子-ホールの再結合が生じてここから所定の色に対応する波長の光が生じるものである。本実施例ではフルカラー表示の発光型表示装置を実現するために、マトリクス状に配置する画素を構成する発光薄膜層として赤色, 緑色, 青色のいずれかの光を発するものを所定の順序で塗り分ける。つまり、発光薄膜層の発光色を画素毎に所定の配列で赤色, 緑色, 青色の3原色に対応した発光層を含む有機層100(図5では100R, 100G, 100B)が所定の配置で塗り分けられる。

【0069】

赤色発光の発光薄膜層の材料として、例えば、ホール輸送層は、-NPD(N, N-ジ(-ナフチル)-N, N-ジフェニル1, 1-ビフェニル-4, 4-ジアミン)や、トリフェニルジアミン誘導体TPD(N, N-ビス(3-メチルフェニル)1, 1-ビフェニル-4, 4-ジアミン), 電子輸送性発光層(電子輸送層と発光層を兼用)は、Alq3(トリス(8-キノリノレート)アルミニウム)にDCM-1(4-(ジシアノメチレン)-2-メチル-6-(p-ジメチルアミノスチリル)-4H-ピランを分散したものをを用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 7 0 】

緑色発光の発光薄膜層の材料として、例えば、ホール輸送層は、 -NPD や、トリフェニルジアミン誘導体 TPD 、電子輸送性発光層（電子輸送層と発光層を兼用）は、 Alq3 や、 BeBq や、キナクリドンでドーピングした Alq3 を用いることができる。

【 0 0 7 1 】

青色発光の発光薄膜層の材料として、例えば、ホール輸送層は、 -NPD や、トリフェニルジアミン誘導体 TPD 、発光層は、 $\text{DPVBi(4,4'-ビス(2,2-ジフェニルビニル)ピフェニル)}$ や、これと $\text{BCzVBi(4,4'-ビス(2-カルバゾールピニレン)ピフェニル)}$ からなる材料、或いはジスチリルアリレン誘導体をホストとし、ジスチリルアミン誘導体をゲストとしてドーピングしたもの、電子輸送層としては、 Alq3 を用いることができる。また、電子輸送性発光層（電子輸送層と発光層を兼用）として $\text{Zn(oxz)2(2-(o-ヒドロキシフェニル)-ベンズオキサゾールの亜鉛錯体)}$ を用いることができる。

10

【 0 0 7 2 】

さらに、上記低分子系の材料の他にポリマー系の材料を用いることができる。ポリマー系の材料としては PEDT/PSs （Polyethylene dioxythiopheneとPolystyrene sulphonateの混合層）と PPV （poly(p-phenylene vinylen)）の積層膜をホール輸送層、発光層として用いることができる。また、緑色の発光は PPV に緑インクを調合したもの、赤色の発光は緑インクに赤発光ドーパントとしてローダミンを添加調合したもので実現でき、青色の発光層としては F8 （Poly(dioctylfluorene)）を用いることができる。なお、 F8 は電子輸送層としても機能する。また、ポリマー系の材料としてはこの他に PVK （ポリビニルカルバゾール）のような色素含有ポリマーを用いることができる。

20

【 0 0 7 3 】

有機層 100R 、 100G 、 100B の塗り分けは、低分子系の場合は公知のシャドウマスクによる真空蒸着有機膜のパターニング成膜技術を用いることができる。この工程の際、第3の層間絶縁膜 21 はシャドウマスクの突き当て部材として使用することができる。

【 0 0 7 4 】

また、発光層 102 をポリマー系の材料で構成する場合は公知のインクジェットパターニング技術を用いることができる。この工程の際、第3の層間絶縁膜 21 は画素領域を分離する土手として機能させることができる。

30

【 0 0 7 5 】

また、発光層 102 としては燐光型発光材料あるいは三重項発光材料と呼ばれる発光効率の高い発光材料を用いることもできる。励起子形成において、三重項励起状態が統計理論的に生成確率が高いことから、燐光型発光材料は発光効率が高い。燐光型発光材料は、例えば、 Ir や Pt を中心金属に持つ重金属錯体を用いることで実現するもので、現状では、緑色と赤色には高い発光効率を得られる材料があるが、青色に対しては緑色や赤色と同等の効率が得られる発光材料がない状態である。このため、例えば、赤色、緑色、青色の各画素を構成する発光薄膜層に燐光型発光材料を適用して白色表示する場合を想定すると、赤色と緑色の光の強度は効率の低い青色に合わせて小さくする必要があるので、せっかく赤色と緑色の発光効率が高くて明りい白色表示が実現できなかった。

40

【 0 0 7 6 】

これに対し、本実施例のように、ナノ構造層 400 を用いて光取り出し効率を向上する場合、特に波長の短い光に対して光取り出し効率を向上の効果が大きいものであり、本実施例により特に青色の光取り出し効率を向上することにより、赤色及び緑色に燐光型発光材料を適用しても、燐光型発光材料の高い発光効率を活かした明りい白色表示ができる発光型表示装置を実現ができる。また、表示装置から観察者側へ取り出される赤色、緑色、青色のバランスがよくなり、発光効率が高い燐光型発光材料の性能を活かしたより明りい白色表示が実現できる。

【 0 0 7 7 】

50

いずれの場合も、有機層100を構成する各層は数十nm程度と薄く、これを通過する光の偏光状態はほぼ維持されるものである。

【0078】

有機層100の上には透明電極200が全面的に形成され、図示しない電流供給線と接続される。

【0079】

本実施例のナノ構造層400は、親水塗料を塗布し、塗膜を加熱し熱硬化させることで形成した。

【0080】

親水塗料は、加熱により塗膜の表面近傍が速やかに硬化する一方、その後塗膜内部の塗料由来の溶媒が揮発する際、表面近傍の硬化した塗膜を透過できず、内部に微細な空孔を形成する。この微細な空孔が、導波モードの光散乱に寄与する。

【0081】

このナノ構造層400の作製方法について説明する。

【0082】

塗料の塗布に先立ち、まずナノ構造層400を上部に形成する基材に紫外光照射、或いは酸素プラズマ照射、酸素プラズマ雰囲気放置、オゾン雰囲気放置等することで基材表面の濡れ性を向上させる。本実施例においては、透明電極200上にナノ構造層400を形成するため、透明電極200が基材に相当する。あるいは、ナノ構造層400との密着性を向上する目的で、非常に薄い樹脂層を形成してもよい。樹脂としては、ポリカーボネート、PMMA、またポリエチレン、ポリプロピレン等のハイドロカーボン系樹脂等を用いることができる。紫外光照射は高圧水銀ランプや超高圧水銀ランプでも可能であるが、DeepUVランプ、低圧水銀ランプ等のように、254nmや185nmといったオゾン生成しやすい紫外光を照射するランプが効果的である。この処理は、基材の水との接触角を低減するためのものであり、70°以下または50°以下とすることが望ましい。紫外光照射の際、基材を加熱してもよい。基材に樹脂を用いる場合には、加熱の温度を樹脂の熱変形温度の近傍（具体的には熱変形温度±20°）に設定するとよい。樹脂基材の場合は、加熱を行うことで、ナノ構造層400の硬度を向上することができる。次に親水塗料を塗布する。塗布の方法としてはディップコート、スピンコート、スプレーコート、パーコーターでの塗布等通常の塗布方法を用いることができる。

【0083】

親水塗料は親水材料、親水材料を保持するための保持体材料、及び溶媒から構成される。

【0084】

(1) 親水材料

親水材料としてはポリエチレングリコールやポリビニルアルコール等の有機高分子材料や親水性アルミナ粒子や親水性シリカ粒子あるいはチタニア粒子といった無機材料が挙げられる。この中で長期間水に浸漬しても溶け出さないものが親水性を長く保てるという点で親水性アルミナ粒子や親水性シリカ粒子といった無機材料が優れている（これら無機材料は無機酸化物となる）。またこれら無機の微粒子は水に分散されている場合が多く、その場合塗料として水の含有率が増えるため基材表面に塗布した後乾燥する際に水の含有率が増え、結果として基材表面で弾かれる可能性が出てくる。これは水の表面張力が72mN/mと汎用の有機溶媒に比べて大きいためである。そのため分散する溶媒は水よりもアルコール、エチルメチルケトン等の表面張力が20~30mN/mと言った小さなものを使った方が製膜性に優れる。本発明で用いる親水材料としてはアルコールエチルメチルケトン等の有機溶媒に分散できる点で親水性シリカ粒子が特に好ましい。

【0085】

(2) 保持体材料

保持体材料としてはポリエチレングリコールやポリビニルアルコール等の有機高分子材料やアクリルアミドのように加熱により重合し保持体となる有機材料、シリカゾルのよう

10

20

30

40

50

に加熱により無機の保持体となる材料等が挙げられる。この中で長期間水に浸漬しても溶け出さないものが親水性を長く保てるという点でアクリルアミド、シリカゾル、チタニアゾル等の材料が優れている。また上記親水材料を保持する際の相性もあり、無機の親水材料にはシリカゾルが特に好適である。

【 0 0 8 6 】

シリカゾルはアルコキシシランを希塩酸、希硝酸、或いは希リン酸で酸性となった水中、或いは水-アルコール混合液中で加熱することにより自己重合し分子量数千になったものことである。アルコキシシランとしてはメチルトリメトキシシラン、エチルトリメトキシシラン、ブチルトリメトキシシラン、テトラメトキシシラン、テトラエトキシシラン等が挙げられる。なお液性や溶媒が合えばアルコキシシランの代わりにアルコキシチタンを用いても良い。アルコキシチタンとしてはテトラ-*i*-プロピルチタネート、テトラ-*n*-ブチルチタネート、テトラステアシルチタネート、トリエタノールアミンチタネート、チタニウムアセチルアセトネート、チタニウムエチルアセトアセテート、チタニウムラクテート、テトラオクチレングリコールチタネート等が挙げられる。またこれらの化合物が数分子重合したのもも用いることが可能である。

10

【 0 0 8 7 】

ところで、シリカゾルの代わりにアミノ基を有するアルコキシシランを用いても上記シリカゾルと同様の保持性能を発揮することができる。しかも酸性のガスの雰囲気には晒すことでアミノ基がアンモニウム塩構造に変化し、結果として膜の親水性を更に向上させることも可能である。このような材料としてはN-(2-アミノエチル)-3-アミノプロピルメチルジメトキシシラン、3-アミノプロピルトリエトキシシラン、3-アミノプロピルトリメトキシシラン等が挙げられる。

20

【 0 0 8 8 】

(3) 溶媒

溶媒は親水材料や保持体材料との相性(分散性、相溶性)の良いものであり、熱硬化の際、容易に揮発するものが望ましい。特に親水膜中に空隙を形成するためには溶媒の沸点は熱硬化温度よりも低いものが望まれる。上記親水材料のうち、耐久性が高く好ましい材料である親水性アルミナ粒子や親水性シリカ粒子をよく分散するという点ではアルコール系の溶媒が好適である。保持体材料として好適なシリカゾルとの相溶性が高いという点でもアルコール系の溶媒、例えばメタノール、エタノール、*n*-プロパノール、イソプロパノールが望ましい。

30

【 0 0 8 9 】

上記親水塗料を基材に塗布した後最後に加熱する。これにより親水膜中に空隙が形成される。また硬化の際、塗膜表面を速やかに硬化温度で加熱する。これにより親水膜中に空隙が形成しやすくなる。

【 0 0 9 0 】

さらに、本親水性膜上に撥水膜を形成してもよい。例えば、含フッ素化合物からなる単分子層を形成することで作製可能である。撥水膜に潤滑性があるので耐擦性が向上することができる。

【 0 0 9 1 】

作製した親水膜の断面を調べたところ、大きさが10~200nmの空隙が確認された。また、空隙は親水膜の体積の80%以上形成することができた。したがって、シリカ粒子を用いた場合には、平均屈折率を1.1から1.5の間で変えることができる。また、チタニア粒子を用いた場合には、1.24から2.2の間で変えることができた。

40

【 0 0 9 2 】

本実施例に用いたナノ構造層400は、内部に微細な空孔を含んでおり、屈折率が親水材料や保持体材料よりも低い。空孔のサイズを制御することにより、可視波長においては略透明であり、紫外波長においては光散乱性を有するようにした。

【 0 0 9 3 】

また、本実施例のナノ構造層400は低温で形成できるため、有機層100を形成した

50

あとに有機層 100 にダメージを与えることなく透明電極 200 上に作製することができ、トップエミッション構造の OLED に好適なものである。

【0094】

本実施例のナノ構造層 400 により、光取り出し効率が 1.5 倍以上、条件によっては 2 倍以上向上することができた。つまり、ナノ構造層 400 を形成した場合に透明電極 200 および有機層 100 における伝搬損失は、1 画素の長さにおいて 0.6 dB 以上、良好な場合には 1.3 dB 以上となる。なお、画素の長さとしては、長い方の辺の長さとするればよい。例えば、100ppi においては画素サイズが約 250 μm となるため、透明電極 200 上にナノ構造層 400 を設けた発光層 102 の伝搬損失が 24 dB/cm 以上、望ましくは 52 dB/cm となるナノ構造層 400 を選べばよい。

10

【0095】

さらに、ナノ構造層 400 は、透明電極 200 または有機層 100 と間隙 81 の中間と中間の屈折率を有しているため、有機層 100 からの発光及び外光 908 に対する反射防止効果も有している。したがって、有機層 100 からの透過光 900 に対する透過率が向上し、光取り出し効率の向上にも寄与する。

【0096】

屈折率 n_1 の媒体 1 と屈折率 n_3 の媒体 3 中に、屈折率 n_2 の媒体 2 の層を設けて反射率を低減する場合、

【0097】

【数 7】

$$n_2 = \sqrt{n_1 n_3} \quad \dots (7)$$

20

となるようにし、波長 λ に対して、媒体 2 の膜厚 t を

【0098】

【数 8】

$$t = \frac{\lambda}{4n_2} \quad \dots (8)$$

した場合に、最も反射率が低くなる。可視波長全体で反射率を低くするためには、波長として可視波長の間付近の波長を用いればよく、510 nm から 580 nm を用いればよい。本実施例において、透明電極 200 表面での反射を小さくする場合には、透明電極 200 が媒体 1、間隙 81 が媒体 3、ナノ構造層 400 が媒体 2 に相当する。したがって、反射防止の効果が必要な場合には、ナノ構造層 400 の屈折率 n_2 として、1.3 から 1.41 程度が望ましく、厚さは 90 nm から 110 nm 程度が望ましい。したがって、上記の光取り出し向上の効果と反射率低減の効果とを得るために、本実施例のナノ構造層 400 において実現可能で望ましい屈折率の範囲は、1.1 から 1.41、あるいは、1.1 から 1.3 であり、これら屈折率範囲においてはナノ構造層 400 の膜厚を 90 nm から 140 nm とすることが望ましい。

30

【0099】

ナノ構造層 400 としては、母材と微粒子あるいは空孔との屈折率差が大きい方が、光散乱が大きくなり望ましく、平均屈折率は小さいことが望ましい。したがって、光取り出し効率向上のためには、母材には高屈折率を用いることが望ましく、TiO₂ 等の屈折率 2 以上の高屈折率な無機材料を用いることが望ましい。あるいは、屈折率 2 以下の母材の場合には、TiO₂ 等の高屈折率なナノ粒子を混ぜて屈折率を大きくしてもよい。

40

【0100】

本実施例のナノ構造層 400 は、親水性であるとともに、表面抵抗率が 1×10^{11} 以下となる特徴がある。そのため、表面が帯電しにくく作製時等にゴミ等の付着を防止する効果があり、信頼性・歩留まりを向上できる。

【0101】

有機発光ダイオード素子 70 の光取り出し面側には 1/4 波長板 700、偏光板 600

50

が積層配置されている。偏光板 600 と 1/4 波長板 700 はいわゆる円偏光板 710 を構成するものであり、少なくとも表示部 2 の全面を覆うように配置する。偏光板 600 はこれを通する光のうち特定の 1 方向に偏光面を持つ直線偏光は透過し、これと偏光軸が直交する直線偏光は吸収するものである。また、1/4 波長板 700 は偏光板 600 を通過した直線偏光の位相を $\pi/2$ ずらして、円偏光に変換する機能を有するものを用いる。

【0102】

偏光板 600 はポリビニルアルコール系の高分子フィルムにヨウ素または二色性染料を吸着させて延伸することで偏光機能を付与した膜の片側または両側にトリアセチルセルロースフィルムなどの透明な保護層を接着したものを用いることができる。

【0103】

1/4 波長板 700 としては透明な高分子フィルムを適宜な方法で延伸することで形成される位相差フィルムを用いることができる。高分子フィルムとしては延伸により光学異方性を付与できるものを用いればよく、例えばポリビニルアルコール、ポリカーボネート、ポリサルフォン、ポリスチレン、ポリアリレート、ノルボルネン等を用いることができる。

【0104】

なお、一般に位相差フィルムには屈折率の波長依存性があるため、太陽光や照明光などの外光や、白色光のように波長領域が広い光に対しては一枚の位相差フィルムで 1/4 波長の位相差を与えることが困難である。このため屈折率の波長依存性（波長分散）が異なる 2 種類の位相差フィルムをその遅相軸が直交するように積層する方法、或いは 1/4 波長の位相差値を有する位相差フィルムと、1/2 波長の位相差値を有する位相差フィルムを少なくとも 1 層、それらの遅相軸が交差するように積層する方法により、広い波長範囲で 1/4 波長の位相差を与える 1/4 波長板を構成するようにするとよい。後者の方法の場合は、位相差フィルムの屈折率の波長依存性が小さいフィルム、例えば非晶質オレフィンポリマーからなるフィルムを用いるとより理想に近い 1/4 波長板が実現できる。

【0105】

さらに広い視野角範囲に対して、1/4 波長板として機能し、広い視野角範囲で高い反射防止効果が得られる円偏光板を実現するために 2 軸性位相差フィルムの積層体を用いるとよい。

【0106】

また、1/4 波長板としては液晶性化合物からなる複屈折層や、この複屈折層と位相差フィルムとの積層体を用いてもよい。液晶性化合物としては棒状液晶化合物を用いこれをホモジニアス配向した状態で重合反応により固定することで複屈折層を形成する。この場合、液晶性化合物からなる複屈折層は数 μm と薄くできるため、位相差フィルムの積層体よりも薄い 1/4 波長板が実現できる。

【0107】

ここで、図 2 を用いて、外光 908 に対する円偏光板 710 の効果とナノ構造層 400 の特性を説明する。表示部 2 に入射した外光 908 が、各層の表面、界面で反射して戻るとコントラストの低下を招く。特に、反射電極 300 の反射率が高いためここでの反射によるコントラスト低下が大きい。さらに、トップエミッション構造では透明電極 200 の屈折率が高く、間隙 81 との屈折率が大きいため、この表面での反射の影響も大きい。本実施例では、円偏光板 710 を設け、これら反射によるコントラスト低下を抑制している。外光の約半分は円偏光板 710 により吸収され、残りの約半分が円偏光となって円偏光板 710 を透過する。表面、界面、反射電極 300 で反射した光は、入射した円偏光とは逆の円偏光となるため、円偏光板 710 で吸収され、外には出てこない。一方、有機層 100 で発光した光は無偏光であるので、約半分は円偏光板 710 により吸収されるが、残りの約半分が円偏光となって円偏光板 710 を透過し、表示に寄与する。

【0108】

このように、外光反射によるコントラスト低下を抑制するためには、ナノ構造層 400 においても偏光を崩さずに外光 908 を反射及び透過する必要がある。そのため、ナノ構

10

20

30

40

50

造層 400 は、可視波長の外光 908 に対して、円偏光状態を崩さない程度に散乱が弱いことが必要である。

【0109】

上記のように、本実施例のナノ構造層 400 は、有機層 100 からの可視波長の発光である透過光 900 に対して散乱が弱いものであり、このことは同時に可視波長の外光 908 についても散乱が小さいことが成り立つ。一方、導波光 904 におけるエバネッセント波に対して散乱が大きいものであり、このことは、紫外波長の外光 908 に対して散乱が大きいことを示す。したがって、ナノ構造層 400 として好ましい特性は、可視波長の外光 908 に対しては散乱が小さくほぼ透明であるのに対し、紫外波長に対しては散乱が大きいことである。

10

【0110】

可視波長は、一般的に約 380 ~ 約 780 nm の範囲とされており、紫外波長としては約 380 nm 以下とすればよい。

【0111】

ナノ構造層 400 における、可視波長と紫外波長の散乱性は、偏光して入射した外光 708 に対する偏光度の変化で評価できる。つまり、可視波長に対してはコントラスト低下が問題とならない程度に偏光度の解消度が小さく、一方近紫外の波長では偏光度を維持する必要がなく散乱性が大きいことが望ましい。可視光における光散乱は、視感度の高い波長 555 nm におけるコントラスト低下が特に問題である。この波長において、ナノ構造層 400 を一回透過した場合の光散乱（つまり、ヘイズ値）が 0% 以上 1% 以下、特に 0.2% 以下とすることが望ましい。このように光散乱を小さくすることにより、コントラストの低下を半分以下にとどめることが出来るため望ましい。

20

【0112】

一方、ITO の屈折率は 2 程度であるため、(1) 式よりナノ構造層 400 にしみ出すエバネッセント波の波長は、真空中の波長の約半分となる。したがって、エバネッセント波の波長は、上記可視波長に対して約 190 nm ~ 390 nm に短くなることになる。したがって、紫外線に対しては、概ね紫外波長と可視波長の境界となる 380 nm または半分の波長である 190 nm の間において、ナノ構造層 400 を一回透過した場合の 1% 以上、特に 5% 以上の光散乱が生じることが望ましい。

【0113】

通常、有機層 100 は大気中の水分などにより劣化しやすい。このため外気と触れないように透明封止板 90 を用いて密閉封止することが望ましい。

30

【0114】

透明封止板 90 としてはガラス板や、ガスバリア処理を施した高分子フィルム、薄いガラス板と樹脂フィルムを積層したものなどを用いることができる。高分子フィルムとしてはキャスト法により成膜したポリカーボネートフィルムや、トリアセチルセルロースフィルム等のポリマーフィルム、或いは射出成形により形成した脂環式アクリル樹脂等の光学的に等方なプラスチックシートやプラスチックフィルムなどを用いることができる。なお、高分子フィルムや樹脂板を用いる場合は、ガスバリア層を形成するなどのガスバリア処理を施すか、厚さ数十 μm 程度のガラスを貼り合わせてガスバリア性を持たせることが必要である。ただし、透明封止板 90 は光学的に等方であることが望ましい。

40

【0115】

本実施例では、第 3 の層間絶縁膜 21 をスペーサとして、可視光に対して透明でガスバリア性を有する透明封止板 90 と基板 6 とを表示装置の表示部の周囲に枠状に塗布した接着性のあるシール剤により固定した。あるいは、透明封止板 90 と基板 6 は表示装置の表示部の周囲に位置する部分に枠状に塗布したビーズやロッドなどのスペーサー材料を混入した接着性のあるシール剤により密閉封止してもよい。

【0116】

透明封止板 90 と光散乱部材の間には、上記のように空気と同程度の屈折率の間隙 81 を設けることが望ましい。間隙 81 には窒素ガスなどの不活性な気体を封入すると良く、

50

透明封止板 90 と基板 6 を固定する際、窒素ガスを封入し、密閉接着することで実現すればよい。さらに、透明封止板 90 と基板 6 との間であって表示部 2 の邪魔とならない位置に必要なに応じて乾燥剤を設けるとよい。なお、本実施例に用いたナノ構造層 400 は親水性の多孔質な膜であるため、吸湿材としての役割を持たせることもできる。

【0117】

透明封止板 90 には 1/4 波長板 700 及び偏光板 600 が配置される。1/4 波長板 700 及び偏光板 600 は、それぞれアクリル系の透明接着剤により接着される。1/4 波長板 700 及び偏光板 600 の全て、あるいはいずれかに十分なガスバリア性能が得られるような処理を施すのであれば、透明封止板 90 をなくしてもよい。

【0118】

あるいは、透明電極 200 上に直接、透明電極 200 よりも屈折率が高くガスバリア性の高い膜を積層することで封止部材を構成するようにしてもよい。このように、封止部材を用いず間隙 81 が生じない場合には、光取り出し側の空気を低屈折率層とみなせばよい。

【0119】

また、透明封止板 90 を気体が入らないように全面を密着してもよいが、このときには間隙 81 はナノ構造層 400 よりも屈折率の小さい透明体で満たすとよい。ナノ構造層 400 よりも屈折率を小さくするためには、ナノ構造層 400 よりも空孔率あるいは空孔サイズを変えたナノ構造層を用いることが望ましい。間隙 81 を充填することにより、発光型表示装置の強度を向上することができる。

【0120】

上記したように、本発明の表示装置は、従来では導波により損失となっていた光を取り出し光として効率よく利用できる。このため、同じ消費電力であれば、輝度が高く、明るい表示の表示装置を実現できる。或いは、同じ輝度（明るさ）であれば発光素子に流れる電流を小さくできるので消費電力が小さくなり、寿命の長い表示装置を実現できる。

【0121】

本実施例では、表示部全体に同じナノ構造層 400 を用いたが、各画素の発光波長に合わせてナノ構造のサイズを変えれば、さらに光取り出し効率を向上することもできる。

【0122】

本実施例の表示装置として、アクティブマトリクス駆動の発光型表示装置について説明したが、本発明はこれに限定されるものではない。すなわち、薄膜トランジスタなどのスイッチング素子を設けずに本発明に係る発光素子の電極をそれぞれ垂直走査線、水平走査線に直結して駆動する単純マトリクス駆動の発光型表示装置に適用してもよい。

【0123】

またさらに、本発明は、有機発光ダイオード素子として、例えば、J. Kido 他、“High Efficiency Organic EL Devices having Charge Generation Layers”, 2003 SID International Symposium DIGEST p964-965 (2003)にあるように、有機発光ダイオードユニットを複数積層したいわゆるマルチフォトン素子にも適用できる。マルチフォトン素子においては、最上部の透明電極上に光取り出し層を設ければよい。

【実施例 2】

【0124】

図 8 は、本発明発光素子の一実施例の断面図である。

【0125】

本実施例の発光素子は、反射電極 300 上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層 100 が形成され、その上に透明電極 200 が形成されている。さらに、透明電極 200 上に、高屈折率層 502、光取り出し層として機能するナノ構造層 400 が形成されている。有機層 100 は、透明封止板 90 を用い、透明封止板 90 とナノ構造層 400 との間には間隙 81 を設けて密閉封止した。透明封止板 90 上には、円偏光板 710 を設けており、反射電極 300 や界面で反射した外光 908 が外に出てくることを抑制し、本実施例の発光素子を発光型表示装置に用いた場合のコントラスト低下を抑える。

10

20

30

40

50

【0126】

本実施例のナノ構造層400は、実施例1と同じものであるが、ナノ構造層400と透明電極200の間に高屈折率層502を設けることにより、光取り出し効率を向上したものである。高屈折率層502には、透明電極200よりも屈折率の高い材料を用いた。有機層100で発光した光のうち一部は、透明電極200を透過し、透過光900として発光素子より取り出し光1000として出射される。残りの光は、透明電極200、有機層100及び高屈折率層502に閉じ込められ導波する。このとき、高屈折率層502の屈折率が透明電極200よりも高いため、導波する光の電場強度は、高屈折率層502で強くなる。高屈折率層502を薄く形成することにより、ナノ構造層400にしみだすエバネッセント光の電場強度を高屈折率層502を用いない場合に比べて強くすることができる。そのため、ナノ構造層400によって散乱される光強度が増加し、取り出される光の割合を向上できる。つまり、本実施例では、透過光900とエバネッセント化した導波光902との散乱断面積の比は、おおよそ $(n_2/n_1)^4$ となるため、 n_1 を大きくするとともに、高屈折率層502を導波する電場強度を強くすることによってさらに取り出し効率を向上したものである。

10

【0127】

さらに、導波光904は、高屈折率層502に強く閉じ込められるため、有機層100や反射電極300における電場強度が弱くなり、有機層100や反射電極300による光吸収を低減する効果もある。この光吸収の低減においても、光取り出し効率を向上することが出来る。

20

【0128】

したがって、有機層100、透明電極200、高屈折率層502、ナノ構造層400の屈折率をそれぞれ、 n_e 、 n_1 、 n_2 、 n_3 としたときに、

$$n_1 < n_2$$

$$n_e > n_3$$

とすることが望ましい。

【0129】

高屈折率層502は、均一な膜でもよく、あるいは、光散乱性を付加した膜でも良い。光散乱性を持たせる場合には、高屈折率層502を透過する光線に対しては、偏光が変化しない程度に散乱が小さくほぼ透明であることが望ましい。一方、導波光に対しては光取り出し効率に寄与する程度に光散乱性が強いことが望ましい。

30

【0130】

本実施例においては、高屈折率層502に TiO_2 膜を用いたため、屈折率2.2~2.5とした。高屈折率層502としては、他に ZnS 、 ZnO 、 SiN 等の膜を用いることが望ましく、これらの中に SiO_2 等の微粒子を分散して光散乱性を付与してもよい。あるいは、屈折率の高い樹脂中に、 TiO_2 等の微粒子を分散して平均屈折率を高くした膜を用いてもよい。この場合、樹脂として屈折率1.7以上の材料を用いることにより、 TiO_2 等の微粒子を混合することで平均屈折率を2.0以上とできるため、望ましい。

【0131】

また、高屈折率層502は、透明電極200と有機層100とを合わせた厚さよりも薄くすることが望ましく、透明電極200よりも薄いことがさらに望ましい。したがって、高屈折率層502は、膜厚0.1~10 μm が望ましく、特に、0.1~0.5 μm が望ましい。

40

【0132】

あるいは、高屈折率層502に変えて、光透過性を有する程度に薄い金属層を設けることも有効である。金属膜に発生する表面プラズモンによって、電場が強くなり金属膜に結合するためである。この場合、金属膜として、光透過性を有するように膜厚を5~50nmとすることが望ましく、表面プラズモンが生じやすいように金あるいは銀等の薄膜を用いることが望ましい。

【0133】

50

本実施例では、高屈折率層 502 を設けたため、(4) 式で表される侵入深さを小さくすることができた。そのため、ナノ構造層 400 を薄くしても必ずしも間隙 81 を設ける必要はない。したがって、間隙 81 部をナノ構造層 400 よりも屈折率の高い材料で充填しても良く、または、透明封止板 90 を直接ナノ構造層 400 に固着してもよい。また、本実施例は、トップエミッション構造に限定するものではなく、ボトムエミッション構造にも適用できるものである。ボトムエミッション構造においては、基板 6 側から、ナノ構造層 400、高屈折率層 502、透明電極 200、有機層 100、反射電極 300 の順になるように配置すればよい。なお、これら層間に他の機能を有する層を挿入することを制限するものではない。

【0134】

以下の実施例においても同様であるが、第 1 の実施例と同じく本実施例の発光素子をマトリックス状に配置して画素を構成し、画素ごとに表示を切り替えて画像を表示することにより、発光型表示装置を構成できる。さらに、本実施例の発光素子は、照明装置としても用いることができるものであり、照明装置として用いる場合は全面一括して点灯するようにすればよい。照明装置として用いる場合には、スイッチング素子、円偏光板 710 は用いなくてもよい。

【実施例 3】

【0135】

図 9 は、本発明発光素子の一実施例の断面図である。

【0136】

本実施例の発光素子は、反射電極 300 上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層 100 が形成され、その上に透明電極 200 が形成されている。さらに、透明電極 200 上に、光取り出し層として機能する柱状ナノ構造層 402 が形成されている。有機層 100 は、透明封止板 90 を用い、透明封止板 90 と柱状ナノ構造層 402 との間には間隙 81 を設けて密閉封止した。透明封止板 90 上には、円偏光板 710 を設けており、反射電極 300 や界面で反射した外光 908 が外に出てくることを抑制し、本実施例の発光素子を発光型表示装置に用いた場合のコントラスト低下を抑える。

【0137】

本実施例の柱状ナノ構造層 402 は、ナノサイズの柱状の構造を用いたものであり、柱状構造をランダムに配置することで導波光 904 に対して光散乱層として機能する。有機層 100 で発光した光のうち一部は、透明電極 200 を透過し、透過光 900 として発光素子より出射される。残りの光は、透明電極 200 及び有機層 100 に閉じ込められ導波する。この導波光のうち、柱状ナノ構造層 402 にしみ出したエバネッセント光が散乱され、取り出し光 1000 として取り出される。

【0138】

柱状ナノ構造層 402 による光散乱強度を大きくするためには、柱状構造の屈折率が高いことが望ましい。そのため、 TiO_2 等の高屈折率な無機膜を用いることができる。柱状ナノ構造層 402 の屈折率を向上するために、屈折率の高い媒体中にさらに屈折率の高い微粒子を混ぜてもよい。微粒子を混ぜることで平均的な屈折率が高くなるとともに、微粒子がエバネッセント波の散乱体としても機能する。特に、屈折率 1.7 以上の樹脂に、 TiO_2 等の微粒子を混ぜることにより、透明電極 200 または有機層 100 の屈折率よりも高くなった樹脂材料を用いると柱状ナノ構造層 402 の作製が容易となり望ましい。また、柱状ナノ構造層 402 の柱状構造は、散乱した光線を導波する導波構造としても機能するため、散乱光を正面側に伝える役割も果たすものである。そのため、柱状構造を先端にかけて細くする、或いは太くすると散乱光による正面の輝度を向上することができる。

【0139】

この柱状ナノ構造層 402 においては、実施例 1 と同じく、可視波長においては散乱性が小さく透明であることが望ましく、紫外波長においては散乱性が強いことが望ましい。そのため、柱状構造の径は 100 nm 以下が望ましく、特に 50 nm 以下の構造がのぞましい。また、柱状ナノ構造層 402 の平均屈折率は小さいことが望ましく、柱状構造も密

10

20

30

40

50

度を制御することで平均屈折率を定めることができる。柱状ナノ構造層 402 において、反射率を低減するために、平均屈折率を 1.1 から 1.3、または 1.1 から 1.41、または 1.1 から 1.5 とするためには、柱状構造の密度を、10% 以上、41% 以下、望ましくは 30% 以下とすればよい。

【0140】

本実施例の柱状構造の作製には、微細なパターンを形成した金型を樹脂層に押し付けて形成するいわゆるナノインプリントを用いた。柱状ナノ構造層 402 は、ナノサイズの柱状構造であるため、金型を剥がすときに柱状構造が伸びる。そのため、金型のサイズよりも柱状構造を微細化することが出来る。あるいは、無機材料等を用いる場合には、フォトリソグラフィの手法を用い、エッチングにより柱状に加工してもよい。

10

【0141】

本実施例においては、柱状構造の形状、屈折率、密度により、光散乱強度や平均屈折率を制御できるため、所望の特性となるように設計がしやすいとともに、安定してナノ構造層の特性を得ることができる。

【0142】

また、本実施例では、柱状の構造について説明したが、形状は柱状に限定するものではなく、ピラミッド形状等としてもよく、あるいは、膜中に孔を形成して、光散乱性と低屈折率化を実現してもよい。

【実施例 4】

【0143】

図 10 は、本発明発光素子の一実施例の断面図である。

20

【0144】

本実施例の発光素子は、反射電極 300 上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層 100 が形成され、その上に透明電極 200 が形成されている。さらに、透明電極 200 上に光取り出し層として機能する周期構造層 410 が形成されている。有機層 100 は、透明封止板 90 を用い、透明封止板 90 と周期構造層 410 との間には間隙 81 を設けて密閉封止した。透明封止板 90 上には、円偏光板 710 を設けており、反射電極 300 や界面で反射した外光 908 が外に出てくることを抑制し、本実施例の発光素子を発光型表示装置に用いた場合のコントラスト低下を抑える。

【0145】

本実施例では、周期構造層である回折格子 410 で反射した外光が回折されると偏光を崩しコントラストを低下させる要因となるので、回折格子 410 を発光層からの発光波長以下の周期構造を有する層とし、可視波長の外光に対して反射回折が生じないようにした。さらに、透明電極 200、有機層 100 に閉じ込められて導波する導波光 904 については、回折格子 410 で回折することにより透過あるいは反射して取り出すことができる。

30

【0146】

次に、可視波長の外光は反射回折せず、導波光 904 については回折して取り出すための回折格子 410 の条件を示す。第 1 の媒体の屈折率を n_1 、第 2 の媒体の屈折率を n_2 とした場合、媒体 j から入射角度 i で周期 d の周期構造に入射した波長 λ の光線が媒体 k で回折する場合の回折角度 θ は、

40

【0147】

【数 9】

$$n_j \sin i + n_k \sin \theta = \frac{m \lambda}{d} \quad \dots (9)$$

となる。 m は回折次数を示す。本実施例においては、透明電極 200 が第 1 の媒体（屈折率 n_1 ）、間隙 81 が第 2 の媒体（屈折率 n_2 ）に相当する。

【0148】

これらの式から、波長 λ の外光が、周期構造により反射回折しない条件は、

50

【 0 1 4 9 】

【数 1 0】

$$d < \lambda / 2n_2 \quad \dots(10)$$

となる。この条件において、有機層 1 0 0 での発光のうち周期構造がない場合に透明電極 2 0 0 を透過する光は、回折格子 4 1 0 の影響を受けずに透過できるため、回折格子 410 がない場合と同等以上の光量を取り出すことができる。次に、第 1 の媒体の内部を伝搬する光が回折格子 4 1 0 で回折し、第 2 の媒体側に透過回折光の生じる条件は、

【 0 1 5 0 】

【数 1 1】

$$\frac{\lambda}{n_2 d} - \frac{n_2}{n_1} \sin i < 1 \quad \dots(11)$$

10

を満たす必要があり、さらに、第 1 の媒体の内部を伝搬する光が回折格子 4 1 0 で第 1 の媒体側に反射回折し、伝播角度が変化する条件は、

【 0 1 5 1 】

【数 1 2】

$$\frac{\lambda}{n_1 d} - \sin i < 1 \quad \dots(12)$$

20

を満たす必要がある。回折格子 4 1 0 で第 1 の媒体側に反射回折した光線は、伝播角度が変化するため、回折後主に反射電極 3 0 0 で反射し、透明電極 2 0 0 より取り出すことができる。

【 0 1 5 2 】

本実施例においては、 $n_1 > n_2$ であるため、以上の条件を考慮すると

【 0 1 5 3 】

【数 1 3】

$$\frac{\lambda}{2n_1} < d < \frac{\lambda}{2n_2} \quad \dots(13)$$

30

となるように回折格子 4 1 0 の周期 d を選べば、波長 λ の外光が周期構造で反射回折を起こさず、反射光の偏光が崩れることがない。さらに、有機層 1 0 0 での発光のうち回折格子 4 1 0 を設けない場合に透明電極 2 0 0 を透過する光に対しても、周期構造は影響せず、周期構造がない場合と同じように透過する。一方、導波光に対しては、回折格子 4 1 0 により回折が起こり、透過或いは反射を起こして透明電極 2 0 0 から取り出すことができ、光取り出し効率を向上できる。

【 0 1 5 4 】

特に、

【 0 1 5 5 】

【数 1 4】

$$\frac{\lambda}{n_1 + n_2} < d < \frac{\lambda}{2n_2} \quad \dots(14)$$

40

とすれば、導波光に対して、透過回折と反射回折がともに生じるため回折による光取り出し効率向上の効果が大きく望ましい。但し、

【 0 1 5 6 】

【数 1 5】

$$\frac{\lambda}{2n_1} < d < \frac{\lambda}{n_1 + n_2} \quad \dots(15)$$

50

の場合においても、導波光に対して反射回折による光取り出し効率の向上ができるものである。

【0157】

特に、本実施例においては間隙81を設けているため、上記の式において $n_2 = 1$ とすればよい。 n_1 としてITOの屈折率1.8~2.1を用いると、周期 d を175nmから200nmとすることで、波長350から700nm、ないし400nmから800nmとなり、ほぼ可視波長をカバーすることができる。したがって、全面同じ周期の回折格子410を設ける場合には、周期 d を175nmから200nmとすることが望ましい。このように格子周期を定めると、紫外線の外光に対しては、周期構造層が回折格子410として働き、反射回折が生じる。つまり、本実施例の周期構造層は、略可視波長の外光反射に対しては平均屈折率を持った媒体として働き、近紫外波長については外光反射に対して回折格子として機能するものである。

10

【0158】

また、画素の色に合わせて周期 d を変えてもよい。その場合、赤く見える波長は570nmから780nmであり、緑については500nmから570nm、青については380nmから500nmであるため、各色の画素について周期 d は、R画素195nm以上390nm以下、G画素142nm以上250nm以下、B画素125nm以上190nm以下とすることが望ましい。あるいは、B画素とG画素とを同じ周期とし、R画素のみ周期を変えてもよい。この場合、B画素とG画素の周期を142nmから190nm、R画素の周期を195nmから210nmとすることが望ましい。このように、R画素の周期を選ぶことにより、R画素の回折格子410で回折される可視光は420nm以下となり、視感度の小さい波長となるため望ましい。

20

【0159】

このように、間隙81を設けることにより n_2 が小さくなり、(15)式に従って大きな周期 d の回折格子410を用いることができた。周期が大きいため、回折格子410の作製が容易となった。

【0160】

本実施例の周期構造は、露光用のレーザ光を2の光束に分け、これらの光束を角度を付けて感光性材料に照射する、いわゆる2光束レーザ干渉法を用いて感光性材料上にパターンを形成した。感光性材料としては、露光量によって溶解性の変化するレジストを用いてもよく、露光量に応じて表面形状が変化するアゾ色素ポリマー等を用いることもできる。RGBに対応して周期を変える場合は、2光束の照射角度、又はレーザの波長を変えればよい。

30

【0161】

2光束レーザ干渉法の代わりにフォトマスクを用いて露光してもよい。あるいは、金型を作製し、樹脂等に金型を押さえつけることで転写するいわゆるナノインプリントを用いても周期構造を作製できる。これらの手法を用いると、回折格子410を2方向に周期構造を持つ2次元的な周期構造とすることができる。この場合、2つの周期方向ともに、上記格子周期を満たすようにすればよい。

【0162】

40

また、本実施例の回折格子410は、可視波長の外光を回折しないため、可視波長の外光に対して反射防止効果もある。特に、反射防止効果を大きくするためには、透明電極200から間隙81にかけて徐々に周期構造の幅を減少させ、徐々に平均屈折率が変化することが望ましい。つまり、この場合、反射防止効果のためには、周期構造層を形成する材料は、透明電極200の屈折率に近いものを用いることが望ましい。さらに、周期構造のアスペクト比は、2以上が望ましい。

【0163】

また、間隙81を設けず、低屈折率材料を用いて充填し、低屈折率材料に透明封止板90を貼り付けてもよい。有機層100の屈折率を n_e 、低屈折率材料の屈折率を n_2 とすると、

50

$$n_e > n_2$$

とすることが望ましい。低屈折率材料は上記のように屈折率が小さいことが望ましく、実施例 1 に用いた低屈折率の親水膜が好適である。また、低屈折率材料を用いて充填する場合には、本実施例のトップエミッション構造に限定することなく、ボトムエミッション構造にも適用できるものである。

【 0 1 6 4 】

またさらに、周期構造層上に薄い金属層を設け、表面プラズモンによる伝搬を利用し回折効率を向上することもできる。この場合、表面プラズモンが生じ易いように、5 ~ 50 nm の金、あるいは銀等の薄膜を用いることが望ましい。

【実施例 5】

【 0 1 6 5 】

図 1 1 は、本発明装置の一実施例の断面図である。

【 0 1 6 6 】

本実施例の発光型表示装置は実施例 1 で説明した発光型表示装置において、赤色発光画素、緑色発光画素、青色発光画素と塗り分けられていた有機層を全て青色発光の有機層とし、赤色、及び緑色を表示する画素に相当する位置の導波層中に青色の光を受けて赤色の蛍光を発する色変換層、及び青色の光を受けて緑色の蛍光を発する色変換層をそれぞれ設けたものである。ここで、OLED 表示装置のフルカラー化に関してはいくつかの方式が提案・実証されており、その中のひとつに青色発光素子と蛍光性の色変換層 (CCM: color changing mediums) を組み合わせた方式 (以下、CCM 法) がある。CCM 法は青色発光層で発生した光で蛍光性の色変換用蛍光色素層を励起し、青色から緑色、赤色へ変換し 3 原色発光を得るものである (情報映像メディア学会誌 Vol.54, No8, pp1115 ~ 1120 参照)。

【 0 1 6 7 】

本実施例は、本発明にかかる表示装置に CCM 法を適用したもので、青色発光画素に関しては第 1 の実施例と同じく透明電極 200 上にナノ構造層 400 を設けたものであり、赤色、及び緑色の発光画素に関しては図 1 1 に示すように、突起部 550 で囲まれる窪地状の領域に第 1 のナノ構造層 400 a, 色変換層 602, 第 2 のナノ構造層 400 b をこの順に積層形成したものである。

【 0 1 6 8 】

有機層 100 で発光し、透明電極 200 及び有機層 100 を導波する導波光は、第 1 のナノ構造層 400 a 中にエバネッセント波を発生し、第 1 のナノ構造層 400 a により散乱されて色変換層 602 に取り出される。色変換層 602 においては、有機層 100 で発光した青色の光を所望の色に色変換する。色変換層 602 における発光は、ランダムな方向に出射されるため、一部が色変換層 602 内を導波する。この導波光を第 1 のナノ構造層 400 a 及び第 2 のナノ構造層 400 b で散乱して取り出す。

【 0 1 6 9 】

本実施例において、突起部 550 は、色変換層 602 を塗り分ける場合に画素ごとを分離する役目を果たす。また、画素を分離し、色変換層 602 から放出される光が他の画素へ漏れて、そこから観察者 1000 側へ出射することで生じる光学的なクロストークや表示のにじみといった画質の劣化を抑制する効果もある。さらに、反射膜 510 が反射膜として機能し、有機層 100 からの発光を反射して正面方向に取り出すことができる。

【 0 1 7 0 】

ナノ構造層 400 によるエバネッセント波の散乱は、波長が短いほど大きく、したがって青色に対して効果が大きいものである。つまり、本実施例におけるように、有機層を全て青色発光の有機層とすることで、青色の光取り出し効率を向上することができるものである。この光取り出し効率の向上した青色の光を用いて、緑と赤の色変換層 602 を励起するため、表示装置全体として輝度を向上できる。第 1 のナノ構造層 400 a はすべての画素で同じものを形成すればよく、表示部全体に塗布等により形成すればよい。

【 0 1 7 1 】

10

20

30

40

50

また、第2のナノ構造層400b上に間隙81を設けるのと同じく、第1のナノ構造層400aと色変換層602との間に第1のナノ構造層400a及び色変換層602よりも屈折率の低い低屈折率層を設けてもよい。この低屈折率層は、ナノ構造層400の空孔率を大きくしたものでよく、あるいはナノ構造層400の空孔率を上部にかけて大きくするようにしてもよい。

【0172】

また、透明電極200と色変換層602との間の光結合が十分大きい場合には、色変換層602と透明電極200間のナノ構造層400aは、用いなくてもよい。

【実施例6】

【0173】

図12は、本発明装置の一実施例の断面図である。

【0174】

この発光型表示装置は、有機層100Wの内部発光色が白色であること、カラーフィルタ530R, 530G, 530Bを有することなどが異なる。

【0175】

図12に示すとおり、有機層100を全て白色発光の有機層100Wとし、透明封止板90に赤色, 緑色, 青色に相当する光を透過するカラーフィルタ530R, 530G, 530Bを塗り分けたものである。透明電極200上にナノ構造層400を形成し、有機層100Wから発光した光の光取り出し効率を向上した。白色発光の発光薄膜層を実現する方法としては、発光色の異なる複数の発光層を積層する方法と、一つの発光層中に発光色が異なる色素をドーピングする方法がある。前者としては例えばTPDと、部分的にナイルレッドでドーピングしたAlq3と、1, 2, 4-トリアゾール誘導体(TAZ)を組み合わせたものがある。また、後者としてはPVKに3種類の色素、例えば1, 1, 4, 4-テトラフェニル-1, 3-ブタジエン(TPB), クマリン6, DCM1をドーピングしたものがある。いずれにせよ、白色発光の有機層100Wとしては発光効率が高く、寿命の長い白色発光が得られるものを用いることができる。

【0176】

カラーフィルタは透明封止板90に金属クロム, 酸化クロム、あるいは光吸収性の顔料を分散した感光性樹脂からなるブラックマトリクス520をパターン形成したのち、染色法, 顔料分散法、あるいは印刷法などの公知の技術によってそれぞれ赤色, 緑色, 青色に相当する光が透過し、それ以外の光は吸収する部分を塗り分けることで実現する。

【0177】

カラーフィルタ530R, 530G, 530B、が形成された透明封止板90は、画素を構成する有機層100Wの位置と、塗り分けられたカラーフィルタの位置が略一致するように位置合せをした上で、基板6と固定する。

【0178】

なお、本実施例では有機層100は全て白色の光を放射する有機層100Wとしたが、本発明はこれに限定されるものではない。つまり、赤色の画素には赤色の光を放射する有機層100を形成し、赤色透過のカラーフィルタ530Rを配置し、緑色の画素には緑色の光を放射する有機層100を形成し、緑色透過のカラーフィルタ530Gを配置し、青色の画素には青色の光を放射する有機層100を形成し、青色透過のカラーフィルタ530Bを配置してもよい。この場合、有機層100から放射してカラーフィルタで吸収される光が小さくなるため、光利用効率が高い発光型表示装置が実現できる。

【0179】

白色発光の有機層100Wを用いることにより、発光効率が高く、寿命の長い発光材料を用いることができる。さらに、本実施例において光取り出し効率を向上したため、有機発光ダイオード素子に流す電流密度を小さくでき、さらに、有機発光ダイオード素子の長寿命化を実現できた。

【0180】

また、本実施例においてカラーフィルタを設けない場合には、照明装置としても好適な

10

20

30

40

50

ものである。

【実施例 7】

【0181】

図 13 は、本発明装置の一実施例の断面図である。

【0182】

この発光型表示装置は、反射電極 300 上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層 100 が形成され、その上に透明電極 200 が形成されている。さらに、透明電極 200 上に導波層 500 を形成し、導波層 500 上に光取り出し層として機能するナノ構造層 400 が形成されている。有機層 100 は、透明封止板 90 を用い、透明封止板 90 とナノ構造層 400 との間には間隙 81 を設けて密閉封止した。透明封止板 90 上には、円偏光板 710 を設けており、反射電極 300 や界面で反射した外光 908 が外に出てくることを抑制し、本実施例の発光素子を発光型表示装置に用いた場合のコントラスト低下を抑える。

10

【0183】

導波層 500 は、透明電極 200 と同程度または透明電極 200 よりも屈折率の高い材料を用いることが望ましく、この場合、有機層 100 で発光した光は、透明電極を透過し、導波層 500 に入射する。導波層 500 の表面に臨界角より小さな角度で入射する光は導波層 500 を透過し、臨界角より大きな角度で入射する光は導波層 500 の表面で全反射して、主に導波層 500 内を導波する。導波層 500 からナノ構造層 400 にしみ出したエバネッセント波は、散乱され、取り出される。さらに、導波層 500 を導波する光は、斜面に形成された反射膜 510 に至り、反射膜 510 で照明に反射されて画像光となる。

20

【0184】

導波層 500 には、 TiO_2 膜や高屈折率な樹脂材料に TiO_2 等の微粒子と分散して高屈折率とした材料を用いることができる。微粒子を混ぜた場合は、微粒子は、導波層 500 を導波光の散乱体としても機能し、光取り出し効率が向上する。この場合、導波層 500 を透過する透過光に対しては、導波層 500 を通る距離は短く、散乱される割合は小さいが、導波層 500 を導波する光に対しては、導波層 500 の厚さに比べて長い距離を導波するため、より多くの散乱を受け、光取り出しに寄与する。導波層 500 を導波した光線は、本実施例では、反射膜 510 に至るまでに導波光が散乱光に変換されるため、有機層 100 や反射電極 300 で吸収される割合が少なく、ナノ構造層 400 を設けない場合に比べて、取り出し効率を向上することができる。

30

【0185】

導波層 500 に樹脂を用いる場合には、反射膜 510 の面に撥液処理をした後、バインダー樹脂成分と溶剤からなる組成物をスピンコート法、ブレードコート法などの成膜法を用いて成膜後、乾燥固化させることで形成することができる。或いは、バインダー樹脂成分と溶剤からなる組成物をインクジェット法などの印刷技術を用いて反射膜 510 の面に囲まれた領域に選択的に成膜後、乾燥固化することで形成しても良い。

【0186】

さらに、本発明の表示装置は、導波層 500 が第 3 の層間絶縁膜による突起部 550 で画素毎に分離されているため、ある画素から出射する光が他の画素領域に導波し、そこから出射することで生じる光学的なクロストークや表示のにじみといった画像の劣化がなく、くっきりとした高品位な表示を実現することができる。

40

【0187】

また、導波層 500 により、駆動素子や配線などが形成された基板において、駆動素子や配線などの段差が存在する部分も含め、その表示部を平坦化してもよい。この場合、有機材料をスピンコート法などで成膜することでその表面は比較的容易に平坦化できる。表示部 2 を平坦化することにより、スピンコート法等によりナノ構造層 400 を表示部 2 全体に均一に形成することができる。印刷、ナノインプリント法等によっても、表示部 2 全体に均一に光取り出し層、例えばナノ構造層 400、柱状ナノ構造層、周期構造層を容易

50

に形成できるようになる。特にこの平坦化は、照明装置として用いる場合に有効である。

【0188】

またさらに、この平坦化した導波層500をガスバリア性の高い透明で緻密な導波層とすることで、透明封止板90をなくすこともできる。あるいは、導波層500とナノ構造層400との間に透明で緻密な膜を設け、ガスバリア層とすることもできる。ガスバリア性導波層としては窒化シリコン、酸化チタンなどの無機膜を用いればよく、このような無機膜をCVD法などにより成膜する際、供給するガス流量等の条件を最適化し、できるだけ緻密な膜を形成するようにする。尚、ガスバリア性導波層は単層ではなく、複数層で構成するようにしてもよい。

【0189】

本実施例を照明装置に用いる場合には、円偏光板710を設ける必要はなく、導波層500をガスバリア層としても機能させる場合には、透明封止板90も設け無くてもよい。

【0190】

また、本実施例を表示装置に用いる場合には、円偏光板710は、ナノ構造層400と間隙81との間にナノ構造層400よりも屈折率の小さな材料を設けてもよく、あるいは、ナノ構造層400に直接貼り付けてもよい。ナノ構造層400上に貼り付ける場合は、エバネッセント波の侵み出し深さよりも十分に厚いことが望ましい。

【0191】

また、さらに必要に応じて、光学的なクロストークがないくっきりとした画像を表示するために、導波層500をフォトリソグラフィ技術等を適用することで画素毎に光学的に分離した状態とすることが望ましい。透明封止板90がないことで、より薄く、より軽い表示装置が実現できるという効果がある。

【0192】

突起部550は絶縁性の材料をフォトリソグラフィ法などによりパターンニングすることで形成される。突起部550としてはシリコン酸化物やシリコン窒化物などの無機物、あるいはアクリル、ポリイミド等の誘電体材料を用いればよい。尚、突起部550はこれにより反射膜510の高さ、及び導波層500の厚さが決まるため、高い光取り出し効率を実現するために数 μm 以上の高さがあることが望ましく、このような高さの突起を比較的短時間に形成するためには有機材料を用いることが現実的であり望ましい。突起部550は基板6から遠ざかるにしたがい幅が狭くなる断面形状をしており、その側面が基板面に対して傾斜した傾斜面となっている。尚、突起部550は所望の傾斜面を形成できるのであればどんな形成方法で形成しても良く、例えばスクリーン印刷法や、インクジェットによる直接描画といった方法でもよい。

【実施例8】

【0193】

図14は、本発明発光素子の一実施例の断面図である。

【0194】

本実施例の発光素子は、黒化電極310上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層100が形成され、その上に透明電極200が形成されている。さらに、透明電極200上に光取り出し層として機能するナノ構造層400が形成されている。有機層100は、透明封止板90を用い、透明封止板90とナノ構造層400の間には間隙81を設けて密閉封止した。透明封止板90には、反射防止膜92aおよび92bを形成しており、本実施例の発光素子を光型表示装置に用いた場合に透明封止板90での外光反射によるコントラスト低下を抑える。

【0195】

黒化電極310は、光透過性を有する薄い金属膜、透明導電膜、金属膜の三層で構成される。これら3層の複素屈折率と膜厚を制御することで、可視波長の正面反射率を1%以下に抑えることができる。このように、黒化電極310により、正面から入射する外光の反射率を抑えることができるため、黒化電極310からの外光反射によるコントラスト低

10

20

30

40

50

下を抑えることができる。そのため、本実施例においては、円偏光板を用いる必要がない。有機層 100 での発光のうち黒化電極 310 側に発光したものは、黒化電極 310 で吸収されるため、有機層 100 での発光のうち約半分は黒化電極 310 で吸収される。しかし、円偏光板を用いていないため、透過光 900 の光量は、円偏光板を用いた場合と同程度得られる。さらに、本実施例においては、透明電極 200，ナノ構造層 400，間隙 81 の順に屈折率が小さくなるため、ナノ構造層 400 が透明電極 200 の反射防止膜としても機能する。反射防止の効果を大きくするためには、(7)式と(8)式に示したように、ナノ構造層 400 の屈折率 n_2 と膜厚 t を選ぶことが望ましい。本実施例においては、 n_1 は、1.8 ~ 2.1 程度であり、 n_2 1 であるので、 n_3 は、1.34 から 1.41 が望ましく、1.1 ~ 1.41 としても反射防止の効果が得られるものである。表示装置において画素ごとにナノ構造層 400 の厚さを変える場合には、(8)式の t として各画素のピーク波長とすればよく、表示全体でナノ構造層 400 の厚さを同じとする場合には、緑の波長に合わせればよい。したがって、この場合、ナノ構造層 400 の膜厚としては、90 nm から 125 nm が望ましい。

【0196】

本実施例において、ナノ構造層 400 を設けることにより、透明電極 200 からの反射率を 1% 以下とすることができる。

【0197】

黒化電極 310 については、本実施例に限定するものではなく、Cr, Mo, Nb, W, Ta 等の低反射率な金属膜を用いてもよく、または、これら金属の上に透明導電膜を設けて反射率を低減してもよい。

【0198】

黒化電極 310 の反射率は、コントラスト低下を抑制するために透明電極 200 からの反射率よりも小さい必要があり、15% 以下、望ましくは 10% 以下とする必要がある。

【0199】

本実施例では、黒化電極 310 を用いることによりコントラスト低下を抑制することができ、円偏光板を用いていなくてもよい構成が簡単となる。

【実施例 9】

【0200】

図 15 は、本発明の発光素子の一実施例の断面図である。

【0201】

これまで述べてきたように、本発明の発光素子を表示装置に用いる場合には、周囲環境から表示装置に入射する外光を考慮する必要があった。つまり、本発明の発光素子に備えられる光取り出し層は外光反射を抑制することが必要であり、可視波長域の光はほとんど散乱又は回折せず、これに入射する光の偏光状態が略維持されることが重要であった。しかしながら、発光素子を液晶表示装置のバックライトなどの照明装置の光源として用いる場合には、特に外光の影響を考慮する必要がないため、光取り出し層は上記ナノ構造に限定されるものではない。つまり、光取り出し層としての機能に注目すると、光取り出し層は低屈折率な光散乱層としての特性が重要であり、照明装置に用いる場合は可視波長域の光も散乱する膜であって良い。

【0202】

図 15 はバックライト等の照明装置の光源に利用できる本発明の発光素子の概略構造を示す一部断面図である。この発光素子は有機発光ダイオード素子 70 が形成された基板 6 とは反対方向から光を取り出す、所謂トップエミッション型の素子である。ここでは以下、上記と同様、反射電極 300 と、透明電極 200 と、これら電極間にホール輸送層、発光層、電子輸送層などを順次積層した有機層 100 からなる有機発光ダイオード素子 70 に光取り出し層 450 を付加した発光素子について説明するが本発明はこれに限定されるものでない。つまり、本発明は発光層に無機材料を用いるエレクトロルミネッセンス素子や発光ダイオード素子に適用しても有用なものである。

【0203】

10

20

30

40

50

バックライトなどの照明装置の光源としては白色で発光することが望まれる。白色発光を実現する有機層100としては、発光色の異なる複数の発光層を積層する構成と、一つの発光層中に発光色が異なる色素をドーピングする構成がある。

【0204】

前者の構成としては例えばTPD, Alq3のAlq3を部分的にナイルレッドでドーピングし、さらに1, 2, 4-トリアゾール誘導体(TAZ)を組み合わせたものがある。また、後者としてはPVKに3種類の色素、例えば1, 1, 4, 4-テトラフェニル-1, 3-ブタジエン(TPB), クマリン6, DCM1をドーピングしたものがある。いずれにしても、白色発光の有機層としては発光効率が高く、寿命の長い白色発光が得られるものを用いることが望ましい。

10

【0205】

光取り出し層450は発光層から放射する光を取り出す側に設けるもので、透明電極200の光取り出し側に直接、或いは必要に応じて形成される図示しない透明な膜を介して形成する。また、光取り出し層450は外部への光取り出しを増やすため発光層を含む有機層100よりも屈折率を低くする。ここで、光取り出し層450は屈折率の異なる領域を混在させることで低屈折率を実現する層であるため、その屈折率のことを平均屈折率と呼ぶこととする。

【0206】

発光層102と光取り出し層450の間に設けられる層の屈折率は光取り出し層の平均屈折率よりも高くすることが外部への光取り出しを増加させるより明るい発光素子を実現するために重要である。言い換えると、光取り出し層450の平均屈折率は発光層102及び発光層102と光取り出し層450の間に設けられる層の屈折率よりも低くすることが重要である。

20

【0207】

これは、もし、発光層102と光取り出し層450の間に屈折率の低い層があると、その層の界面で全反射を生じ、基板6の面内方向へ伝播する光が増えて外部に取り出される光の量が制限されてしまうためである。

【0208】

このため、光取り出し層450は有機発光ダイオード素子70にできるだけ近い位置に形成し、光取り出し層450と有機発光ダイオード素子70との間にガラス基板などの屈折率が発光層よりも低いものを介在させないことが望ましい。これを実現するには本実施例のようにトップエミッション型の素子の光取り出し側の電極、つまり本実施例においては透明電極200上に光取り出し層450を形成することが望ましい。

30

【0209】

尚、上記の通り、光取り出し層450はその平均屈折率が低いことで外部に取り出される光の量が増えるものである。このため、従来の発光素子に対して実用的な効果を得ること、つまり、光取り出し層450の付加によるコスト上昇に見合った効果を得ることを考慮すると光取り出し層450の平均屈折率は1.1以上1.5以下、より望ましくは1.45以下とすることが必要である。

【0210】

光取り出し層450としては、少なくとも可視光に対して透明な樹脂などからなる透明媒体451中に透明媒体451とは屈折率が異なる少なくとも可視光に対して透明な微粒子、或いは気泡からなる微小透明体452を分散したものをを用いることができる。

40

【0211】

透明媒体451としては光硬化性の透明樹脂、熱可塑性の透明樹脂、熱硬化性の透明樹脂、或いはそれ自体に粘着剤としての機能を付加した透明樹脂を用いることができるが、成膜工程において有機膜にダメージを与えないことに留意する必要がある。

【0212】

尚、光取り出し層450を成膜する際の有機発光ダイオード素子70へのダメージを防止、あるいは緩和するために図示しない透明な層を透明電極200と光取り出し層450

50

の間に形成しても良い。このような透明層としては酸化シリコン、窒化シリコン、または酸化チタンなどを用いることができる。外部に取り出される光をより多くするためには透明層の屈折率は発光層と同等、或いはそれよりも高いことが望ましく、これを実現するには窒化シリコンまたは酸化チタンを用いることが望ましい。

【0213】

微小透明体452は透明媒体451と屈折率が異なる透明な微粒子または気泡などの空隙から構成する。透明な微粒子としてはガラス微粒子、メラミン系微粒子、スチレン系微粒子、ベンゾグアナミン系微粒子、4フッ化エチレン微粒子等を用いることができる。その形状としては球、玉砂利、直方体等いずれも使用できるが、光を等方的に散乱できる球状微粒子の使用が好ましい。

10

【0214】

微小透明体452の大きさは可視波長域の光を効率よく散乱するために1以上10 μm 以下程度の大きさが望ましいが、外部への光取り出し量を向上するという観点からは近紫外波長領域を散乱する数十nm以上1 μm 以下程度の大きさのものを含んでも良い。つまり約10nm以上10 μm 以下程度の大きさが良い。

【0215】

光取り出し層450の具体的な例としては、透明媒体451として屈折率1.47のアクリル系の透明粘着材を用い、微小透明体452として平均粒子径2 μm 、屈折率1.57の(真比重1.4)のベンゾグアナミン系の微粒子を用い、透明媒体451中に微小透明体452を30部(粘着剤固形分に対する重量部数)配合し、分散させた膜厚20 μm のものを用いることができる。この場合、光取り出し層450の平均屈折率は約1.496となり、発光層102の屈折率(約1.7)よりも低くなる。従って、光取り出し層450を設けない場合よりも外部へ取り出される光の量が増加して、同じ消費電力であればより明るい発光素子可以实现できる。

20

【0216】

或いは、光取り出し層450としては屈折率1.47のアクリル系の透明粘着材に平均粒子径2 μm 、屈折率1.35の4フッ化エチレン樹脂の微粒子を体積比で25%分散させた膜厚20 μm のものを用いることができる。この場合、光取り出し層450の平均屈折率は1.44となり発光層の屈折率(約1.7)よりも低くなる。従って、光取り出し層450を設けない場合よりも外部へ取り出される光の量が増加して、同じ消費電力であればより明るい発光素子可以实现できる。

30

【0217】

微小透明体452を実現する微粒子の屈折率は上記した通り、透明媒体451よりも高くても低くても良いが、光取り出し層450の平均屈折率をより低くするには微粒子として透明媒体451よりも屈折率の低いものを用いることが有利である。さらに微小透明体452として透明な微粒子ではなく、気泡からなる空隙を用いれば平均屈折率がより低い光取り出し層450を実現するうえで有利となる。透明媒体451中に気泡からなる微小透明体452を含有する光取り出し層450は透明樹脂に発泡剤を添加し、発泡剤の加熱分解により生じるガスにより気泡を発生させることで実現できる。

40

【0218】

尚、通常、有機層100は大気中の水分などによって劣化しやすい。このため光取り出し層450の光取り出し側には外気と触れないように図15に例示する通り、透明封止板90を用いて密閉封止することが望ましい。透明封止板90としてはガラス板や、ガスバリアー処理を施した樹脂フィルム、薄いガラス板と樹脂フィルムを積層したものなどを用いることができる。透明封止板90と基板6とは周囲に枠状に塗布した接着性のあるシール剤により密閉接着するとよい。

【0219】

尚、光取り出し層450と透明封止板90は密着させてもよいし、図15に例示する通り、透明封止板90と光取り出し層450との間に間隙81を設け、この間隙81に透明封止板90、あるいは光取り出し層450との屈折率差が小さくなる屈折率1.4~1.6

50

程度の透明体を満たしてもよい。この場合、光取り出し層 450 と間隙 81 との界面、あるいは間隙 81 と透明封止板 90 との界面での反射が小さくなり、外部に取り出される光が増える。

【0220】

或いは、間隙 81 には窒素ガスなどの不活性な気体を封入しても良い。この場合は、光取り出し層 450 の表面を凹凸形状や微小なレンズアレイ形状とすることで外部に取り出される光の量が増えるようにすると良い。また、この場合は必要に応じて吸湿剤を透明封止板 90 と基板 6 の間であって発光層から放射する光の妨げにならない位置に設ける、或いは透明な吸湿膜を透明封止板 90 の光取り出し層 450 側に塗布してもよい。

【0221】

ところで、有機発光ダイオード素子などの発光素子では厚みが数十から数百 nm と光の波長程度、あるいはそれ以下で、屈折率の異なる薄膜を積層した構造となっている。さらに反射電極 300 は鏡面状となることが多いため、発光層 102 から放射する光は干渉の影響を受けやすい。このため、通常の有機発光ダイオード素子ではこの干渉効果のために実際に外部に取り出される光 1000 はその出射方向の違いにより発光スペクトルが変化して、色が変化するという課題がある。これと同様な課題は無機のエレクトロルミネセンス素子でも生じる。

【0222】

ここで、本発明の発光素子は、照明装置などの光源として用いる場合には光取り出し層 450 として可視波長域の光も散乱する低屈折率散乱層を用いることを特徴としている。この場合、素子から放出される光は散乱されて様々な進行方向及び位相差の光が混合されることになるため、干渉が原因で生じる光の出射方向の違いに対する色の変化が大幅に低減するという効果が得られる。尚、本発明の発光素子では特に光取り出し層 450 として低屈折率散乱層を用いるため、干渉効果による色の変化を抑制できると同時に、外部に取り出される光の量を増加できるという効果がある。

【0223】

つまり、同じ消費電力であればより明るく、光の出射方向の違いによる色の変化が小さい発光素子が得られる。換言すると、同じ明るさであればより低電力で光の出射方向の違いによる色の変化が小さい発光素子が得られる。

【実施例 10】

【0224】

図 16 は、本発明発光素子の一実施例の断面図である。

【0225】

本実施例の発光素子は、反射電極 300 上に、有機発光ダイオード素子を構成する有機層 100 が形成され、その上に透明電極 200 が形成されている。さらに、透明電極 200 上に、光取り出し層として機能するナノ構造層 400、低屈折率層となるナノ構造層 401 が形成されている。有機層 100 は、透明封止板 90 を用い、透明封止板 90 とナノ構造層 400 との間にナノ構造層 401 を設けて密閉封止した。

【0226】

本実施例のナノ構造層 400 は、実施例 1 と同じものであるが、さらに、ナノ構造層 401 を設けることにより、発光素子の強度を向上した。有機層 100 で発光した光のうち一部は、透明電極 200 を透過し、透過光 900 として発光素子より取り出し光 1000 として出射される。さらに、透明電極 200 及び有機層 100 に閉じ込められ導波する光は、ナノ構造層 400 により散乱して、取り出される。

【0227】

ナノ構造層 401 は、内部に設ける空孔 546 の空孔率又は空孔のサイズをナノ構造層 400 とは変えることにより、平均屈折率を異なるようにしたものである。ナノ構造層 401 は、実施例 1 における間隙 81 に変えて用いることができ、この場合、ナノ構造層 401 の平均屈折率は、ナノ構造層 400 よりも小さくする。ナノ構造層 401 の平均屈折率を小さくすることは、空孔 546 の空孔率を大きくすることにより実現できる。この

10

20

30

40

50

場合、ナノ構造層 400 を紫外線の散乱性の大きな薄い層とし、ナノ構造層 401 を散乱性の小さな透明性の高い膜とすることが望ましい。つまりナノ構造層 400（第 1 の光取り出し層）の空孔の平均径をナノ構造層 401（第 2 の光取り出し層）の空孔の平均系より小さくすることが望ましく、また、ナノ構造層 400（第 1 の光取り出し層）における空孔の占める割合は、ナノ構造層 401（第 2 の光取り出し層）における空孔の占める割合より小さくすることが望ましい。

【0228】

また、ナノ構造層 401 は、光学的な機能を持たせることもでき、たとえば、ナノ構造層 401 の膜厚、平均屈折率を制御することにより、視角による色変化等の特性を改善することもできる。この場合は、ナノ構造層 401 は、ナノ構造層 400 と透明封止板 90 10
の間の屈折率とすることもできる。剛性を有するナノ構造層 401 を用いたことにより、間隙を設けた場合に比べて光学特性を安定させることができる。またあるいは、実施例 9 と同様に、ナノ構造層 401 に光散乱性を持たせ、出射方向の違いによる色の変化を低減することもできる。

【0229】

ナノ構造層 401 を用いて、間隙を用いずに透明封止板 90 を設けたため、発光素子が強固となるとともに、吸湿材を設ける必要がない。この場合、ナノ構造層 400、又はナノ構造層 401 を親水性とすれば、吸湿効果を持たせることもでき、発光素子の長寿命化する効果も得られる。

【0230】

ナノ構造層 401 は、ナノ構造層 400 上に形成してもよく、あるいは、透明封止板 90 上に形成した後、貼り付けてもよい。

【産業上の利用可能性】

【0231】

光取り出し層を設けたことにより、発光層から出射した光を効率よく外部に取り出すことができ、明るい表示または照明を行う表示装置及び照明装置を提供することができる。

【0232】

光取り出し効率向上の効果は、発光素子単体に対しても生かせるものである。本発明は、OLED 素子をもとに説明したが、無機のエレクトルミネッセンス素子や、発光ダイオード素子にも適用できるのであり、光取り出し効率が高く明るいこれら素子を実現すること
30
ができる。

【0233】

発光型表示装置は、モニター、テレビ等のディスプレイに適用でき、光取り出し効率を向上したために低消費電力化でき、携帯電話等の携帯機器のディスプレイにも有効に適用
40
できる。

【0234】

また、照明装置は、バックライトに加えて、室内照明の用途にも適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0235】

【図 1】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。（実施例 1）

【図 2】実施例 1 の発光素子に入射した外光について説明する図である。

【図 3】実施例 1 の発光素子を用いた発光型表示装置の実施方法を示した断面図である。

【図 4】実施例 1 の発光素子を用いた発光型表示装置の実施方法を示した正面図である。

【図 5】実施例 1 の発光素子を用いた発光型表示装置の実施方法を示した断面図である。

【図 6】実施例 1 の発光素子を用いた発光型表示装置の全体を示した図である。

【図 7】実施例 1 の発光素子を用いた発光型表示装置のアクティブマトリックスの等価回路図である。

【図 8】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。（実施例 2）

【図 9】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。（実施例 3）

【図 10】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。（実施例 4）

10

20

30

40

50

- 【図 1 1】本発明の発光型表示装置の実施方法を示した断面図である。(実施例 5)
- 【図 1 2】本発明の発光型表示装置の実施方法を示した断面図である。(実施例 6)
- 【図 1 3】本発明の発光型表示装置の実施方法を示した断面図である。(実施例 7)
- 【図 1 4】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。(実施例 8)
- 【図 1 5】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。(実施例 9)
- 【図 1 6】本発明の発光素子の実施方法を示した断面図である。(実施例 10)

【符号の説明】

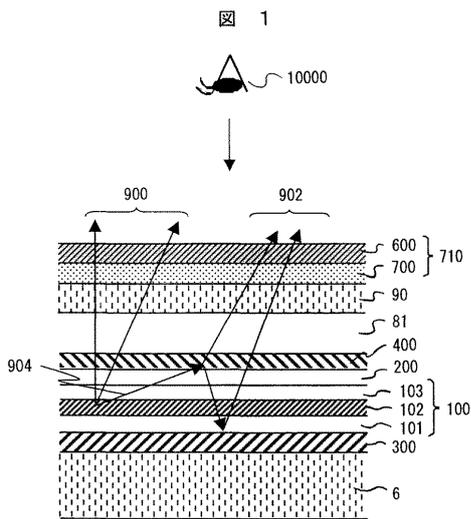
【0236】

1 ... 発光型表示装置、2 ... 表示部、3 ... データ駆動回路、4 ... 走査駆動回路、5 ... 脚、
 6 ... 基板、7 ... データ線、8 ... ゲート線、9 ... 共通電位配線、10 ... ドライバトランジスタ、11 ... 第1の下地膜、12 ... 第2の下地膜、13 ... ソース領域、14 ... チャネルポリシリコン層、15 ... ゲート電極層、16 ... ゲート絶縁膜、17 ... ドレイン領域、18 ... 第1の層間絶縁膜、19 ... ソース・ドレイン電極層、20 ... 第2の層間絶縁膜、21 ... 第3の層間絶縁膜、30 ... スイッチトランジスタ、40 ... 蓄積容量、60 ... 画素、61 ... 発光領域、70 ... 有機発光ダイオード素子、80 ... 保護膜、81 ... 間隙、90 ... 透明封止板、92a, 92b ... 反射防止膜、100 ... 有機層、101 ... 電子輸送層、102 ... 発光層、103 ... ホール輸送層、200 ... 透明電極、300 ... 反射電極、310 ... 黒化電極、400, 401 ... ナノ構造層、402 ... 柱状ナノ構造層、410 ... 回折格子、450 ... 光取り出し層、451 ... 透明媒体、452 ... 微小透明体、454, 456 ... 空隙、500 ... 導波層、502 ... 高屈折率層、510 ... 反射膜、520 ... ブラックマトリクス、530 ... カラー
 フィルタ、550 ... 突起部、600 ... 偏光板、602 ... 色変換層、700 ... 1/4波長板、710 ... 円偏光板。

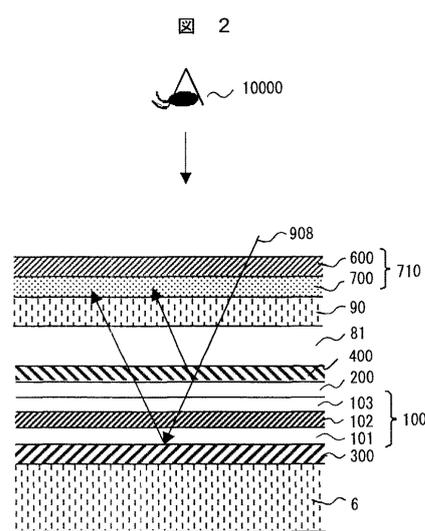
10

20

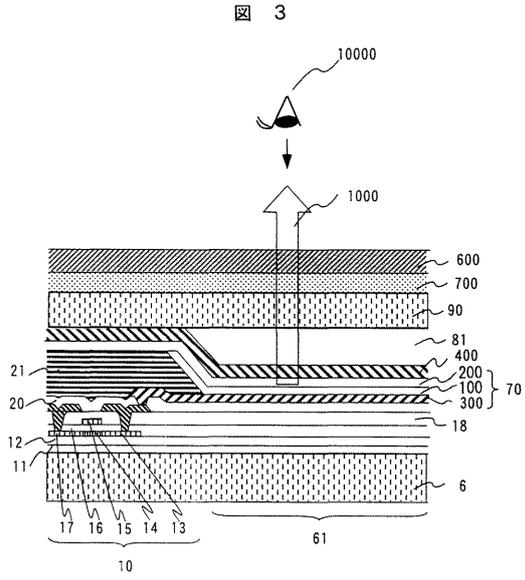
【図 1】



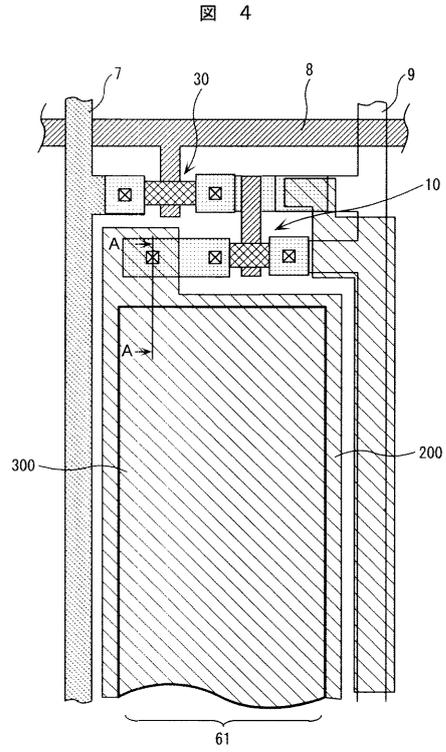
【図 2】



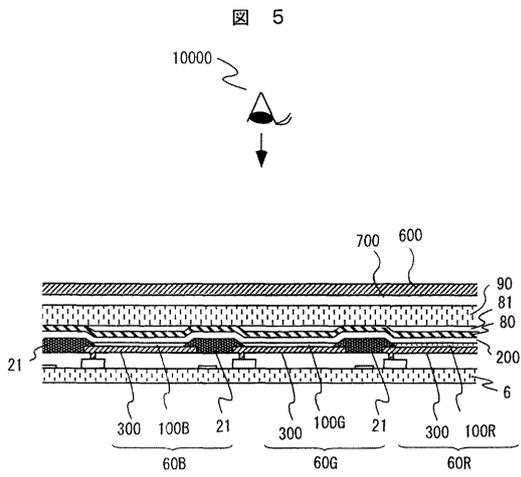
【 図 3 】



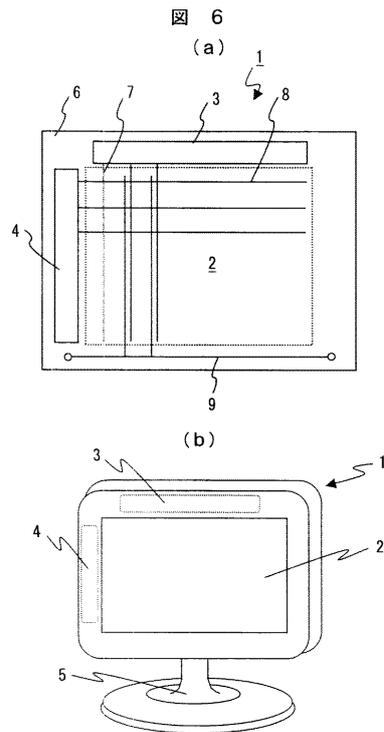
【 図 4 】



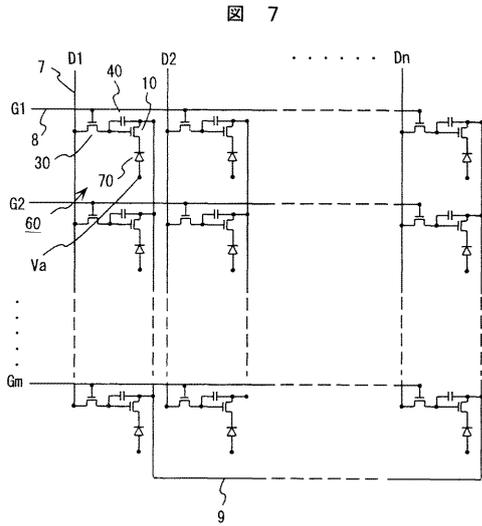
【 図 5 】



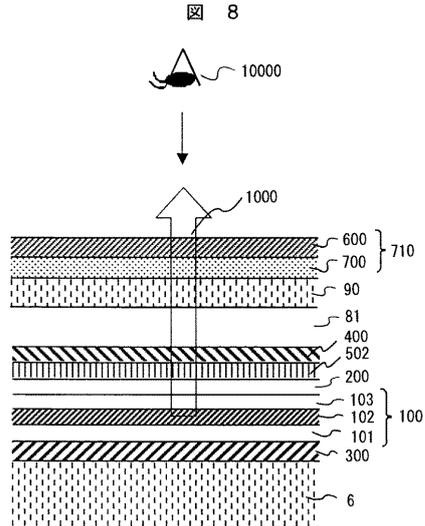
【 図 6 】



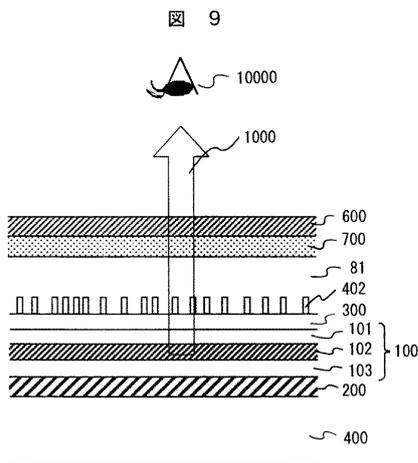
【 図 7 】



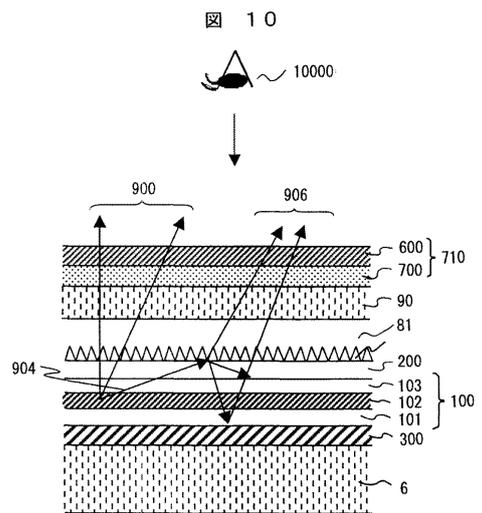
【 図 8 】



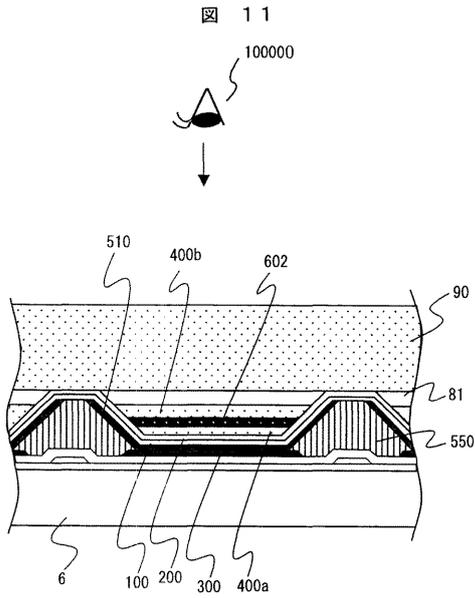
【 図 9 】



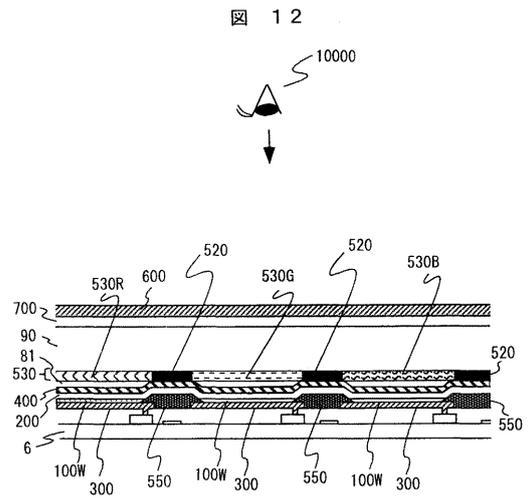
【 図 10 】



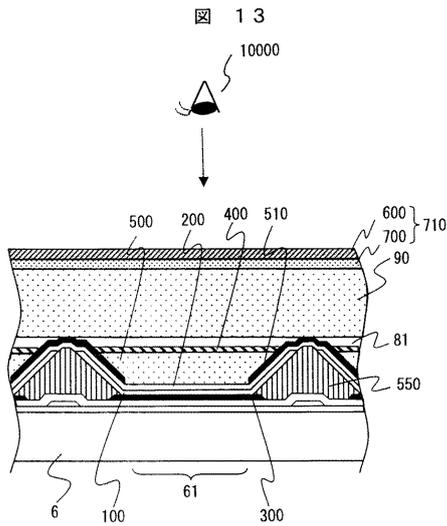
【図 1 1】



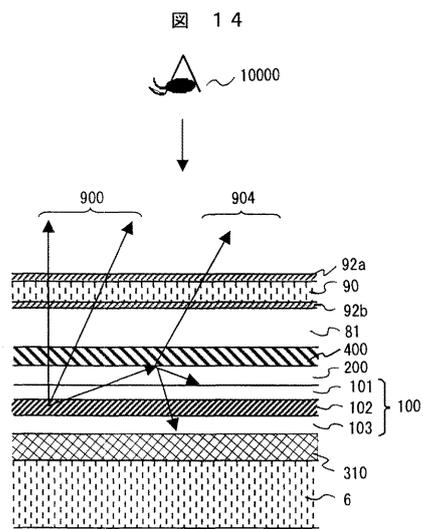
【図 1 2】



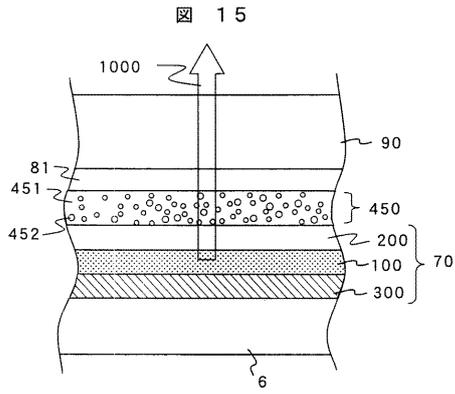
【図 1 3】



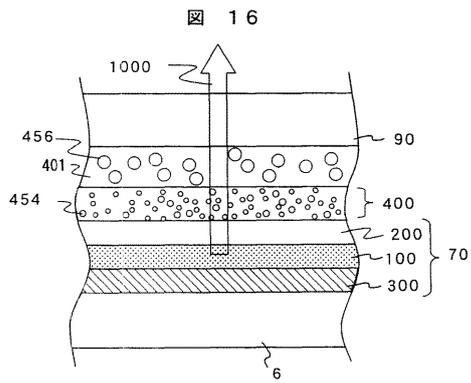
【図 1 4】



【 図 15 】



【 図 16 】



フロントページの続き

- (72)発明者 足立 昌哉
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究
- (72)発明者 佐々木 洋
茨城県日立市大みか町七丁目1番1号
所内 株式会社 日立製作所 日立研究

審査官 西岡 貴央

- (56)参考文献 特開2004-031221(JP,A)
特開2003-077647(JP,A)
特開2003-142262(JP,A)
特開2003-068472(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/00 - 33/28
H01L 51/50 - 51/56
G09F 9/30
H01L 27/32