

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第6222718号
(P6222718)

(45) 発行日 平成29年11月1日(2017. 11. 1)

(24) 登録日 平成29年10月13日(2017. 10. 13)

(51) Int.Cl.

F I

H05B 33/12 (2006.01)

H05B 33/12 C

H01L 51/50 (2006.01)

H05B 33/14 A

H05B 33/10 (2006.01)

H05B 33/12 B

H05B 33/22 (2006.01)

H05B 33/10

H05B 33/26 (2006.01)

H05B 33/22 Z

請求項の数 13 (全 29 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2016-508488 (P2016-508488)

(86) (22) 出願日 平成27年2月24日(2015. 2. 24)

(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/000921

(87) 国際公開番号 W02015/141142

(87) 国際公開日 平成27年9月24日(2015. 9. 24)

審査請求日 平成28年8月23日(2016. 8. 23)

(31) 優先権主張番号 特願2014-59034 (P2014-59034)

(32) 優先日 平成26年3月20日(2014. 3. 20)

(33) 優先権主張国 日本国(JP)

(73) 特許権者 514188173

株式会社 J O L E D

東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地

(74) 代理人 110001900

特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所

(72) 発明者 松末 哲征

東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地

株式会社 J O L E D 内

(72) 発明者 米田 和弘

東京都千代田区神田錦町三丁目2 3 番地

株式会社 J O L E D 内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機EL表示パネル、それを備えた表示装置および有機EL表示パネルの製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

基板と、

前記基板の上方に配され、赤色と緑色と青色の各サブ画素領域を規定する複数の隔壁と、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記基板の上方に配された、光反射面を有する複数の光反射性電極と、

前記赤色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、赤色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する赤色発光層を含む第1赤色発光ユニットと、

前記緑色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、緑色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する緑色発光層を含む第1緑色発光ユニットと、

前記青色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する第1青色発光層を含む第1青色発光ユニットと、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第1赤色発光ユニットと前記第1緑色発光ユニットと前記第1青色発光ユニットの上方に配された電荷発生層と、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記電荷発生層の上方に配

10

20

され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する第2青色発光層を含む第2青色発光ユニットと、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第2青色発光ユニットの上方に配された光透過性電極と、を備え、

前記赤色サブ画素領域内において、前記赤色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上50nm以下であり、

前記緑色サブ画素領域内において、前記緑色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上50nm以下であり、

前記青色サブ画素領域内において、前記第1青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上60nm以下であり、

10

前記赤色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、210nm以上230nm以下であり、

前記緑色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、240nm以上295nm以下であり、

前記青色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、195nm以上205nm以下である、

有機EL表示パネル。

【請求項2】

さらに、前記赤色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の上方に配された赤色フィルタと、前記緑色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の上方に配された緑色フィルタと、前記青色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の上方に配された青色フィルタとを含むカラーフィルタ層を備える、

20

請求項1に記載の有機EL表示パネル。

【請求項3】

前記赤色発光層、前記緑色発光層、及び前記第1青色発光層の各々の膜厚が互いに異なる、

請求項1または2に記載の有機EL表示パネル。

【請求項4】

前記第1赤色発光ユニットは、さらに、前記光反射性電極と前記赤色発光層との間に第1機能層を含み、前記第1緑色発光ユニットは、前記光反射性電極と前記緑色発光層との間に第1機能層を含み、前記第1青色発光ユニットは、前記光反射性電極と前記第1青色発光層との間に第1機能層を含み、

30

前記第1赤色発光ユニット、前記第1緑色発光ユニット、及び前記第1青色発光ユニットの各々の前記第1機能層は、互いに前記隔壁により分離され、各々の膜厚が互いに異なる、

請求項1から3の何れかに記載の有機EL表示パネル。

【請求項5】

前記赤色発光層、前記緑色発光層、及び前記第1青色発光層の何れかが、高分子材料からなる、

請求項1から4の何れかに記載の有機EL表示パネル。

40

【請求項6】

前記第2青色発光層が、低分子材料からなる、

請求項1から5の何れかに記載の有機EL表示パネル。

【請求項7】

基板と、

前記基板の上方に配され、赤色と緑色と青色の各サブ画素領域を規定する複数の隔壁と、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記基板の上方に配された複数の光透過性電極と、

前記赤色のサブ画素領域内において前記光透過性電極の上方に配され、赤色波長域に発

50

光ピークを有する材料からなり前記光透過性電極に面する発光面を有する赤色発光層を含む第1赤色発光ユニットと、

前記緑色のサブ画素領域内において前記光透過性電極の上方に配され、緑色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光透過性電極に面する発光面を有する緑色発光層を含む第1緑色発光ユニットと、

前記青色のサブ画素領域内において前記光透過性電極の上方に配され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光透過性電極に面する発光面を有する第1青色発光層を含む第1青色発光ユニットと、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第1赤色発光ユニットと前記第1緑色発光ユニットと前記第1青色発光ユニットの上方に配された電荷発生層と

10

、
前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記電荷発生層の上方に配され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光透過性電極に面する発光面を有する第2青色発光層を含む第2青色発光ユニットと、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第2青色発光ユニットの上方に配され、光反射面を有する光反射性電極と、を備え、

前記赤色のサブ画素領域内において、前記赤色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、255nm以上300nm以下であり、

前記緑色のサブ画素領域内において、前記緑色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、250nm以上300nm以下であり、

20

前記青色サブ画素領域内において、前記第1青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、210nm以上220nm以下であり、

前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、60nm以上75nm以下である、

有機EL表示パネル。

【請求項8】

さらに、前記赤色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の下方に配された赤色フィルタと前記緑色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の下方に配された緑色フィルタと前記青色のサブ画素領域内の前記光透過性電極の下方に配された青色フィルタとを含むカラーフィルタ層を含む、

30

請求項7に記載の有機EL表示パネル。

【請求項9】

前記赤色発光層、前記緑色発光層、及び前記第1青色発光層の各々の膜厚が互いに異なる、

請求項7または8に記載の有機EL表示パネル。

【請求項10】

前記赤色発光層、前記緑色発光層、及び前記第1青色発光層の何れかが、高分子材料からなる、

請求項7から9の何れかに記載の有機EL表示パネル。

40

【請求項11】

前記第2青色発光層が、低分子材料からなる、

請求項7から10の何れかに記載の有機EL表示パネル。

【請求項12】

請求項1または7に記載の有機EL表示パネルと、前記有機EL表示パネルを駆動する駆動制御回路とを備える表示装置。

【請求項13】

請求項1または7に記載の有機EL表示パネルの製造方法であって、

前記赤色発光層、前記緑色発光層、及び前記第1青色発光層を湿式法で形成し、

前記第2青色発光層を真空蒸着法またはスパッタ法で形成する、

50

有機ＥＬ表示パネルの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【０００１】

本発明は、タンデム構造の有機ＥＬ素子を備えた有機ＥＬ表示パネル、それを備えた表示装置および有機ＥＬ表示パネルの製造方法に関する。

【背景技術】

【０００２】

近年、デジタルテレビ等の表示装置に用いられる表示パネルとして、基板上に有機ＥＬ（Electro Luminescence）素子を行列方向に複数配列し有機材料の電

10

【０００３】

この有機ＥＬ表示パネルの構成として、基板の上にＴＦＴ（Thin Film Transistor）駆動回路が設けられ、そのＴＦＴ駆動回路の上に絶縁層が設けられ、さらに複数の有機ＥＬ素子が配列されてなるものが一般的に知られている。有機ＥＬ素子は、一对の電極（陽極および陰極）間に、少なくとも発光層が挟まれた構成を有している。そして、有機ＥＬ素子は、多くの場合、陽極と発光層の間に正孔注入層や正孔輸送層等が挟まれており、陰極と発光層の間に電子注入層や電子輸送層等が挟まれている。正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層は、それぞれ、電荷の注入、電荷の輸送などの固有の機能を果たす。本文中では、これらの層を総称して「機能層」と称する。このよう

20

【０００４】

有機ＥＬ表示パネルにおいては、このような有機ＥＬ素子が、赤色、緑色、青色の各色のサブ画素を形成し、隣り合う赤色、緑色、青色のサブ画素の組み合わせで一画素が形成されている。このような有機ＥＬ表示パネルでは、消費電力低減や長寿命化などの観点から、赤色、緑色、青色の各色の有機ＥＬ素子の発光効率および寿命特性を向上させることが重要である。この赤色、緑色、青色の各色の有機ＥＬ素子の中では青色有機ＥＬ素子の寿命が最も短い傾向があり、青色有機ＥＬ素子の長寿命化が表示装置の長寿命化に向けた課題となっていた。

30

【０００５】

そこで、特許文献１、２、３では、発光層を含む発光ユニット（従来の有機ＥＬ素子を構成する要素のうち、陰極と陽極を除いた構成要素）を複数スタックした有機ＥＬ素子構造（マルチフォトン構造、タンデム構造、スタック構造と呼ばれる場合があるが、本文中はタンデム構造と表現する）を採用することにより、有機ＥＬ素子の長寿命化を実現している。タンデム構造は、複数の発光ユニットが電荷発生層を介して積層された構成となっている（各ユニットを接続する部分は、電荷発生層、中間層、中間導電層、コネクタ等と呼ばれる場合があるが、本文中は電荷発生層と表現する）。この電荷発生層は、上下の発光ユニットに電荷を供給するため、タンデム構造では複数の発光ユニットから発光を得ることができる。その結果、タンデム構造を有する有機ＥＬ素子からの発光は、複数の発光

40

【０００６】

タンデム構造を有機ＥＬ表示パネルに適応するためには、赤色、緑色、青色の各サブ画素にどのような発光色の発光ユニットをどのように積層するのが重要になってくる。

【０００７】

有機発光材料からなる発光層および機能層を製膜する手法としては、抵抗加熱方式などの真空蒸着法と、塗布法や印刷法などの湿式法とがある。真空蒸着法で各サブ画素に異なる発光層や機能層を製膜する場合、サブ画素領域のみ開口した精密なシャドウマスクを用いるのが一般的である。この場合、シャドウマスクの開口以外のマスク全体に発光層や機

50

能層を構成する材料が付着してしまうため、材料損失が大きく製造コストアップの要因となる。また、精密なシャドウマスクの開口をサブ画素に高精度に位置合わせすることも生産効率を低下させる要因となり、特に大型の有機ＥＬ表示パネルを生産する場合にシャドウマスクとサブ画素との位置合わせは非常に困難となる。

【０００８】

そこで、有機ＥＬ表示パネルの大型化や製造コストの観点から低分子系または、高分子系の有機材料を溶媒に溶解または分散させ、湿式法により有機発光材料からなる発光層及び機能層を製膜する研究が盛んに行われている。しかしながら、湿式法を用いて形成された有機ＥＬ素子は、真空蒸着法を用いて形成された有機ＥＬ素子よりも寿命が短いという問題がある。

10

【０００９】

特許文献４では、湿式法と真空蒸着法とを組み合わせることにより、有機ＥＬ表示パネルにおいて、青色サブ画素のみ青色の発光ユニットを積層したタンデム構造が開示されている。その結果、青色有機ＥＬ素子の長寿命化と生産性の向上および製造コストの削減を実現している。具体的には、湿式法により赤色発光層を含む第１赤色発光ユニット、緑色発光層を含む第１緑色発光ユニット、及び第１青色発光層を含む第１青色発光ユニットを形成した後、青色サブ画素領域にのみ、真空蒸着法により電荷発生層を形成する。その後、赤色サブ画素に形成されている第１赤色発光ユニットと緑色サブ画素に形成されている第１緑色発光ユニットおよび青色サブ画素に形成されている電荷発生層を覆うように、真空蒸着法により第２青色発光層を含む第２青色発光ユニットを形成する。この場合、第１赤色発光ユニットと第２青色発光ユニットの間に電荷発生層が無く、第２青色発光ユニットは電子輸送機能のみを発揮するため、第２青色発光ユニットからの発光は得られない。緑色サブ画素についても同様である。この構成により、同文献には、青色有機ＥＬ素子の長寿命化、製造設備のコストの削減、生産性向上を実現することができると記載されている。

20

【先行技術文献】

【特許文献】

【００１０】

【特許文献１】日本国特許３８８４５６５号

【特許文献２】日本国特許４５７００１４号

【特許文献３】日本国特許３９３３５９１号

【特許文献４】日本国特開２０１３－７３７５９号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【００１１】

しかしながら、青色サブ画素のみに電荷発生層を形成するには精密なシャドウマスクを用いる必要があり、更なる生産性の向上が望まれる。さらに、赤色、緑色サブ画素において、発光機能を有する第２青色発光ユニットが電子輸送機能のみを発揮しており、赤色および緑色有機ＥＬ素子における駆動電圧の増大も懸念される。

【００１２】

本発明は、前記の事情に鑑みてなされたものであり、青色有機ＥＬ素子の寿命を改善し、製造コスト、生産性に優れた有機ＥＬ表示パネル、それを用いた表示装置および有機ＥＬ表示パネルの製造方法を提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【００１３】

本発明の一態様に係る有機ＥＬ表示パネルは、基板と、前記基板の上方に配され、赤色と緑色と青色の各サブ画素領域を規定する複数の隔壁と、前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記基板の上方に配された、光反射面を有する複数の光反射性電極と、前記赤色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、赤色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面

50

を有する赤色発光層を含む第1赤色発光ユニットと、前記緑色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、緑色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する緑色発光層を含む第1緑色発光ユニットと、前記青色のサブ画素領域内において前記光反射性電極の上方に配され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する第1青色発光層を含む第1青色発光ユニットと、前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第1赤色発光ユニットと前記第1緑色発光ユニットと前記第1青色発光ユニットの上方に配された電荷発生層と、前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記電荷発生層の上方に配され、青色波長域に発光ピークを有する材料からなり前記光反射性電極の前記光反射面に面する発光面を有する第2青色発光層を含む第2青色発光ユニットと、前記赤色と前記緑色と前記青色の各サブ画素領域内において前記第2青色発光ユニットの上方に配された光透過性電極と、を備える。前記赤色サブ画素領域内において、前記赤色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上50nm以下である。前記緑色サブ画素領域内において、前記緑色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上50nm以下である。前記青色サブ画素領域内において、前記第1青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、20nm以上60nm以下である。前記赤色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、210nm以上230nm以下である。前記緑色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、240nm以上295nm以下である。前記青色サブ画素領域内において、前記第2青色発光層の前記発光面と前記光反射性電極の前記光反射面との間の光学長が、195nm以上205nm以下である。

10

20

【発明の効果】

【0014】

本発明の一態様に係る有機EL表示パネルにおいては、赤色サブ画素領域、緑色サブ画素領域、及び青色サブ画素領域の各々に電荷発生層が存在する。そのため、精密なシャドウマスクを用いなくても電荷発生層を形成することができる。従って、製造コスト、生産性を更に向上することができる。

【0015】

また、青色サブ画素領域内の各光学長が上記範囲内にあるので、青色サブ画素領域内の第1青色発光層と第2青色発光層の両方から出射された青色光を効率良く外部に取り出すことができる。従って、所望の輝度を得るために必要な電流が小さくなるため、電流駆動型である有機EL素子の寿命を延ばすことができる。

30

【0016】

また、赤色サブ画素領域内の各光学長が上記範囲内にあるので、赤色サブ画素領域内の赤色発光層から出射された赤色光の光取り出し効率を向上させつつ、第2青色発光層から出射された青色光の光取り出し効率を抑制することができる。赤色サブ画素領域内では不要な青色光の光取り出し効率が抑制されるので、赤色の色純度の低下を抑制することができる。

40

【0017】

また、緑色サブ画素領域内の各光学長が上記範囲内にあるので、緑色サブ画素領域内の緑色発光層から出射された緑色光の光取り出し効率を向上させつつ、第2青色発光層から出射された青色光の光取り出し効率を抑制することができる。緑色サブ画素領域内では不要な青色光の光取り出し効率が抑制されるので、緑色の色純度の低下を抑制することができる。

【図面の簡単な説明】

【0018】

【図1】本発明の第1実施形態に係る有機EL表示パネルの1画素を拡大した断面図

【図2】本発明の第1実施形態の各有機EL素子の出射光の光路を示す図

50

【図 3】(a) から (c) は、第 1 の光学長に対する有機 E L 素子の光取出し効率と有機 E L 素子の発光色の色度の変化を示す図

【図 4】(a) から (c) は、第 2 の光学長に対する有機 E L 素子の光取出し効率と有機 E L 素子の発光色の色度の変化を示す図

【図 5】赤色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す図

【図 6】青色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す図

【図 7】(a) から (e) は、本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの製造方法を説明するための図

【図 8】本発明の第 2 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの 1 画素を拡大した断面図

【図 9】本発明の第 2 実施形態の各有機 E L 素子の出射光の光路を示す図

10

【図 10】第 2 の光学長に対する有機 E L 素子の光取出し効率と有機 E L 素子の発光色の色度の変化を示す図

【図 11】(a) から (c) は、第 1 の光学長に対する有機 E L 素子の光取出し効率と有機 E L 素子の発光色の色度の変化を示す図

【図 12】(a) は第 1 の光学長が 210 nm の場合の発光スペクトルを示す図であり、(b) は第 1 の光学長が 290 nm の場合の発光スペクトルを示す図

【図 13】赤色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す図

【図 14】青色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す図

【図 15】表示装置の外観図

【図 16】表示装置の内部構成を示すブロック図

20

【発明を実施するための形態】

【0019】

以下、具体例を示し、構成および作用・効果を説明する。

【0020】

なお、以下の説明で用いる実施形態は、本発明の一態様に係る構成および作用・効果を分かりやすく説明するために用いる例示であって、本発明は、その本質的部分以外に何ら以下の形態に限定を受けるものではない。

【0021】

実施形態

【1. 有機 E L 表示パネルの構成 (トップエミッション)】

30

本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの構成について、図 1 を用いて説明する。図 1 は、本発明の第 1 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの 1 画素を拡大した断面図である。本実施形態においては、有機 E L 表示パネル 100 は、図 1 における紙面上側を表示面とする、いわゆるトップエミッション型である。

【0022】

有機 E L 表示パネル 100 は、第 1 基板 1、隔壁 2、絶縁層 3、光反射性電極 4、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7 R、緑色発光層 7 G、第 1 青色発光層 7 B、第 1 電子輸送層 8、電荷発生層 9、第 2 正孔輸送層 10、第 2 青色発光層 11、第 2 電子輸送層 12、光透過性電極 13、保護層 14、カラーフィルタ層 15、及び第 2 基板 16 を備える。

40

【0023】

第 1 基板 1 は、例えば、電気絶縁性の基材と、基材上に配された T F T 層とを含む T F T 基板である。T F T 層は、複数の T F T 駆動回路と、各 T F T 駆動回路に外部から電力を供給するための複数の配線とを含む。

【0024】

絶縁層 3 は、第 1 基板 1 上に配されている。絶縁層 3 の上面は、平坦化されている。

【0025】

隔壁 2 は、絶縁層 3 上に互いに離間して複数配されている。隔壁 2 は、赤色サブ画素領域 2 R、緑色サブ画素領域 2 G、及び青色サブ画素領域 2 B の各々を規定している。

【0026】

50

光反射性電極 4 は、絶縁層 3 上に互いに離間して複数配されている。絶縁層 3 は、複数のコンタクトホールを有する（不図示）。各コンタクトホールには配線が埋設されている（不図示）。各光反射性電極 4 は、各コンタクトホールに埋設された配線を通じて第 1 基板 1 内の T F T 駆動回路の何れかに電氣的に接続されている。本実施形態では、光反射性電極 4 は、第 1 正孔注入層 5 に正孔を供給する陽極として機能する。

【 0 0 2 7 】

赤色サブ画素領域 2 R の内部には、光反射性電極 4 上に、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7 R が順次配されている。緑色サブ画素領域 2 G の内部には、光反射性電極 4 上に、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、緑色発光層 7 G が順次配されている。青色サブ画素領域 2 B の内部には、光反射性電極 4 上に、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、第 1 青色発光層 7 B が順次配されている。以後、赤色発光層 7 R、緑色発光層 7 G、及び第 1 青色発光層 7 B を区別しない場合には「第 1 発光層 7」と略称する。

【 0 0 2 8 】

第 1 正孔注入層 5 は、光反射性電極 4 から第 1 正孔輸送層 6 や第 1 発光層 7 への正孔の注入を促進する機能を有する。各サブ画素領域内の第 1 正孔注入層 5 は、互いに隔壁 2 により分離されていても良いし、互いに隔壁 2 を越えて連なっている場合、各第 1 正孔注入層 5 の膜厚は、同一でも良いし異なっても良く、各第 1 正孔注入層 5 の材料は、同一でも良いし異なっても良い。隔壁 2 を越えて連なる場合、各第 1 正孔注入層 5 は、隔壁 2 を形成する前に形成されることにより隔壁 2 の下面側で連なることとしても良いし、隔壁 2 を形成した後に形成されることにより隔壁 2 の上面側で連なることとしても良い。

【 0 0 2 9 】

第 1 正孔輸送層 6 は、第 1 正孔注入層 5 から第 1 発光層 7 への正孔の注入を促進させ、かつ、第 1 発光層 7 からの電子や励起子エネルギーの抜けをブロックする機能を有する。各サブ画素領域内の第 1 正孔輸送層 6 は、互いに隔壁 2 により分離されていても良いし、互いに隔壁 2 を越えて連なっている場合、各第 1 正孔輸送層 6 の膜厚は、同一でも良いし異なっても良く、各第 1 正孔輸送層 6 の材料は、同一でも良いし異なっても良い。隔壁 2 を越えて連なる場合、各第 1 正孔輸送層 6 は、隔壁 2 を形成する前に形成されることにより隔壁 2 の下面側で連なることとしても良いし、隔壁 2 を形成した後に形成されることにより隔壁 2 の上面側で連なることとしても良い。第 1 正孔注入層 5 と第 1 正孔輸送層 6 はどちらか 1 層のみで形成されても良いし、更に別の層が追加されてもよい。

【 0 0 3 0 】

第 1 発光層 7 は、正孔と電子との再結合により光を出射する機能を有する。赤色発光層 7 R、緑色発光層 7 G、及び第 1 青色発光層 7 B は、互いに隔壁 2 により分離されている。赤色発光層 7 R は、赤色波長域に発光ピークを有する材料からなる。緑色発光層 7 G は、緑色波長域に発光ピークを有する材料からなる。第 1 青色発光層 7 B は、青色波長域に発光ピークを有する材料からなる。赤色発光層 7 R、緑色発光層 7 G、及び第 1 青色発光層 7 B の各々の膜厚は、同一でも良いし異なっても良い。

【 0 0 3 1 】

第 1 電子輸送層 8 は、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B 内において各第 1 発光層 7 上に配された部分を含む。各部分は、互いに隔壁 2 を越えて連なっている。第 1 電子輸送層 8 は、電荷発生層 9 から供給された電子を第 1 発光層 7 へ輸送する機能を有する。第 1 電子輸送層 8 は複数の層から形成されても良い。

【 0 0 3 2 】

電荷発生層 9 は、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B 内において第 1 電子輸送層 8 上に配された部分を含む。各部分は、互いに隔壁 2 を越えて連なっている。電荷発生層 9 は、第 1 電子輸送層 8 に電子を供給し、第 2 正孔輸送層に正孔を供給する機能を有する。電荷発生層 9 は複数の層から形成されても良い。

【 0 0 3 3 】

各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B の内部には、電荷発生層 9 上に、第 2 正孔輸送層 1 0、第 2 青色発光層 1 1、第 2 電子輸送層 1 2 が、順次配されている。第 2 正孔輸送層 1 0 は、電荷発生層 9 から供給された正孔を第 2 青色発光層 1 1 に輸送し、かつ、第 2 青色発光層 1 1 からの電子や励起子エネルギーの抜けをブロックする機能を有する。第 2 青色発光層 1 1 は、正孔と電子との再結合により光を出射する機能を有する。また、第 2 青色発光層 1 1 は、青色波長域に発光ピークを有する材料からなる。第 2 電子輸送層 1 2 は、光透過性電極 1 3 から供給された電子を第 2 青色発光層 1 1 へ輸送する機能を有する。第 2 正孔輸送層および第 2 電子輸送層は複数の層から形成されても良い。

【 0 0 3 4 】

光透過性電極 1 3 は、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B 内において第 2 電子輸送層 1 2 上に配された部分を含む。各部分は、互いに隔壁 2 を越えて連なっている。本実施形態では、光透過性電極 1 3 は、第 2 電子輸送層 1 2 に電子を供給する陰極として機能する。光透過性電極 1 3 は、複数の層から形成されても良い。

10

【 0 0 3 5 】

保護層 1 4 は、光透過性電極 1 3 上に配されている。保護層 1 4 は、光反射性電極 4 から光透過性電極 1 3 までの各層を水分や酸素から保護する機能を有する。

【 0 0 3 6 】

カラーフィルタ層 1 5 は、保護層 1 4 上に配されている。カラーフィルタ層 1 5 は、赤色フィルタ 1 5 R、緑色フィルタ 1 5 G、及び青色フィルタ 1 5 B を含む。赤色フィルタ 1 5 R は、赤色サブ画素領域 2 R の上方に位置している。緑色フィルタ 1 5 G は、緑色サブ画素領域 2 G の上方に位置している。青色フィルタ 1 5 B は、青色サブ画素領域 2 B の上方に位置している。カラーフィルタ層 1 5 は、出射光の色度を修正する機能を有する。

20

【 0 0 3 7 】

第 2 基板 1 6 は、カラーフィルタ層 1 5 上に配されている。

【 0 0 3 8 】

赤色サブ画素領域 2 R の内部の第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7 R、及び第 1 電子輸送層 8 により、第 1 赤色発光ユニット 1 7 R が構成される。緑色サブ画素領域 2 G の内部の第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、緑色発光層 7 G、及び第 1 電子輸送層 8 により、第 1 緑色発光ユニット 1 7 G が構成される。青色サブ画素領域 2 B の内部の第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、第 1 青色発光層 7 B、及び第 1 電子輸送層 8 により、第 1 青色発光ユニット 1 7 B が構成される。

30

【 0 0 3 9 】

各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B の内部の第 2 正孔輸送層 1 0、第 2 青色発光層 1 1、及び第 2 電子輸送層 1 2 により、第 2 青色発光ユニット 1 8 B が構成される。

【 0 0 4 0 】

以上の通り、赤色サブ画素領域 2 R では、第 1 赤色発光ユニット 1 7 R と第 2 青色発光ユニット 1 8 B とが電荷発生層 9 を介して積層されている。緑色サブ画素領域 2 G では、第 1 緑色発光ユニット 1 7 G と第 2 青色発光ユニット 1 8 B とが電荷発生層 9 を介して積層されている。青色サブ画素領域 2 B では、第 1 青色発光ユニット 1 7 B と第 2 青色発光ユニット 1 8 B とが電荷発生層 9 を介して積層されている。従って、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B の内部にタンデム型の有機 E L 素子が設けられていると言える。

40

【 0 0 4 1 】

[2 . 光学設計 (トップエミッション)]

本実施形態においては、電荷発生層 9 と第 2 青色発光層 1 1 が、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B に配されている。そのため、青色サブ画素領域 2 B 内の有機 E L 素子だけでなく、赤色サブ画素領域 2 R 及び緑色サブ画素領域 2 G 内の有機 E L 素子も青色光を発生する。ところが、例えば、赤色サブ画素領域 2 R 内の有機 E L 素子においては、青色光は不要な光であり、青色光がそのまま外部に出射されると赤色サブ画素の出射光の色度が悪化することになる。そのため、有機 E L 素子の光が出射される側に、外部に出射される光の色度が赤色になるように赤色フィルタを設けることが望まれる。

50

【 0 0 4 2 】

しかしながら、光取り出し効率（内部で発光する量に対する出力される発光の割合）を高めるためには、赤色サブ画素領域 2 R 内の有機 E L 素子の出射光のうち、赤色フィルタに吸収される光の量を減らす必要がある。従来から有機 E L 素子を構成する各層の膜厚や屈折率を適切に設計して有機 E L 素子の微小共振構造を適切に調整することで、有機 E L 素子の光取り出し効率を向上させる技術が知られている。通常、赤色、緑色、青色のうちのどれか 1 色もしくは白色発光を目的とした 2 色以上の発光に対して光取り出し効率を向上させる場合が多い。

【 0 0 4 3 】

本実施形態の有機 E L 素子の構造では、各サブ画素領域 2 R、2 G、2 B の何れの第 2 青色発光層 1 1 も青色光を発生する。そのため、青色サブ画素領域 2 B では、第 1 青色発光層 7 B により発生された青色光と、第 2 青色発光層 1 1 により発生された青色光の両方の光取り出し効率を高めることが望ましい。これに対して、緑色サブ画素領域 2 G では、緑色発光層 7 G により発生された緑色光の光取り出し効率を高め、一方、第 2 青色発光層 1 1 により発生された青色光の光取り出し効率を下げるのが望ましい。赤色サブ画素領域 2 R では、赤色発光層 7 R により発生された赤色光の光取り出し効率を高め、一方、第 2 青色発光層 1 1 により発生された青色光の光取り出し効率を下げるのが望ましい。すなわち、サブ画素毎に要求される出射光の色度が異なるため、サブ画素領域 2 R、2 G、2 B 内の有機 E L 素子ごとに適した光の取り出し効率を制御する設計が必要となる。特に赤色及び緑色サブ画素領域 2 R、2 G 内の有機 E L 素子においては、光の取り出し効率を向上させる設計と光の取り出し効率を低下させる設計を同時に実現する設計が必要となる。

【 0 0 4 4 】

図 2 に、各サブ画素領域内に設けられた有機 E L 素子の出射光の光路を示す。

【 0 0 4 5 】

光路 C 1 a は、第 1 発光層 7 から光反射性電極 4 側に進行せずに光透過性電極 1 3 側に進行する光の光路である。光路 C 1 b は、第 1 発光層 7 から光反射性電極 4 側に進行し、光反射性電極 4 で反射されてから光透過性電極 1 3 側に進行する光の光路である。光路 C 2 a は、第 2 青色発光層 1 1 から光反射性電極 4 側に進行せずに光透過性電極 1 3 側に進行する光の光路である。光路 C 2 b は、第 2 青色発光層 1 1 から光反射性電極 4 側に進行し、光反射性電極 4 で反射されてから光透過性電極 1 3 側に進行する光の光路である。

【 0 0 4 6 】

上述の通り、第 1 正孔輸送層 6 は、第 1 発光層 7 からの電子の抜けをブロックする機能を有する。そのため、第 1 発光層 7 内の電子は第 1 発光層 7 と第 1 正孔輸送層 6 との界面（第 1 発光層 7 の下面）付近に蓄積されやすい。これは、電子と正孔の再結合が第 1 発光層 7 の下面付近で生じやすく、ひいては、発光強度が第 1 発光層 7 の下面付近で大きくなることを意味する。従って、本実施形態では、第 1 発光層 7 の下面を、第 1 発光層 7 の発光面 7 a とする。また、第 2 青色発光層 1 1 も同様に、第 2 青色発光層 1 1 の下面を、第 2 青色発光層 1 1 の発光面 1 1 a とする。有機 E L 素子の微小共振構造を設計する場合、第 1 発光層 7 の発光面 7 a と光反射性電極 4 の光反射面 4 a との間の光学長 L 1 R、L 1 G、L 1 B（以下、「第 1 の光学長」と称する）と、第 2 青色発光層 1 1 の発光面 1 1 a と光反射性電極 4 の光反射面 4 a との間の光学長 L 2 R、L 2 G、L 2 B（以下、「第 2 の光学長」と称する）とを検討すればよい。

【 0 0 4 7 】

なお、本実施形態では、第 1 発光層 7 の下面が第 1 発光層の発光面となるが、これに限らない。例えば、第 1 電子輸送層 8 が、第 1 発光層 7 に電子を注入する機能の他に、第 1 発光層 7 からの正孔の抜けをブロックする機能を有していれば、第 1 発光層 7 の上面が第 1 発光層 7 の発光面となる可能性がある。第 2 青色発光層 1 1 についても同様である。

【 0 0 4 8 】

[3 . 第 1 の光学長（トップエミッション）]

図 3 は光学シミュレーションの結果であり、第 1 の光学長に対する有機 E L 素子の光取

10

20

30

40

50

出し効率と有機 E L 素子の出射光の色度の変化を示す図である。同図 (a) は赤色サブ画素、(b) は緑色サブ画素、(c) は青色サブ画素を示す。ここで、y 値は、C I E 色度座標における値である。本来、光学長とは各層の膜厚と各層の屈折率との積により得られる物理量であるが、本実施形態においては各層の膜厚を光学長として示している。光取出し効率はカラーフィルタ層で光が吸収される前の値を示し、第 1 発光層からの発光に対する値を示している。各層の膜厚は基準として以下のように設定した。

【 0 0 4 9 】

光反射性電極：200nm（銀合金）
 第 1 正孔注入層：20nm（導電性ポリマー材料）
 第 1 正孔輸送層：10nm（アミン化合物）
 第 1 発光層：50nm（ポリフルオレン誘導体）
 第 1 電子輸送層：35nm（フェナンスロリン誘導体）
 電荷発生層：10nm（H A T - C N 6）
 第 2 正孔輸送層：30nm（アミン化合物）
 第 2 青色発光層：25nm（アントラセン化合物）
 第 2 電子輸送層：35nm（フェナンスロリン誘導体）
 光透過性電極：35nm（I T O）
 各材料の屈折率は、分光エリプソメトリーにて評価した。

10

【 0 0 5 0 】

本実施形態においては、第 1 の光学長は、第 1 正孔注入層と第 1 正孔輸送層の膜厚の和で表される。図 3 では、第 1 正孔注入層の膜厚を変化させた場合（破線）と第 1 正孔輸送層の膜厚を変化させた場合（実線）を示している。どちらの材料も有機材料であるため、ほぼ同じ屈折率を有している。そのため、どちらの膜厚を変化させても同じ挙動を示すことが分かる。すなわち、光反射性電極の光反射面と第 1 発光層の発光面との間に存在する層であれば、どの層の膜厚を調整しても良く、正孔注入層や正孔輸送層などをさらに追加しても良い。

20

【 0 0 5 1 】

図 3 (a) に示す赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長が 30nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 50nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90% 以上を確保できる。一方、第 1 正孔注入層および第 1 正孔輸送層に正孔を注入もしくは輸送する機能を発現させるには、第 1 の光学長が 20nm 以上であることが望ましい。従って、赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長は、20nm 以上 50nm 以下であることが望ましい。

30

【 0 0 5 2 】

図 3 (b) に示す緑色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長が 10nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 50nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90% 以上を確保できる。一方、赤色サブ画素領域と同様の理由により、第 1 の光学長は 20nm 以上であることが望ましい。従って、緑色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長は、20nm 以上 50nm 以下であることが望ましい。

40

【 0 0 5 3 】

図 3 (c) に示す青色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長が 40nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 60nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90% 以上を確保できる。一方、赤色サブ画素領域と同様の理由により、第 1 の光学長は 20nm 以上であることが望ましい。従って、青色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長は、20nm 以上 60nm 以下であることが望ましい。

【 0 0 5 4 】

[4 . 第 2 の光学長（トップエミッション）]

図 4 は光学シミュレーションの結果であり、第 2 の光学長に対する有機 E L 素子の光取出し効率と有機 E L 素子の発光色の色度の変化を示す図である。同図 (a) は赤色サブ画素、(b) は緑色サブ画素、(c) は青色サブ画素を示す。光取出し効率は、カラーフィ

50

ルタ層で光が吸収される前の値を示し、第 1 発光層からの発光と第 2 青色発光層からの発光の和に対する値を示している。各層の膜厚は基準として以下のように設定した。

【 0 0 5 5 】

光反射性電極：2 0 0 n m（銀合金）
 第 1 正孔注入層：2 0 n m（導電性ポリマー材料）
 第 1 正孔輸送層：1 0 n m（アミン化合物）
 第 1 発光層：5 0 n m（ポリフルオレン誘導体）
 第 1 電子輸送層：3 5 n m（フェナンスロリン誘導体）
 電荷発生層：1 0 n m（H A T - C N 6）
 第 2 正孔輸送層：3 0 n m（アミン化合物）
 第 2 青色発光層：2 5 n m（アントラセン化合物）
 第 2 電子輸送層：3 5 n m（フェナンスロリン誘導体）
 光透過性電極：3 5 n m（I T O）
 各材料の屈折率は、分光エリブソメトリーにて評価した。

10

【 0 0 5 6 】

本実施形態においては、第 2 の光学長は、第 1 正孔注入層、第 1 正孔輸送層、第 1 発光層、第 1 電子輸送層、電荷発生層、第 2 正孔輸送層の膜厚の和で表される。図 4 では、第 2 正孔輸送層の膜厚を変化させた場合を示している。

【 0 0 5 7 】

図 4（a）に示す赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 2 の光学長が 1 9 5 n m 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 2 の光学長が 1 6 0 n m 以上 2 3 0 n m 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 9 0 % 以上を確保できる。なお、1 6 0 n m 付近は図 4（a）には現れていない。一方、第 2 の光学長が 2 1 0 n m 以上 2 6 5 n m 以下であれば、y 値が赤色サブ画素として適切な範囲（y 値が 0 . 3 0 以上）を確保することができる。従って、赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 2 の光学長は、2 1 0 n m 以上 2 3 0 n m 以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

20

【 0 0 5 8 】

図 5 に、赤色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す。図 5 上段のグラフは光取り出し効率の変化を示し、図 5 下段のグラフは色度の変化を示す。カラーフィルタ層を用いて色度補正を実施した場合（実線）、第 2 の光学長が 2 2 0 n m 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 2 の光学長が 2 1 0 n m 以上 2 3 0 n m 以下であれば、カラーフィルタで色度補正を実施した場合に高い光取り出し効率を確保することができる。また、図 4（a）及び図 5 の結果から、第 2 の光学長を 1 9 5 n m とした場合、色度補正を実施しなければ光取り出し効率がピークとなるが、色度補正を実施すれば光取り出し効率がピークではなくなることが分かる。これは、第 2 の光学長を 1 9 5 n m 付近とした場合、不要な青色光の占める割合が比較的大きいからであると推察される。

30

【 0 0 5 9 】

また、赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子は、赤色発光層と第 2 青色発光層を含む。第 2 の光学長を最適化する場合、赤色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して検討することも考えられる。現実のデバイスでは赤色発光層が発光せず第 2 青色発光層だけが発光する状況はあり得ないが、シミュレーションではそのような状況を再現することができる。従って、第 2 青色発光層だけが発光する状況をシミュレーションで再現し、出射光の光取り出し効率が極小となる第 2 の光学長を求めることができる。しかしながら、赤色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して最適化しても、必ずしも出射光の光取り出し効率と色度を両立できるとは限らないことが判明した。図 5 上段のグラフ中の破線は、赤色発光層が発光せず第 2 青色発光層のみが発光する場合の光取り出し効率を示す。これによると、例えば、第 2 の光学長が 1 7 0 n m 以上 1 8 0 n m 以下の範囲で光取り出し効率が低くなる。つまり、第 2 青色発光層を独立して最適化すると、第 2 の光学長が 1 7 0 n m 以上 1 8 0 n m 以下の範囲が選択される可能性が高い。しかしながら、上述の通り、赤色サ

40

50

ブ画素領域内の有機 EL 素子の第 2 の光学長の望ましい範囲は、170 nm 以上 180 nm 以下の範囲ではなく、210 nm 以上 230 nm 以下である。従って、第 2 の光学長を最適化する場合、赤色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して検討するのではなく、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方を同時に検討することが重要である。本実施形態では、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方を同時に検討しているので、出射光の光取り出し効率と色度を両立できる第 2 の光学長の範囲を得ることができる。

【0060】

図 4 (b) に示す緑色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 2 の光学長が 270 nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 2 の光学長が 240 nm 以上 300 nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90 % 以上を確保できる。一方、第 2 の光学長が 210 nm 以上 295 nm 以下であれば、y 値が緑色サブ画素として適切な範囲 (y 値が 0.50 以上) を確保することができる。なお、210 nm 付近は図 4 (b) には現れていない。緑色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 2 の光学長は、240 nm 以上 295 nm 以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

【0061】

図 4 (c) に示す青色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 2 の光学長が 210 nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 2 の光学長が 195 nm 以上 235 nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90 % 以上を確保できる。一方、第 2 の光学長が 130 nm 以上 205 nm 以下であれば、y 値が青色サブ画素として適切な範囲 (y 値が 0.2 以下、さらに望ましくは 0.18 以下) を確保することができる。なお、130 nm 付近は図 4 (c) には現れていない。青色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 2 の光学長は、195 nm 以上 205 nm 以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

【0062】

図 6 に、青色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す。図 6 上段のグラフは光取り出し効率の変化を示し、図 6 下段のグラフは色度の変化を示す。上述の通り、第 2 の光学長を最適化する場合、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して検討することが考えられる。図 6 上段のグラフ中の実線は、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合の光取り出し効率を示す。同グラフ中の点線は、第 1 青色発光層のみが発光し第 2 青色発光層が発光しない場合の光取り出し効率を示す。同グラフ中の破線は、第 1 青色発光層が発光せず第 2 青色発光層のみが発光する場合の光取り出し効率を示す。何れも、カラーフィルタ層を用いて色度補正を実施しているものとする。これによると、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合、第 2 の光学長が 195 nm 以上 205 nm 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。第 2 青色発光層のみが発光する場合、第 2 の光学長が 180 nm 以上 195 nm 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。第 1 青色発光層のみが発光する場合、第 2 の光学長が 215 nm 以上 235 nm 以下の範囲内に光取り出し効率のピークが存在する。即ち、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 2 の光学長は、第 1 青色発光層のみが発光する場合や第 2 青色発光層のみが発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 2 の光学長と異なる。従って、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立に最適化しても、必ずしも出射光の光取り出し効率と色度を両立できるとは限らない。本実施形態では、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方を同時に検討しているので、出射光の光取り出し効率と色度を両立できる第 2 の光学長の範囲を得ることができる。

【0063】

[5 . 光学設計のまとめ (トップエミッション)]

赤色サブ画素領域 2R 内において、第 1 の光学長が 20 nm 以上 50 nm 以下であることが望ましく、第 2 の光学長が 210 nm 以上 230 nm 以下であることが望ましい。例えば、第 1 の光学長を 30 nm とし、第 2 の光学長を 220 nm とする場合、各層の膜厚

を以下の通りにしてもよい。

【0064】

第1正孔注入層：20nm

第1正孔輸送層：10nm

赤色発光層：80nm

第1電子輸送層：40nm

電荷発生層：35nm

第2正孔輸送層：35nm

緑色サブ画素領域2G内において、第1の光学長が20nm以上50nm以下であることが望ましく、第2の光学長が240nm以上295nm以下であることが望ましい。例えば、第1の光学長を50nmとし、第2の光学長を240nmとする場合、各層の膜厚を以下の通りにしてもよい。

10

【0065】

第1正孔注入層：35nm

第1正孔輸送層：15nm

緑色発光層：80nm

第1電子輸送層：40nm

電荷発生層：35nm

第2正孔輸送層：35nm

青色サブ画素領域2B内において、第1の光学長が20nm以上60nm以下であることが望ましく、第2の光学長が195nm以上205nm以下であることが望ましい。例えば、第1の光学長を40nmとし、第2の光学長を200nmとする場合、各層の膜厚を以下の通りにしてもよい。

20

【0066】

第1正孔注入層：30nm

第1正孔輸送層：10nm

第2青色発光層：50nm

第1電子輸送層：40nm

電荷発生層：35nm

第2正孔輸送層：35nm

30

本実施形態では、赤色サブ画素領域2R内の各光学長が上記範囲内にあるので、赤色サブ画素領域2R内の赤色発光層7Rから出射された赤色光の光取り出し効率を向上させつつ、第2青色発光層11から出射された青色光の光取り出し効率を抑制することができる。また、緑色サブ画素領域2G内の各光学長が上記範囲内にあるので、緑色サブ画素領域2G内の緑色発光層7Gから出射された緑色光の光取り出し効率を向上させつつ、第2青色発光層11から出射された青色光の光取り出し効率を抑制することができる。また、青色サブ画素領域2B内の各光学長が上記範囲内にあるので、青色サブ画素領域2B内の第1青色発光層7Bと第2青色発光層11の両方から出射された青色光を効率良く外部に取り出すことができる。従って、所望の輝度を得るために必要な電流が小さくなるため、電流駆動型である有機EL素子の寿命を延ばすことができる。

40

【0067】

本実施形態では、さらに、赤色サブ画素領域2R、緑色サブ画素領域2G、及び青色サブ画素領域2B内の各々に電荷発生層9が存在する。そのため、精密なシャドウマスクを用いなくても電荷発生層9を形成することができる。従って、製造コスト、生産性を更に向上することができる。

【0068】

また、上述の通り、赤色サブ画素領域2R、緑色サブ画素領域2G、及び青色サブ画素領域2Bの各第2の光学長の望ましい範囲が互いに異なる。赤色発光層7R、緑色発光層7G、及び第1青色発光層7Bの膜厚を異ならせることにより、赤色サブ画素領域2R、緑色サブ画素領域2G、及び青色サブ画素領域2Bの各第2の光学長を調整することとし

50

てもよい。例えば、赤色発光層 7 R、緑色発光層 7 G、及び第 1 青色発光層 7 B をインクジェット法などの湿式法で形成すれば、これらの膜厚を容易に異ならせることができる。

【 0 0 6 9 】

また、光反射性電極 4 と第 1 発光層 7 との間にある 1 または複数の層（本実施形態では、第 1 正孔注入層 5 と第 1 正孔輸送層 6 ）を第 1 機能層と称する場合、第 1 機能層の膜厚を異ならせることにより、赤色サブ画素領域 2 R、緑色サブ画素領域 2 G、及び青色サブ画素領域 2 B の各第 2 の光学長を調整することとしてもよい。例えば、第 1 機能層に含まれる少なくとも 1 層をインクジェット法などの湿式法で形成すれば、第 1 機能層の膜厚を各サブ画素領域で容易に異ならせることができる。

【 0 0 7 0 】

また、第 1 発光層 7 と光透過性電極 1 3 との間にある各層（本実施形態では、第 1 電子輸送層 8、電荷発生層 9、第 2 正孔輸送層 1 0、第 2 青色発光層 1 1、第 2 電子輸送層 1 2 ）の膜厚を、赤色サブ画素領域 2 R、緑色サブ画素領域 2 G、及び青色サブ画素領域 2 B で同一としてもよい。例えば、各層を抵抗加熱方式などの真空蒸着法で形成すれば、各層の膜厚が各サブ画素領域で同一となる。

【 0 0 7 1 】

[6 . 各層の具体的な材料（トップエミッション）]

以下、各層の具体的な材料を列举する。

【 0 0 7 2 】

< 第 1 基板 >

第 1 基板 1 の電気絶縁性の基材の材料としては、例えば、ガラスやプラスチックが用いられる。ガラス材料としては、具体的には、例えば、無アルカリガラス、ソーダガラス、無蛍光ガラス、燐酸系ガラス、硼酸系ガラス、石英等のガラスなどが挙げられる。プラスチック材料としては、具体的に例えば、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリエチレン、ポリエステル、ポリイミド、シリコン系樹脂などが挙げられる。

【 0 0 7 3 】

< 絶縁層 >

絶縁層 3 は、樹脂材料や無機材料からなる。樹脂材料としては、例えば、ポジ型の感光性材料が挙げられる。また、このような感光性材料として、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。無機材料としては、例えば、S i N（窒化シリコン）、S i O N（酸窒化シリコン）等の材料が挙げられる。絶縁層 3 は、樹脂材料のみから形成されても良いし、樹脂材料と無機材料から形成されても良い。

【 0 0 7 4 】

< 光反射性電極 >

光反射性電極 4 は、光反射性を具備する導電材料からなる。光反射性を具備する導電材料としては、例えば、A l（アルミニウム）、アルミニウム合金、A g（銀）、A P C（銀、パラジウム、銅の合金）、A R A（銀、ルビジウム、金の合金）、M o C R（モリブデンとクロムの合金）、N i C R（ニッケルとクロムの合金）、M o（モリブデン）、M o W（モリブデンとタングステンの合金）等が挙げられる。光反射性電極 4 は、光透過性を具備する導電材料と光反射性を具備する導電材料の積層体としても良い。光透過性の導電材料としては、例えば、酸化インジウムスズ（I T O）や酸化インジウム亜鉛（I Z O）を挙げることができる。

【 0 0 7 5 】

< 隔壁 >

隔壁 2 は、例えば、電気絶縁性の樹脂材料からなる。隔壁 2 の材料としては、例えば、ポジ型の感光性材料が挙げられる。また、このような感光性材料として、アクリル系樹脂、ポリイミド系樹脂、シロキサン系樹脂、フェノール系樹脂が挙げられる。

【 0 0 7 6 】

< 第 1 正孔注入層 >

第 1 正孔注入層 5 の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、銀 (Ag)、モリブデン (Mo)、クロム (Cr)、バナジウム (V)、タングステン (W)、ニッケル (Ni)、イリジウム (Ir) などの酸化物、あるいは、PEDOT (ポリチオフェンとポリスチレンスルホン酸との混合物) などの導電性ポリマー材料、あるいは、トリアゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリールアルカン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリールアミン誘導体、オキサゾール誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、スチルベン誘導体、ポリフィリン化合物、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物などの低分子有機化合物やポリフルオレンやその誘導体、あるいはポリアリールアミンやその誘導体などの高分子化合物が挙げられる。なお、正孔注入性を更に向上させる点から、上記低分子有機化合物に後記

10

【 0 0 7 7 】

< 第 1 正孔輸送層 >

第 1 正孔輸送層 6 は、第 1 正孔注入層 5 から第 1 発光層 7 への正孔の注入を促進させ、第 1 発光層 7 から電子や励起子エネルギーが抜けるのをブロックする目的で設けられている。第 1 正孔輸送層 6 の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、第 1 正孔注入層 5 に記載の材料が挙げられる。

【 0 0 7 8 】

< 第 1 発光層 >

20

第 1 発光層 7 の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、オキシノイド化合物、ペリレン化合物、クマリン化合物、アザクマリン化合物、オキサゾール化合物、オキサジアゾール化合物、ペリノン化合物、ピロロピロール化合物、ナフタレン化合物、アントラセン化合物、フルオレン化合物、フルオランテン化合物、テトラセン化合物、ピレン化合物、コロネン化合物、キノロン化合物及びアザキノロン化合物、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体、ローダミン化合物、クリセン化合物、フェナントレン化合物、シクロペンタジエン化合物、スチルベン化合物、ジフェニルキノン化合物、スチリル化合物、ブタジエン化合物、ジシアノメチレンピラン化合物、ジシアノメチレンチオピラン化合物、フルオレセイン化合物、ピリリウム化合物、チアピリリウム化合物、セレナピリリウム化合物、テルロピリリウム化合物、芳香族アルダジエン化合物、オリゴフェニレン化合物、チオキサnten化合物、アントラセン化合物、シアニン化合物、アクリジン化合物、8 - ヒドロキシキノリン化合物の金属錯体、2 - ビピリジン化合物の金属錯体、シッフ塩と III 族金属との錯体、オキシニル錯体、希土類錯体等の蛍光物質や、トリス (2 - フェニルピリジン) イリジウムなどの燐光を発光する金属錯体等の公知の燐光物質などの低分子有機化合物やポリフルオレンやその誘導体、あるいはポリアリールアミンやその誘導体などの高分子化合物が挙げられる。低分子化合物と低分子化合物の混合体、高分子化合物と低分子化合物の混合体など、いくつかの材料を組み合わせることで第 1 発光層を形成しても良い。

30

【 0 0 7 9 】

< 第 1 電子輸送層 >

40

第 1 電子輸送層 8 の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、有機材料、アルカリ金属またはアルカリ土類金属、アルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等が挙げられる。有機材料としては、例えば、オキサジアゾール誘導体 (OXD)、トリアゾール誘導体 (TAZ)、フェナンスロリン誘導体 (BCP、Phen)、ペリノン誘導体、キノリン錯体誘導体、シロール誘導体、ジメシチルボロン誘導体、トリアリールボロン誘導体等を挙げることができる。アルカリ金属またはアルカリ土類金属としては、例えば、リチウム (Li)、ナトリウム (Na)、セシウム (Cs)、バリウム (Ba)、カルシウム (Ca) が挙げられる。アルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等としては、例えば、フッ化リチウム (LiF)、フッ化ナトリウム (NaF)、酸化リチウム (LiOx)、酸化バリウム (BaOx)、炭酸セシウム (

50

Cs₂Co₃)等を挙げることができる。なお、電子注入性を更に向上させる点から、上記有機材料にアルカリ金属またはアルカリ土類金属やアルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等をドーピングしてもよい。なお、有機層とアルカリ金属またはアルカリ土類金属の積層や有機層とアルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等の積層など、複数の層から第1電子輸送層を形成しても良い。

【0080】

<電荷発生層>

電荷発生層9の材料および構成としては、公知の材料および構成を利用することができる。例えば、電子受容性物質、電子供与性物質、電子受容性物質と電子供与性物質の積層体または混合体、有機材料と電子受容性物質との混合体、有機材料と電子供与性物質との混合体、有機材料と電子受容性物質との混合体と有機材料と電子供与性物質との混合体の積層体、電子受容性物質と金属もしくは透明電極との積層体または混合体、電子供与性物質と金属もしくは透明電極との積層体または混合体、電子受容性物質と電子供与性物質の積層体または混合体と金属もしくは透明電極との積層体、有機材料と電子受容性物質との混合体と金属もしくは透明電極との積層体、有機材料と電子供与性物質との混合体と金属もしくは透明電極との積層体、金属と透明電極との積層体などが挙げられる。

10

【0081】

電子受容性物質としては、例えば、塩化第2鉄、臭化第2鉄、ヨウ化第2鉄、ヨウ化ガリウム、モリブデン酸化物、バナジウム酸化物、タングステン酸化物等の無機化合物やDDQ(ジシアノ-ジクロロキノン)、TNF(トリニトロフルオレノン)、TCNQ(テトラシアノキノジメタン)、F4TCNQ(テトラフルオロ-テトラシアノキノジメタン)、ヘキサアザトリフェニレン誘導体(例えばHAT-CN6)等の有機化合物が挙げられる。電子供与性物質としては、例えば、リチウム(Li)、ナトリウム(Na)、セシウム(Cs)、バリウム(Ba)、カルシウム(Ca)等のアルカリ金属、アルカリ土類金属が挙げられる。有機材料としては、例えば、第1正孔注入層5に記載の材料や第1電子輸送層8に記載の材料が挙げられる。金属としては、例えば、Ag、Au、Al等の金属薄膜が挙げられる。透明電極としては、例えば、ITO(Indium Tin Oxide)、IZO(Indium Zinc Oxide)、ZnO(酸化亜鉛)などが挙げられる。

20

【0082】

第1電子輸送層8や第2正孔輸送層10が、電子受容性物質や電子供与性物質を含む場合や、電荷発生層9が金属もしくは透明電極の場合、第1電子輸送層8や第2正孔輸送層10を電荷発生層の一部として使用することもできる。

30

【0083】

本願においては、第1電子輸送層8に電子を供給し、第2正孔輸送層10に正孔を供給できれば、電荷発生層9の構成は限定を受けるものではない。

【0084】

本実施形態においては、電子供与性物質であるヘキサアザトリフェニレン・ヘキサニトリル(HAT-CN6)を用いている。

【0085】

<第2正孔輸送層>

第2正孔輸送層10の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、第1正孔注入層に記載の材料が挙げられる。

40

【0086】

第2正孔輸送層10は、1層のみで形成されても良いし、更に層を追加して形成しても良い。なお、正孔注入性を更に向上させる点から、第2正孔輸送層10に電子受容性物質をドーピングしてもよい。

【0087】

<第2青色発光層>

第2青色発光層11の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、第

50

1 発光層 7 に記載の材料が挙げられる。低分子化合物と低分子化合物の混合体など、いくつかの材料を組み合わせることで第 2 青色発光層 11 を形成しても良い。

【0088】

< 第 2 電子輸送層 >

第 2 電子輸送層 12 の材料としては、公知の材料を利用することができる。例えば、第 1 電子輸送層 8 に記載の材料が挙げられる。なお、電子注入性を更に向上させる点から、有機層にアルカリ金属またはアルカリ土類金属やアルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等をドーピングしてもよい。なお、有機層とアルカリ金属またはアルカリ土類金属の積層や有機層とアルカリ金属またはアルカリ土類金属の酸化物、フッ化物等の積層など、複数の層から第 2 電子輸送層を形成しても良い。

10

【0089】

< 光透過性電極 >

光透過性電極 13 は、光透過性を具備する導電材料からなる。光透過性の導電材料としては、例えば、酸化インジウムスズ (ITO) や酸化インジウム亜鉛 (IZO) を挙げることができる。

【0090】

< 保護層 >

保護層 14 は、無機材料や樹脂材料からなる。無機材料としては、例えば SiN (窒化シリコン)、SiON (酸窒化シリコン) 等が挙げられる。樹脂材料としては、例えば、樹脂接着剤が挙げられる。保護層 14 は、無機層と樹脂層とが積層された積層体であってもよい。

20

【0091】

< カラーフィルタ層 >

カラーフィルタ層 15 の材料としては、公知の材料を利用することができる。

【0092】

< 第 2 基板 >

第 2 基板 16 の材料としては、例えば、ガラスやプラスチックが用いられる。ガラス材料としては、具体的には例えば、無アルカリガラス、ソーダガラス、無蛍光ガラス、燐酸系ガラス、硼酸系ガラス、石英等のガラスなどが挙げられる。プラスチックとしては、具体的に例えば、アクリル系樹脂、スチレン系樹脂、ポリカーボネート系樹脂、エポキシ系樹脂、ポリエチレン、ポリエステル、ポリイミド、シリコーン系樹脂などが挙げられる。プラスチックを用いる場合、第 2 基板 16 に、水分や酸素の侵入を抑制するための保護層を含めることとしても良い。

30

【0093】

[7. 有機 EL 表示パネルの製造方法 (トップエミッション)]

本実施形態に係る有機 EL 表示パネルの製造方法について図 7 を用いて説明する。

【0094】

図 7 (a) に示すように、第 1 基板 1 上に絶縁層 3 を形成する。絶縁層 3 上に互いに離間した複数の光反射性電極 4 を形成する。光反射性電極 4 は、例えば、スパッタ法を用いて光反射性を具備する導電材料からなる導電膜を絶縁層 3 上に形成し、エッチング法を用いて導電膜をパターニングすることにより形成することができる。

40

【0095】

図 7 (b) に示すように、第 1 基板 1 上に複数の隔壁 2 を形成する。隔壁 2 は、例えば、絶縁層 3 上に感光性材料からなる感光性膜を形成し、フォトリソを介して感光性膜を露光し、露光された感光性膜を現像することにより形成することができる。隔壁 2 は、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、第 1 発光層 7 を湿式法で形成する場合に、塗布されたインクがあふれ出ないようにするための構造物として機能する。

【0096】

図 7 (c) に示すように、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7R、緑色発光層 7G、及び第 1 青色発光層 7B を形成する。これらは、例えば、インクジェット

50

法などの湿式法を用いることにより形成することができる。

【 0 0 9 7 】

図 7 (d) に示すように、第 1 電子輸送層 8、電荷発生層 9、第 2 正孔輸送層 10、第 2 青色発光層 11、第 2 電子輸送層 12 を形成する。これらは、例えば、抵抗加熱方式などの真空蒸着法を用いることにより形成することができる。

【 0 0 9 8 】

図 7 (e) に示すように、光透過性電極 13 を形成する。これは、例えば、抵抗加熱方式などの真空蒸着法、スパッタ法、反応性スパッタ法、イオンプレーティング法、気相成長法等の乾式法を用いることにより形成することができる。次に、保護層 14 を形成し、保護層 14 上にカラーフィルタ層 15 が形成された第 2 基板 16 を被せる。

10

【 0 0 9 9 】

[8 . 有機 E L 表示パネルの構成 (ボトムエミッション)]

本発明の第 2 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの構成について、図 8 を用いて説明する。図 8 は、本発明の第 2 実施形態に係る有機 E L 表示パネルの 1 画素を拡大した断面図である。本実施形態においては、有機 E L 表示パネル 200 は、図 8 における紙面下側を表示面とする、いわゆるボトムエミッション型である。

【 0 1 0 0 】

有機 E L 表示パネル 200 は、第 2 基板 16、カラーフィルタ層 15、隔壁 2、絶縁層 3、光透過性電極 213、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7R、緑色発光層 7G、第 1 青色発光層 7B、第 1 電子輸送層 8、電荷発生層 9、第 2 正孔輸送層 10、第 2 青色発光層 11、第 2 電子輸送層 12、光反射性電極 204、保護層 14、第 2 基板 1 を備える。各層の機能、材料及び製造方法は第 1 実施形態と同様なので説明を省略する。

20

【 0 1 0 1 】

[9 . 光学設計 (ボトムエミッション)]

図 9 に、各サブ画素領域内に設けられた有機 E L 素子の出射光の光路を示す。

【 0 1 0 2 】

光路 C1a は、第 1 発光層 7 から光反射性電極 204 側に進行せずに光透過性電極 213 側に進行する光の光路である。光路 C1b は、第 1 発光層 7 から光反射性電極 204 側に進行し、光反射性電極 204 で反射されてから光透過性電極 213 側に進行する光の光路である。光路 C2a は、第 2 青色発光層 11 から光反射性電極 204 側に進行せずに光透過性電極 213 側に進行する光の光路である。光路 C2b は、第 2 青色発光層 11 から光反射性電極 204 側に進行し、光反射性電極 204 で反射されてから光透過性電極 213 側に進行する光の光路である。

30

【 0 1 0 3 】

本実施形態では、有機 E L 素子の微小共振構造を設計する場合、第 1 発光層 7 の発光面 7a と光反射性電極 204 の光反射面 204a との間の光学長 L1R、L1G、L1B (以下、「第 1 の光学長」と称する) と、第 2 青色発光層 11 の発光面 11a と光反射性電極 204 の光反射面 204a との間の光学長 L2R、L2G、L2B (以下、「第 2 の光学長」と称する) とを検討すればよい。

40

【 0 1 0 4 】

[10 . 第 2 の光学長 (ボトムエミッション)]

本実施形態では、第 1 正孔注入層 5、第 1 正孔輸送層 6、赤色発光層 7R、緑色発光層 7G、及び第 1 青色発光層 7B を湿式法で形成するものとして説明する。また、第 1 電子輸送層 8、電荷発生層 9、第 2 正孔輸送層 10、第 2 青色発光層 11、及び第 2 電子輸送層 12 を真空蒸着法で形成するものとして説明する。また、真空蒸着法では、シャドウマスクを用いないものとする。この場合、第 2 の光学長は、各サブ画素領域 2R、2G、2B で同一となる。

【 0 1 0 5 】

図 10 は光学シミュレーションの結果であり、第 2 の光学長に対する有機 E L 素子の光

50

取出し効率と有機EL素子の発光色の色度の変化を示す図である。光取出し効率はカラーフィルタ層で光が吸収される前の値を示し、第2青色発光層からの発光に対する値を示している。各層の膜厚は基準として以下のように設定した。

【0106】

光透過性電極：50nm(ITO)
 第1正孔注入層：25nm(導電性ポリマー材料)
 第1正孔輸送層：20nm(アミン化合物)
 第1発光層：70nm(ポリフルオレン誘導体)
 第1電子輸送層：35nm(フェナンスロリン誘導体)
 電荷発生層：10nm(HAT-CN6)
 第2正孔輸送層：25nm(アミン化合物)
 第2青色発光層：25nm(アントラセン化合物)
 第2電子輸送層：35nm(フェナンスロリン誘導体)
 光反射性電極：120nm(アルミニウム)
 各材料の屈折率は、分光エリプソメトリーにて評価した。

10

【0107】

本実施形態においては、第2の光学長は、第2電子輸送層と第2青色発光層の膜厚の和で表される。図10では、第2電子輸送層の膜厚を変化させた場合(破線)と第2青色発光層の膜厚を変化させた場合(実線)を示している。どちらの材料も有機材料であるため、ほぼ同じ屈折率を有している。そのため、どちらの膜厚を変化させても同じ挙動を示すことが分かる。すなわち、光反射性電極の反射面と第2青色発光層の発光面との間に存在する層であれば、どの層の膜厚を調整しても良く、第2電子注入層などを追加しても良い。

20

【0108】

図10に示す各サブ画素領域内の有機EL素子では、第2の光学長が70nm付近で光取出し効率がピークとなる。第2の光学長が60nm以上80nm以下であれば、光取出し効率がピーク値の90%以上を確保できる。一方、出射光の色度は、第2の光学長が長くなるにつれ、悪化(大きい値になる)していくことが分かる。青色光として光を取り出すには、y値は0.20以下が望ましい。第2の光学長が75nm以下であれば、y値を0.20以下に確保することができる。従って、第2の光学長は、60nm以上75nm以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を青色として取り出しつつ光取出し効率を高めることができる。

30

【0109】

[11.第1の光学長(ボトムエミッション)]

図11は光学シミュレーションの結果であり、第1の光学長に対する有機EL素子の光取出し効率と有機EL素子の発光色の色度の変化を示す図である。同図(a)は赤色サブ画素、(b)は緑色サブ画素、(c)は青色サブ画素を示す。光取出し効率は、カラーフィルタ層で光が吸収される前の値を示し、第1発光層からの発光と第2青色発光層からの発光の和に対する値を示している。各層の膜厚は基準として以下のように設定した。

【0110】

光透過性電極：50nm(ITO)
 第1正孔注入層：25nm(導電性ポリマー材料)
 第1正孔輸送層：20nm(アミン化合物)
 第1発光層：70nm(ポリフルオレン誘導体)
 第1電子輸送層：35nm(フェナンスロリン誘導体)
 電荷発生層：10nm(HAT-CN6)
 第2正孔輸送層：25nm(アミン化合物)
 第2青色発光層：25nm(アントラセン化合物)
 第2電子輸送層：35nm(フェナンスロリン誘導体)
 光反射性電極：120nm(アルミニウム)

40

50

各材料の屈折率は、分光エリプソメトリーにて評価した。

【 0 1 1 1 】

本実施形態においては、第 1 の光学長は、第 2 電子輸送層、第 2 青色発光層、第 2 正孔輸送層、電荷発生層、第 1 電子輸送層、第 1 発光層の膜厚の和で表される。ここで、第 1 発光層以外は、シャドウマスクを用いない乾式法により形成されるため、各サブ画素領域で膜厚を異ならせることができない。第 1 発光層は、湿式法により形成されるため、各サブ画素領域で異なる膜厚を実現できる。図 1 1 (a)、(b)、(c) は、第 1 発光層の膜厚を変化させた場合の光取り出し効率と色度の変化の光学シミュレーションデータ (実線) と、実際に有機 E L 素子を作製して特性を評価した実測データ (点) を示している。どれも、光学シミュレーションと実測データが良い一致を示し、光学シミュレーションによる予測が正しいことを示している。

10

【 0 1 1 2 】

図 1 1 (a) に示す赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長が 2 9 0 n m 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 2 5 5 n m 以上 3 1 5 n m 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 9 0 % 以上を確保できる。一方、第 1 の光学長を 3 0 0 n m 以上にすると、赤色発光層が 1 7 0 n m 以上となり、有機 E L 素子の駆動電圧が非常に高くなってしまふ。従って、赤色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長は、2 5 5 n m 以上 3 0 0 n m 以下であることが望ましい。なお、図 1 2 (a) に第 1 の光学長が 2 1 0 n m の場合の発光スペクトルを示し、図 1 2 (b) に第 1 の光学長が 2 9 0 n m の場合の発光スペクトルを示す。第 1 の光学長が 2 1 0 n m の場合、非常に青色発光が強く、第 1 の光学長が 2 9 0 n m の場合、赤色発光が強くなり、青色発光が抑制されていることが分かる。従って、第 1 の光学長を上記範囲内に収めることにより、不要な青色発光を抑制するとともに赤色発光を強く取り出すことができ、その結果、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

20

【 0 1 1 3 】

図 1 3 に、赤色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す。図 1 3 上段のグラフは光取り出し効率の変化を示し、図 1 3 下段のグラフは色度の変化を示す。カラーフィルタ層を用いて色度補正を実施した場合 (実線)、第 1 の光学長が 2 7 0 n m 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 2 5 5 n m 以上 3 0 0 n m 以下であれば、カラーフィルタで色度補正を実施した場合に高い光取り出し効率を確保することができる。

30

【 0 1 1 4 】

また、第 1 実施形態でも説明した通り、第 1 の光学長を最適化する場合、赤色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して検討することが考えられる。図 1 3 上段のグラフ中の実線は、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合の光取り出し効率を示す。同グラフ中の破線は、赤色発光層のみが発光し第 2 青色発光層が発光しない場合の光取り出し効率を示す。何れも、カラーフィルタ層を用いて色度補正を実施している。これによると、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合、第 2 の光学長が 2 5 5 n m 以上 3 0 0 n m 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。赤色発光層のみが発光する場合、第 1 の光学長が 3 0 0 n m 以上 3 2 0 n m 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。即ち、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 1 の光学長は、赤色発光層のみが発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 1 の光学長と異なる。従って、赤色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立に最適化しても、必ずしも出射光の光取り出し効率と色度を両立できるとは限らない。本実施形態では、赤色発光層と第 2 青色発光層の両方を同時に検討しているので、出射光の光取り出し効率と色度を両立できる第 1 の光学長の範囲を得ることができる。

40

【 0 1 1 5 】

図 1 1 (b) に示す緑色サブ画素領域内の有機 E L 素子では、第 1 の光学長が 2 7 0 n m 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 2 5 0 n m 以上 3 0 0 n m 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 9 0 % 以上を確保できる。また、この範囲であれ

50

ば、 y 値が緑色サブ画素として適切な範囲 (y 値が概ね 0.50 以上) を確保することができる。従って、第 1 の光学長は、 250 nm 以上 300 nm 以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

【0116】

図 11(c) に示す青色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 1 の光学長が 230 nm 付近で光取り出し効率がピークとなる。第 1 の光学長が 210 nm 以上 250 nm 以下であれば、光取り出し効率がピーク値の 90% 以上を確保できる。一方、第 1 の光学長が 220 nm 以下であれば、 y 値が青色サブ画素として適切な範囲 (y 値が 0.2 以下、さらに望ましくは 0.18 以下) を確保することができる。従って、青色サブ画素領域内の有機 EL 素子では、第 1 の光学長は、 210 nm 以上 220 nm 以下であることが望ましい。これにより、出射光の色度を適切な範囲に確保しつつ光取り出し効率を高めることができる。

【0117】

図 14 に、青色サブ画素に関して、さらに詳細なシミュレーションの結果を示す。図 14 上段のグラフは光取り出し効率の変化を示し、図 14 下段のグラフは色度の変化を示す。上述の通り、第 1 の光学長を最適化する場合、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立して検討することが考えられる。図 14 上段のグラフ中の実線は、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合の光取り出し効率を示す。同グラフ中の点線は、第 1 青色発光層のみが発光し第 2 青色発光層が発光しない場合の光取り出し効率を示す。同グラフ中の破線は、第 1 青色発光層が発光せず第 2 青色発光層のみが発光する場合の光取り出し効率を示す。何れも、カラーフィルタ層を用いて色度補正を実施しているものとする。これによると、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合、第 1 の光学長が 210 nm 以上 220 nm 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。第 1 青色発光層のみが発光する場合、第 1 の光学長が 195 nm 以上 210 nm 以下の範囲に光取り出し効率のピークが存在する。第 2 青色発光層のみが発光する場合、第 1 の光学長が 220 nm 以上 240 nm 以下の範囲内に光取り出し効率のピークが存在する。即ち、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方が発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 1 の光学長は、第 1 青色発光層のみが発光する場合や第 2 青色発光層のみが発光する場合に光取り出し効率がピークを示す第 1 の光学長と異なる。従って、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層をそれぞれ独立に最適化しても、必ずしも出射光の光取り出し効率と色度を両立できるとは限らない。本実施形態では、第 1 青色発光層と第 2 青色発光層の両方を同時に検討しているので、出射光の光取り出し効率と色度を両立できる第 2 の光学長の範囲を得ることができる。

【0118】

[12. 光学設計のまとめ (ボトムエミッション)]

赤色サブ画素領域 2R 内において、第 1 の光学長が 255 nm 以上 300 nm 以下であることが望ましく、第 2 の光学長が 60 nm 以上 75 nm 以下であることが望ましい。例えば、第 1 の光学長を 290 nm とし、第 2 の光学長を 60 nm とする場合、各層の膜厚を以下の通りにしてもよい。

【0119】

赤色発光層 : 160 nm

第 1 電子輸送層 : 35 nm

電荷発生層 : 10 nm

第 2 正孔輸送層 : 25 nm

第 2 青色発光層 : 25 nm

第 2 電子輸送層 : 35 nm

緑色サブ画素領域 2G 内において、第 1 の光学長が 250 nm 以上 300 nm 以下であることが望ましく、第 2 の光学長が 60 nm 以上 75 nm 以下であることが望ましい。例えば、第 1 の光学長を 290 nm とし、第 2 の光学長を 60 nm とする場合、各層の膜厚

を以下の通りにしてもよい。

【 0 1 2 0 】

緑色発光層： 1 6 0 n m

第 1 電子輸送層： 3 5 n m

電荷発生層： 1 0 n m

第 2 正孔輸送層： 2 5 n m

第 2 青色発光層： 2 5 n m

第 2 電子輸送層： 3 5 n m

青色サブ画素領域 2 B 内において、第 1 の光学長が 2 1 0 n m 以上 2 2 0 n m 以下であることが望ましく、第 2 の光学長が 6 0 n m 以上 7 5 n m 以下であることが望ましい。例えば、第 1 の光学長を 2 1 5 n m とし、第 2 の光学長を 6 0 n m とする場合、各層の膜厚を以下の通りにしてもよい。

10

【 0 1 2 1 】

第 1 青色発光層： 8 5 n m

第 1 電子輸送層： 3 5 n m

電荷発生層： 1 0 n m

第 2 正孔輸送層： 2 5 n m

第 2 青色発光層： 2 5 n m

第 2 電子輸送層： 3 5 n m

本実施形態では、第 1 実施形態と同様に、赤色サブ画素領域 2 R 及び緑色サブ画素領域では不要な青色光の光取り出し効率を抑制することができ、青色サブ画素領域 2 B では青色光を効率良く外部に取り出すことができる。

20

【 0 1 2 2 】

本実施形態では、さらに、第 1 実施形態と同様、赤色サブ画素領域 2 R、緑色サブ画素領域 2 G、及び青色サブ画素領域 2 B 内の各々に電荷発生層 9 が存在する。そのため、精密なシャドウマスクを用いなくても電荷発生層 9 を形成することができる。従って、製造コスト、生産性を更に向上することができる。

【 0 1 2 3 】

[1 3 . 表示装置]

第 1 及び第 2 実施形態に示した有機 E L 表示パネルは、例えば、図 1 5 に示すような表示装置 1 0 0 0 に利用可能である。図 1 6 に示すように、表示装置 1 0 0 0 は、有機 E L 表示パネル 1 0 0 及び駆動制御回路 1 0 1 7 を備える。有機 E L 表示パネル 1 0 0 は、例えば、第 1 実施形態に示した有機 E L 表示パネルである。駆動制御回路 1 0 1 7 は、駆動回路 1 0 1 8、1 0 1 9、1 0 2 0、1 0 2 1 及び制御回路 1 0 2 2 を備える。制御回路 1 0 2 2 は、外部から映像信号を受け、映像信号に基づいて有機 E L 表示パネル 1 0 0 内の各 T F T 駆動回路に適した電圧信号に変換する。駆動回路 1 0 1 8、1 0 1 9、1 0 2 0、1 0 2 1 は、制御回路 1 0 2 2 から受けた電圧信号を有機 E L 表示パネル 1 0 0 内の各 T F T 駆動回路に送信する。

30

【産業上の利用可能性】

【 0 1 2 4 】

本発明の有機 E L 表示パネルは、例えば、家庭用もしくは公共施設、あるいは業務用の各種表示装置、テレビジョン装置、携帯型電子機器用の表示装置等として利用可能である。

40

【符号の説明】

【 0 1 2 5 】

- 1 第 1 基板
- 2 隔壁
- 3 絶縁層
- 4、2 0 4 光反射性電極
- 5 第 1 正孔注入層

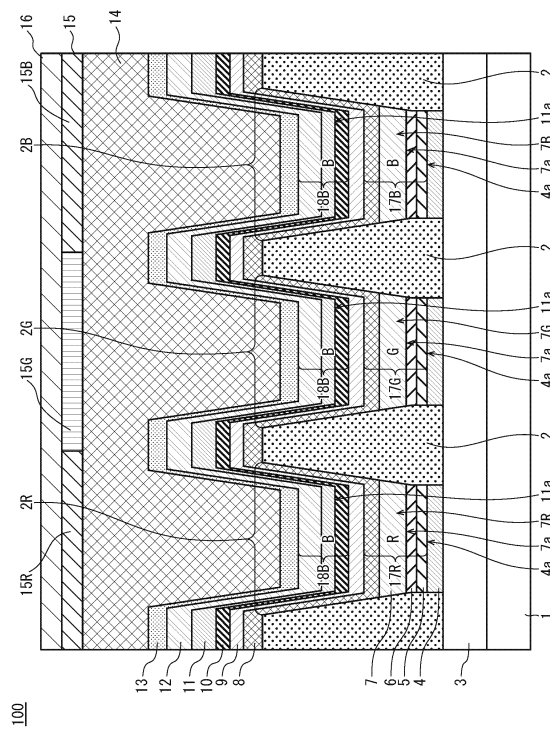
50

6	第1正孔輸送層
7	第1発光層
7 R	赤色発光層
7 G	緑色発光層
7 B	第1青色発光層
8	第1電子輸送層
9	電荷発生層
10	第2正孔輸送層
11	第2青色発光層
12	第2電子輸送層
13、213	光透過性電極
14	保護層
15	カラーフィルタ層
15 R	赤色フィルタ
15 G	緑色フィルタ
15 B	青色フィルタ
16	第2基板
17 R	第1赤色発光ユニット
17 G	第1緑色発光ユニット
17 B	第1青色発光ユニット
18 B	第2青色発光ユニット

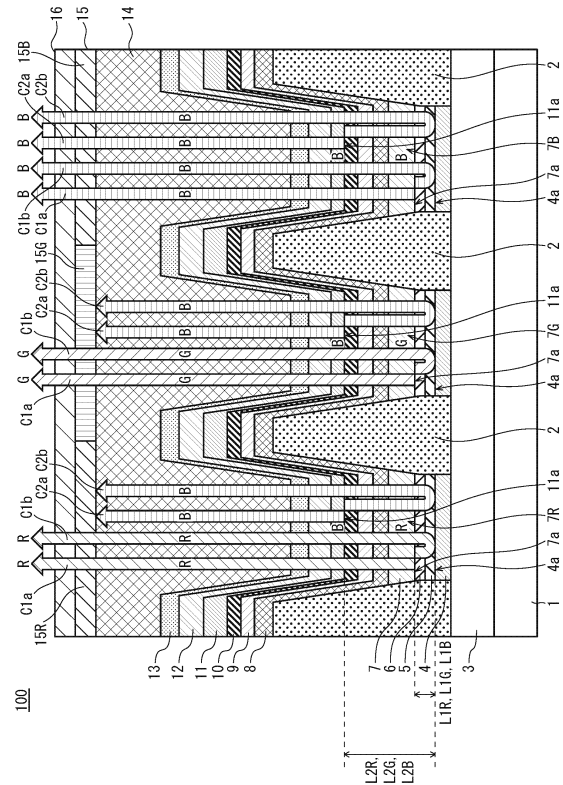
10

20

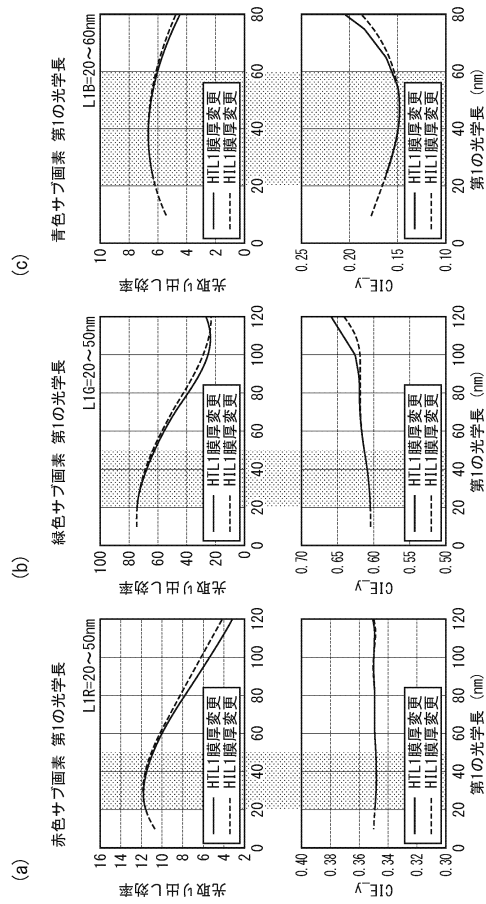
【図1】



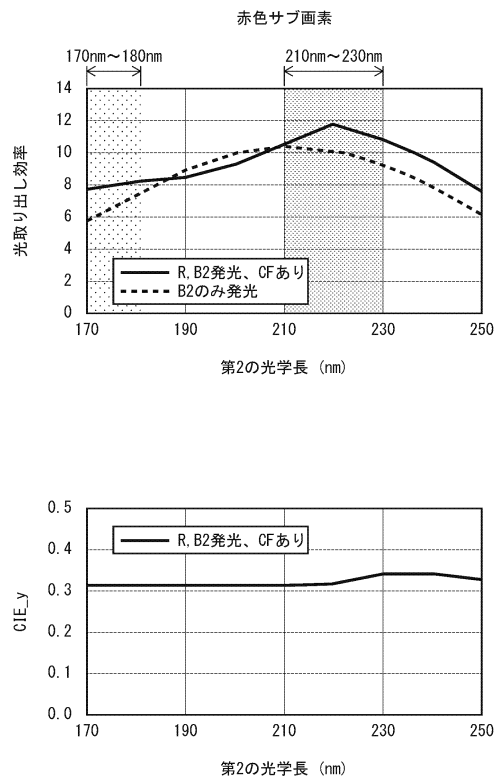
【図2】



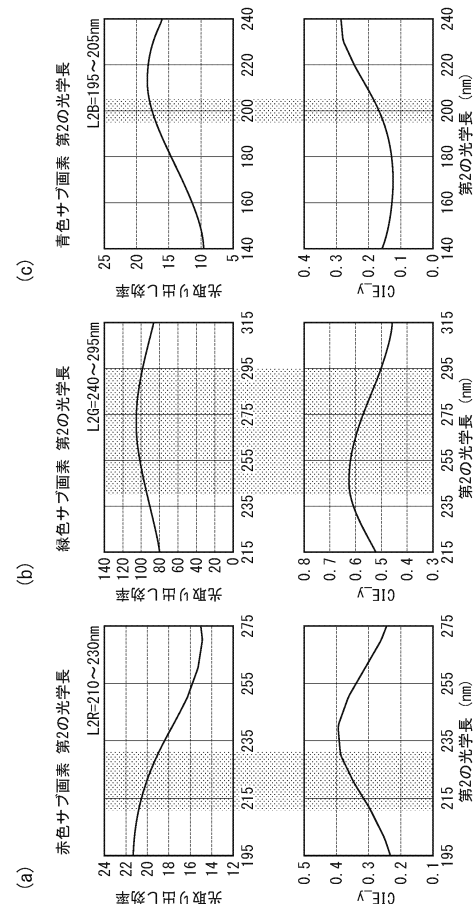
【図 3】



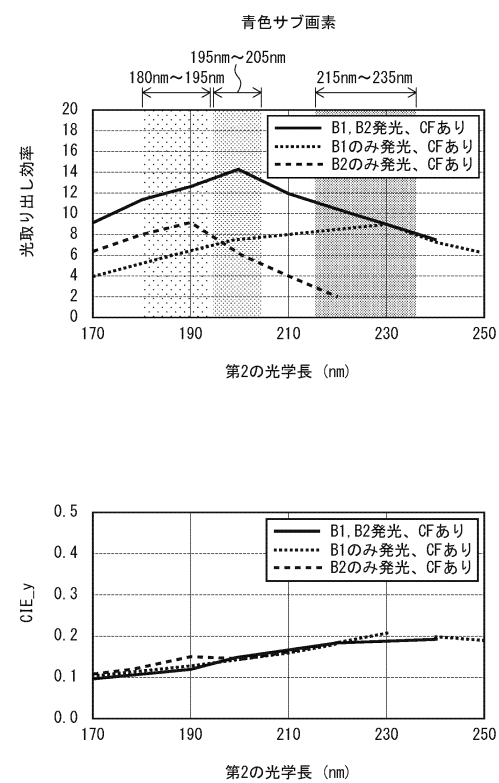
【図 5】



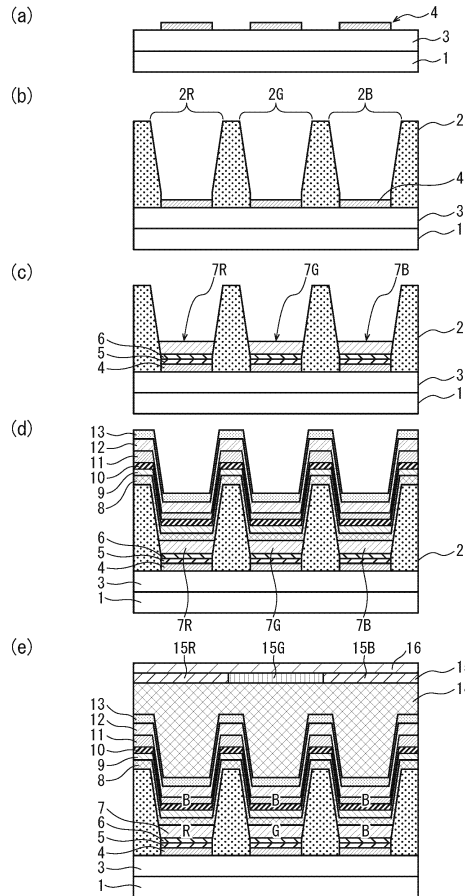
【図 4】



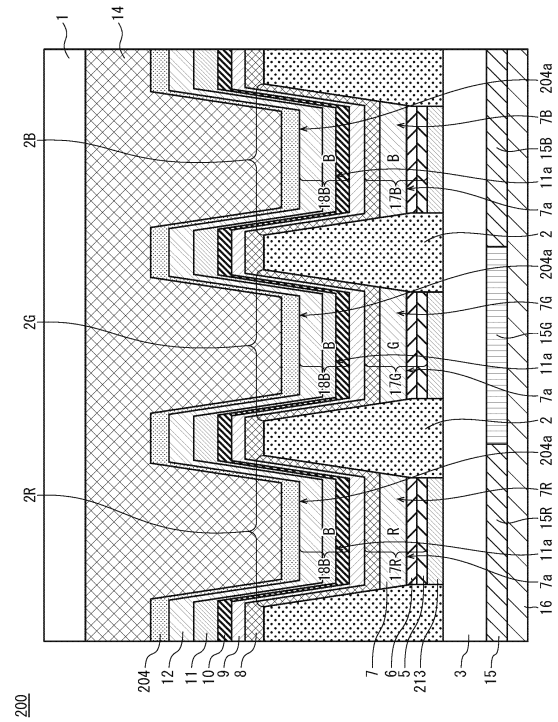
【図 6】



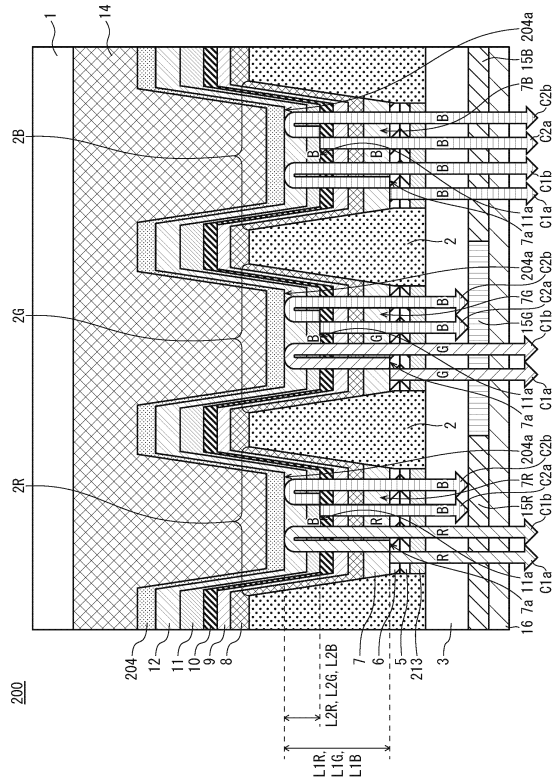
【図 7】



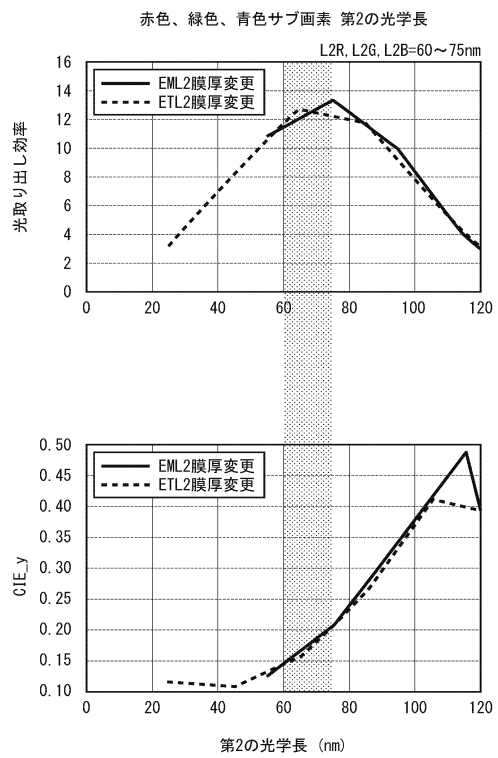
【図 8】



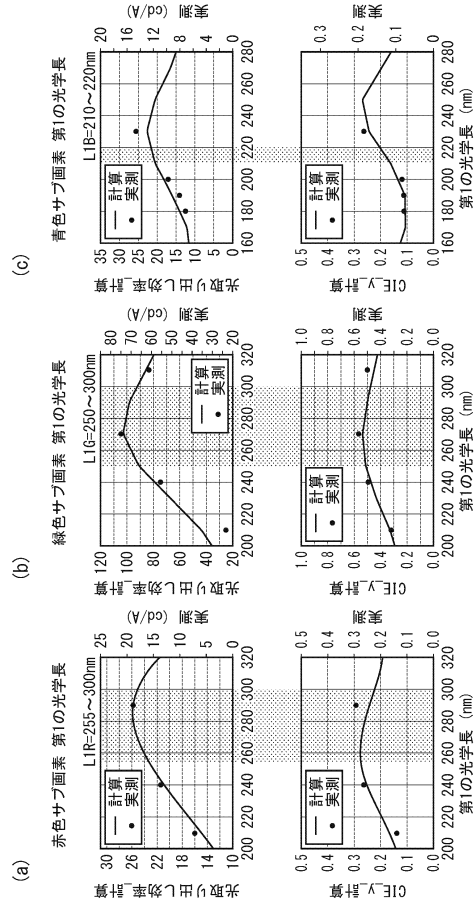
【図 9】



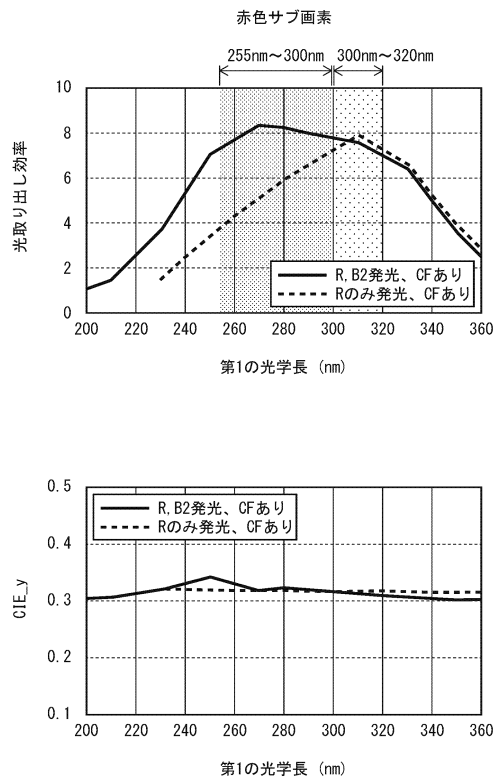
【図 10】



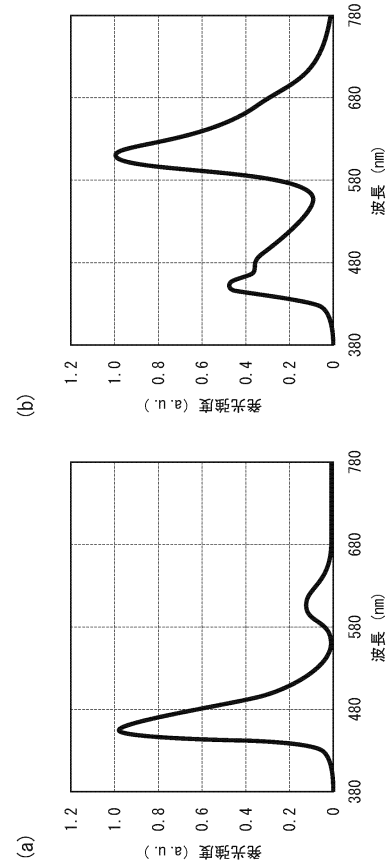
【図 1 1】



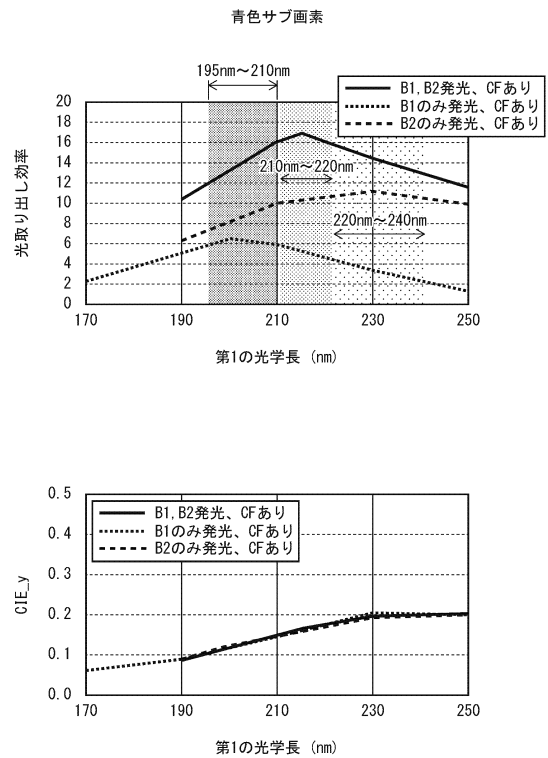
【図 1 3】



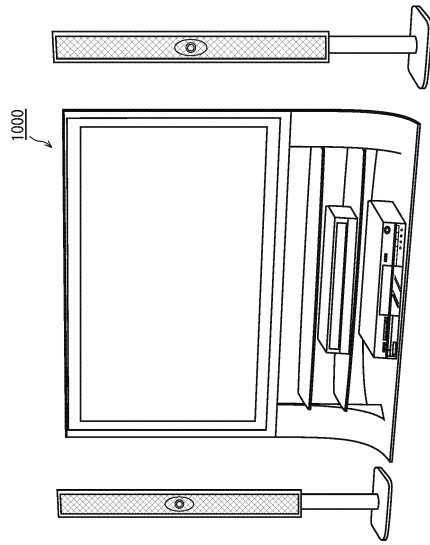
【図 1 2】



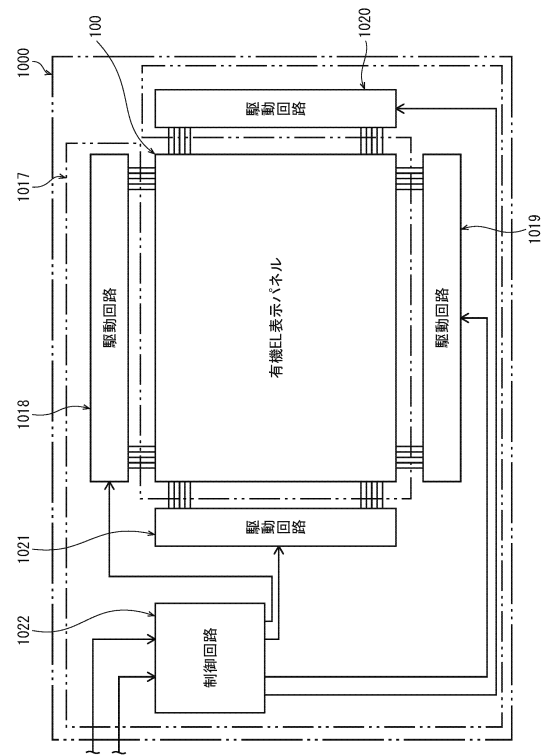
【図 1 4】



【図 15】



【図 16】



 フロントページの続き

(51)Int.Cl.			F I		
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/28</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i>	<i>33/26</i>	<i>Z</i>
<i>H 0 5 B</i>	<i>33/24</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i>	<i>33/28</i>	
<i>H 0 1 L</i>	<i>27/32</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i>	<i>33/24</i>	
<i>G 0 9 F</i>	<i>9/30</i>	<i>(2006.01)</i>	<i>H 0 5 B</i>	<i>33/12</i>	<i>E</i>
			<i>H 0 1 L</i>	<i>27/32</i>	
			<i>G 0 9 F</i>	<i>9/30</i>	<i>3 6 5</i>

(72)発明者 ホアン ミン ヒエップ
 福岡県福岡市博多区美野島四丁目 1 番 6 2 号 パナソニックシステムネットワークス株式会社内

審査官 中山 佳美

(56)参考文献 特開 2 0 0 9 - 2 4 5 7 4 7 (J P , A)
 特開 2 0 1 3 - 7 3 7 5 9 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 2 2 7 1 1 8 (J P , A)
 特開 2 0 1 2 - 2 2 9 5 3 (J P , A)

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)
H 0 1 L *5 1 / 5 0 - 5 1 / 5 6*
H 0 1 L *2 7 / 3 2*
H 0 5 B *3 3 / 0 0 - 3 3 / 2 8*

专利名称(译)	有机EL显示面板，具有该有机EL显示面板的显示装置，以及有机EL显示面板的制造方法		
公开(公告)号	JP6222718B2	公开(公告)日	2017-11-01
申请号	JP2016508488	申请日	2015-02-24
[标]申请(专利权)人(译)	日本有机雷特显示器股份有限公司		
申请(专利权)人(译)	株式会社JOLED		
当前申请(专利权)人(译)	株式会社JOLED		
[标]发明人	松末哲征 米田和弘 ホアンミンヒエップ		
发明人	松末 哲征 米田 和弘 ホアン ミン ヒエップ		
IPC分类号	H05B33/12 H01L51/50 H05B33/10 H05B33/22 H05B33/26 H05B33/28 H05B33/24 H01L27/32 G09F9/30		
CPC分类号	H01L27/3246 H01L27/3211 H01L27/3213 H01L27/322 H01L51/0005 H01L51/0008 H01L51/001 H01L51/504 H01L51/5044 H01L51/5206 H01L51/5221 H01L51/5265 H01L51/56 H01L2227/323 H01L2251/5315 H01L2251/533 H01L2251/558		
FI分类号	H05B33/12.C H05B33/14.A H05B33/12.B H05B33/10 H05B33/22.Z H05B33/26.Z H05B33/28 H05B33/24 H05B33/12.E H01L27/32 G09F9/30.365		
审查员(译)	中山 佳美		
优先权	2014059034 2014-03-20 JP		
其他公开文献	JPWO2015141142A1		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

有机EL显示面板包括光反射电极，红光发射层，绿光发射层，第一蓝光发射层，电荷产生层，第二蓝光发射层和透光电极。在红色子像素区域中，第一光学长度为20nm或更大且50nm或更小，并且第二光学长度为210nm或更大且230nm或更小。在绿色子像素区域中，第一光学长度为20nm或更大且50nm或更小，第二光学长度为240nm或更大且295nm或更小。在蓝色子像素区域中，第一光学长度为20nm以上且60nm以下，第二光学长度为195nm以上且205nm以下。

(19) 日本国特許庁(JP)	(12) 特 許 公 報(B2)	(11) 特許番号 特許第6222718号 (P6222718)
(45) 発行日 平成29年11月1日(2017.11.1)	(24) 登録日 平成29年10月13日(2017.10.13)	
(51) Int. Cl.	F I	
H05B 33/12 (2006.01)	H05B 33/12	C
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14	A
H05B 33/10 (2006.01)	H05B 33/12	B
H05B 33/22 (2006.01)	H05B 33/10	
H05B 33/26 (2006.01)	H05B 33/22	Z
請求項の数 13 (全 29 頁) 最終頁に続く		
(21) 出願番号 特願2016-508488 (P2016-508488)	(73) 特許権者 514188173	
(86) (22) 出願日 平成27年2月24日(2015.2.24)	株式会社JOLED	
(86) 国際出願番号 PCT/JP2015/000921	東京都千代田区神田錦町三丁目2-3番地	
(87) 国際公開番号 W02015/141142	110001900	
(87) 国際公開日 平成27年9月24日(2015.9.24)	特許業務法人 ナカジマ知的財産総合事務所	
(31) 優先権主張番号 特願2014-59034 (P2014-59034)	(72) 発明者 松末 哲征	
(32) 優先日 平成26年3月20日(2014.3.20)	東京都千代田区神田錦町三丁目2-3番地	
(33) 優先権主張国 日本国(JP)	株式会社JOLED内	
	(72) 発明者 米田 和弘	
	東京都千代田区神田錦町三丁目2-3番地	
	株式会社JOLED内	
最終頁に続く		
(54) 【発明の名称】 有機EL表示パネル、それを備えた表示装置および有機EL表示パネルの製造方法		