

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-251489

(P2005-251489A)

(43) 公開日 平成17年9月15日(2005.9.15)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/14	H05B 33/14	3K007
H05B 33/02	H05B 33/02	
H05B 33/22	H05B 33/22	Z

審査請求 未請求 請求項の数 14 O L (全 16 頁)

(21) 出願番号	特願2004-58354 (P2004-58354)	(71) 出願人	000005108 株式会社日立製作所 東京都千代田区丸の内一丁目6番6号
(22) 出願日	平成16年3月3日(2004.3.3)	(71) 出願人	502356528 株式会社 日立ディスプレイズ 千葉県茂原市早野3300番地
		(74) 代理人	100075096 弁理士 作田 康夫
		(74) 代理人	100100310 弁理士 井上 学
		(72) 発明者	田中 俊明 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

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及びその表示装置

(57) 【要約】

【課題】

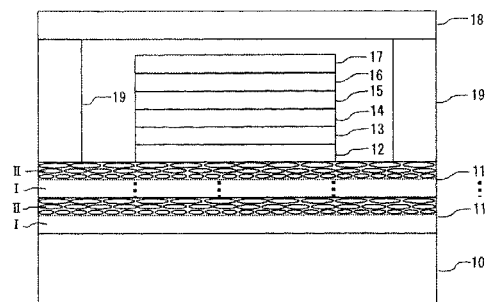
従来の発光素子特に有機発光ダイオード素子では、光取り出し効率が低く発光スペクトル半値幅が広く色純度が低いなどの光学的特性に問題があった。本発明では、効率の高い特性が得られる素子を実現し光学的特性の改善を目的とする。

【解決手段】

本発明では、有機発光ダイオード素子において、新規オリジナルな光学薄膜を導入し、低屈折率でかつナノメータオーダの空隙を有する光学薄膜の領域を通して全反射の臨界角に制限されない散乱光として、上部へ光を取り出し光取り出し効率を改善しながら、前記光学薄膜を多層で繰り返し積層することによって、周期構造反射鏡として利用しスペクトルを分離させる。

【選択図】 図9

図 9



【特許請求の範囲】

【請求項 1】

第一の電極と、第二の電極と、該第一の電極と該第二の電極間に配置される発光層と、光学薄膜とを有する発光素子において、

前記光学薄膜は、

誘電体材料のみからなる第一の領域と、

前記誘電体材料中に空隙が存在する第二の領域とが分離した構造を有し、

前記発光層からの出射光が前記光学薄膜を通して外部に取り出される構成であることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

前記光学薄膜は前記発光素子を構成するいずれの材料層よりも屈折率が低いことを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 3】

前記光学薄膜を複数層積層することを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 4】

前記空隙は 5 nm 以上 700 nm 以下のサイズであることを特徴とする請求項 1 ~ 3 記載の発光素子。

【請求項 5】

請求項第 1 ~ 3 項記載の発光素子において、前記空隙のサイズは可視光波長と同程度かそれ以下の短い波長に相当する物体の大きさに光が当たったときに生じる Mie 散乱に基づく散乱光を前記発光素子の外部に取り出す構成を有していることを特徴とする発光素子。

【請求項 6】

前記空隙の形状は、球状や楕円球状であるか、或いは扁平な形状でもよく縦長の形状でもよく、

屈折率が前記誘電体材料の屈折率よりも小さく設定されていることを特徴とする請求項 1 ~ 4 記載の発光素子。

【請求項 7】

前記誘電体材料は、酸化物または窒化物の絶縁材料であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 8】

前記誘電体材料は、 SiO_2 、 Al_2O_3 、 TiO_2 、 SiN 、 AlN のいずれかであることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 9】

前記光学薄膜は透明電極上に接する配置であることを特徴とする請求項 1 記載の発光素子。

【請求項 10】

請求項第 1 ~ 9 項記載の発光素子において、

発光素子及び電極のパターンが封止ガラス板により封止されており、封止ガラス板は封止シール剤を用いて発光素子に対向して設定してある配置で構成され、前記封止ガラス板には前記光学薄膜を単層或いは多層に積層して設けてあり、積層した前記光学薄膜の側を有機発光素子と電極に相対向させてある構成において、前記封止板に積層された前記光学薄膜を通して、前記有機発光素子の発光層から出射した光が外部へ取り出されるように構成してあることを特徴とする発光素子。

【請求項 11】

請求項 10 記載の発光素子において、前記光学薄膜を単層或いは多層に積層して設けてある前記透明な封止板が有機発光素子の透明電極に接して設けてあることにより、前記有機発光素子の発光層から出射光が透明電極から封止気体を通らずに封止板の前記光学薄膜に直接入射通過した後、光が外部へ取り出されるように構成してあることを特徴とする発光素子。

10

20

30

40

50

【請求項 1 2】

請求項 1 記載の発光素子において、光取り出し面の最上層が透明基板のときに、該透明基板上に接する形で、前記光学薄膜を設けてあることを特徴とする発光素子。

【請求項 1 3】

請求項 1 記載の有機発光素子において、母材である誘電体材料からなる空隙のない領域と、可視光波長程度以下のナノメータオーダのサイズである空隙を有している領域とが分離して構成されている前記光学薄膜の一層に対しては、原材料としてゾル状材料を用いて紫外線照射或いは加熱によりまたは紫外線照射及び加熱の両方により硬化させる一回の工程において形成してあり、屈折率の低い領域と屈折率の高い領域を有している該光学薄膜を設けてあることを特徴とする発光素子。

10

【請求項 1 4】

請求項 1 ~ 1 3 記載の発光素子を有することを特徴とする発光ディスプレイ表示装置。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、発光素子及び発光光を制御する素子構成に関する。

【背景技術】

【0002】

表示装置に搭載する発光素子では、有機分子材料により構成された有機 EL 発光素子が高性能な薄膜ディスプレイの用途に対して有望である。しかしながら表示装置に適用される有機 EL 素子においては、従来光取り出し効率が 20% 弱と小さいため、光取り出しの具体的な向上策が必要であり以下のような検討がなされている。有機 EL 素子に対して光取り出し効率を改善するために、サブミクロンやナノメータオーダの微細構造を適用することが報告されている。下記特許文献 1 では、有機 EL 素子において 3 - 10 nm 厚みのシリカ粒子と 10 - 50 nm オーダの多孔質を含んだエアロゲルを作製導入し、基板と発光層の間に設けることにより、フォトルミネセンス発光強度が 2 倍になることが示されている。また非特許文献 1 においては、薄膜トランジスタ基板と透明電極の間にエアロゲルを導入し、電流効率が約 60% 改善できた結果が述べられている。

20

【0003】

非特許文献 2 では、有機 EL 素子において、ガラス基板上で透明電極の下部にあたる領域に、シリコン窒化膜 SiN を設け、ガラス基板と SiN 膜の境界に深さ 70 - 400 nm で 200 - 900 nm の周期パターンを設けたフォトリソグラフィ結晶をベースとして、光取り出し効率の改善を試みている。その結果、パターン溝の深さを深くすることにより光取り出し効率が向上でき、光取り出しを 50% 増大できることが示されている。

30

【0004】

【特許文献 1】特開 2003 - 201443 号公報

【非特許文献 1】横川 弘、有機分子・バイオエレクトロニクス分科会第 9 回講習会 2001

【非特許文献 2】Yong-Jae Lee, et al. Appl. Phys. Lett., 82, 3779(2003).

40

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

上記の文献においては、光取り出し効率の改善が図られているが、それ以外の有機発光デバイスの特性を向上させるための構成は考慮されていない。また、これらの技術では、特殊な工程や複雑で精密な制御技術が必要であり、発光強度、生産性を安定化することは困難である。

【0006】

本発明では低屈折率の光学薄膜を用い、比較的簡易に有機 EL 発光素子の光取り出し効率を改善し、発光効率の向上や動作電流や消費電力の低減など素子の性能向上を図り、さ

50

らには発光スペクトルの半値幅を低減して色純度を高く向上させることを目的としている。

【課題を解決するための手段】

【0007】

本発明は、第一の電極と、第二の電極と、該第一の電極と該第二の電極間に配置される発光層と、光学薄膜とを有する発光素子において、前記光学薄膜は誘電体材料のみからなる第一の領域と、前記誘電体材料中に空隙が存在する第二の領域とが分離した構造を有し、前記発光層からの出射光が前記光学薄膜を通して外部に取り出される構成をとる。

【0008】

また、上記光学薄膜は前記発光素子を構成するいずれの材料層よりも屈折率が低い構成をとる。 10

【0009】

また、上記光学薄膜を複数層積層する構成をとる。

【0010】

また、上記光学薄膜の空隙を5nm以上700nm以下のサイズとする構成をとる。

【0011】

また、上記光学薄膜を構成する誘電体材料は、酸化物または窒化物の絶縁材料とし、特にSiO₂、Al₂O₃、TiO₂、に代表される酸化物、SiN、AlNに代表される窒化物とする構成をとる。

【0012】

また、上記光学薄膜は透明電極上に接する配置とする構成をとる。 20

【0013】

また、上記発光素子において、発光素子及び電極のパターンが封止ガラス板により封止されており、封止ガラス板は封止シール剤を用いて発光素子に対向して設定してある配置で構成され、前記封止ガラス板には前記光学薄膜を単層或いは多層に積層して設けてあり、積層した前記光学薄膜の側を有機発光素子と電極に相対向させてある構成において、前記封止板に積層された前記光学薄膜を通して、前記有機発光素子の発光層から出射した光が外部へ取り出されるようにする構成をとる。

【0014】

また、上記発光素子において、前記光学薄膜を単層或いは多層に積層して設けてある前記透明な封止板が有機発光素子の透明電極に接して設けてあることにより、前記有機発光素子の発光層から出射光が透明電極から封止気体を通らずに封止板の前記光学薄膜に直接入射通過した後、光が外部へ取り出されるようにする構成をとる。 30

【0015】

また、上記発光素子において、光取り出し面の最上層が透明基板のときに、該透明基板上に接する形で、光学薄膜を設ける構成をとる。

【0016】

また、上記発光素子において、母材である誘電体材料からなる空隙のない領域と、可視光波長程度以下のナノメータオーダのサイズである空隙を有している領域とが分離して構成されている前記光学薄膜の一層に対しては、原材料としてゾル状材料を用いて紫外線照射或いは加熱によりまたは紫外線照射及び加熱の両方により硬化させる一回の工程において形成してあり、屈折率の低い領域と屈折率の高い領域を有している該光学薄膜を設ける構成をとる。 40

【0017】

また、上記発光素子を有する発光ディスプレイ表示装置の構成をとる。

【0018】

本発明で以下に述べる光学薄膜を有機EL発光素子に検討導入し、光取り出し効率を向上させかつ発光スペクトルの半値幅を低減して色純度を向上させる内容について述べる。

【0019】

まず光学薄膜に関して述べると、従来では上記背景技術の引例において説明したエアロ 50

ゲル薄膜が溶液コーティングしゾルゲル反応後、疎水化処理、超臨界CO₂乾燥を通して得られている。このエアロゲル薄膜については、図1(a)(b)に示すように、ガラス基板の上に3 - 10 nm程度のシリカ球と、シリカ球の間の網目状構造を有する空隙が10 - 50 nm程度存在した構成を有しており、屈折率が1.01 - 1.2の低い値となっている。この薄膜は非常に低い屈折率を有しているが、網目状空隙の占める割合が全体に対して大きいため、膜強度が弱く脆弱性がある膜となっている。また作製工程において、疎水化処理や超臨界CO₂乾燥といった特殊な工程が必要となっている。さらに、シリカ球は3 - 10 nmの範囲で網目状空隙が10 - 50 nmの範囲であるので、この大きさは通常の可視光の波長400 - 700 nmに対して散乱光を生じる際に、波長よりも非常に小さい粒子や空隙に相当する、特に50 nm以下の物体に対する散乱を示すRayleigh散乱に基づく散乱光になる。

10

【0020】

これに対して、本発明で用いる光学薄膜は特徴と機能性を併せ持つ膜であり、図2(a)(b)に示すように、ガラス基板上にナノメータサイズの空隙を含んで形成でき、断面構造を走査透過型電子顕微鏡により観察した結果、概略図2(a)のAA破線より空隙が光学薄膜の上部の領域に分離して占めることが判明した。この光学薄膜は、シリカ分散ゾル、コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料として膜を作製する手法により得られるものである。電子顕微鏡観察において元素分析をすると、ナノメータサイズの空隙中では、アルコール成分を示す炭素C、酸素O、水素Hが検出され、空隙以外の領域では、シリカSiO₂を示すシリコンSiと酸素Oのみが観測された。これにより、ナノメータサイズの空隙を有する上部領域IIでは屈折率が低く、空隙の存在しないシリカのみ下部領域Iではシリカ単体の屈折率になっていると見ることができる。このため、本発明で用いる光学薄膜は、屈折率が相対的に低い上部領域IIと、屈折率が相対的に高い下部領域Iに分離できる特徴を有する。膜全体では、平均的な屈折率はシリカ単体の場合よりも低い屈折率であることも光学的に分析評価して判明している。膜全体における平均的な屈折率は、膜の作製条件を調節することにより、ナノメータサイズの空隙の平均的な大きさや占有割合を調整できるので、空隙が存在しないシリカの屈折率1.5から屈折率の低い方の値へ低減でき制御できる機能性を有する。最小の屈折率は、作製条件により1.09まで低減できた。以上の結果、本発明の光学薄膜は、シリカ単体よりも低屈折率で屈折率が1.09 - 1.5の範囲であり、かつ膜の作製条件により、単層の膜の中でナノメータサイズの空隙が存在する屈折率の低い領域と空隙の存在しないシリカ単体の領域とに上下分離させることが可能である特徴を有している。

20

30

【0021】

さらに、本発明の光学薄膜には、ナノメータサイズの空隙の形状が様々であり、球状の空隙から扁平な楕円状、長形状や斜めの三日月状などの形状がランダムに存在することが特徴である。それらの大きさを波長で示すと、およそ50 - 400 nmの範囲であり、可視光の青紫色波長領域と同程度かそれよりも短い波長に相当する、可視光波長程度以下である特徴を有していることが判った。このことは、本発明の光学薄膜を可視光400 - 700 nmが通過する際に、青紫色領域の可視光波長と同程度かそれ以下の短い波長に相当する物体の大きさに光が当たったときに生じるMie散乱に基づく散乱光になることが特徴である。本発明の光学薄膜では、通過する光の散乱光がMie散乱となる条件を積極的に活用することが特徴である。本発明の素子構成では、有機EL発光素子の発光層からの可視光を臨界角で反射導波する光とせず、本発明の光学薄膜を通してMie散乱光として発光素子の外部に取り出す機能性がある。Mie散乱光の強度分布形状は、入射光が進行方向で物体にあたった後放射状に大きく一旦膨らんでその後減衰するような風船のような形をとるのが特徴である。Mie散乱において、入射光が物体にあたってその後大きく反射せずかつ大きく減衰せずに、散乱光が得られるようにするには、物体の大きさが光の波長程度より小さい方が望ましい。物体にあたったときの反射を大きく受けないために目安として、波長の1/2程度までとすると、Mie散乱光を有効に活用できるのはRayleigh散乱との境界となる50 nmから入射光の半分の波長まで程度となる。これによ

40

50

ると、本発明の光学薄膜に導入するナノメータサイズの空隙の大きさは、50 nmから200 nm程度に制御することが望ましい。

【0022】

次に、発光素子の光取り出しに関して、本発明の光学薄膜と通常の高屈折率層の役目の違いについて、図3と図4を用いて説明する。まず図3(a)において、光取り出し面を透明ガラス基板5として見ると、光取り出し面では臨界角 $\theta_c(1)$ がガラス基板と空気の屈折率それぞれ n_{glass} , 1.0であるとすると、 $\theta_c(1) = \sin^{-1}(1/n_{\text{glass}})$ で求められ、これ以上の入射角となる光は外部へ取り出せないことになる。このとき、透明電極6を通して、有機層7の発光点を見た場合の出射角 $\theta_{st}(1)$ が、立体角から計算される光取り出し効率 $1 - \cos \theta_{st}(1)$ を示す指標となる。図3(b)では、高屈折率層8を導入した場合を示しているが、古典光学では高屈折率層8において、有機層7の発光点からの出射光は屈折率に依存して大きく屈折しているものの、ガラス基板の臨界角により規定されるので、結局臨界角 $\theta_c(1) = \theta_c(2)$ で $\theta_{st}(1) = \theta_{st}(2)$ であるため、光取り出し効率は変化せず $1 - \cos \theta_{st}(1) = 1 - \cos \theta_{st}(2)$ となり同じ値である。このため、高屈折率層のみを導入するだけでは、その効果は光取り出し面において、発光点からの光取り出し距離が拡大し、 $L(1) < L(2)$ の関係にあるだけであり、光取り出し効率には効果が無いとすることができる。

10

【0023】

これに対して、図4に示すように、本発明の光学薄膜9は高屈折率層であるだけでなく、可視光波長程度以下のナノメータサイズの空隙を有するため上記のMie散乱光として上部へ取り出すことが可能となる。図4(a)に示す空隙の領域において、ガラス基板の光取り出し面で規定される入射角よりも大きな角度で入射する光を散乱光として、入射角度を変化させることが可能となるため、その散乱光の光取り出し面での入射角が臨界角以内の光として発光素子外部に取り出せることになる。この際に、光取り出し効率は有機層7から透明電極に対する臨界角がある場合、その臨界角より小さい角度で入射する光を少なくとも光学薄膜9の空隙の存在する領域で散乱光にして光取り出しを向上させることができるので、光取り出しのための有効な立体角を広げることになる。このことは、光取り出しに寄与する立体角の指標となる角度 $\theta_{st}(3)$ が図3の $\theta_{st}(1)$ や $\theta_{st}(2)$ よりも大きくできることを示し、光取り出し効率は $1 - \cos \theta_{st}(3) > 1 - \cos \theta_{st}(1) = 1 - \cos \theta_{st}(2)$ の関係となり、本発明のナノメータサイズの空隙を有する光学薄膜を導入することによって、光取り出し効率を改善できることを示すことが説明できる。本発明の発光素子において光取り出し効率を改善できる根拠は上記の通りである。

20

30

【0024】

さらに本発明の光学薄膜では、単一層においてナノメータサイズの空隙が存在する領域と存在しない領域とに作製条件によって分離させることが可能である。このため、図4(b)に示すように、本発明の光学薄膜9を単純に複数層重ねるだけで、空隙の存在する屈折率の相対的に低い領域と空隙の存在しない屈折率の相対的に高い領域を繰り返した周期構造にできることが特徴である。この空隙の存在する領域を光が通過する際に、散乱光として上部へ取り出すことが可能である。反射により光の減衰が徐々に大きくなるので、光取り出し成分の強度を確保するには、光学薄膜9の積層数を適切に制御して周期数を最適設計する必要がある。

40

【0025】

また、光学薄膜9は、その積層数によって、有機層7からの発光強度を制御することにも適用させることができる。図4(b)において光学薄膜9の積層数によって、DBR(Distributed Bragg Reflector)反射鏡とすることができ、積層数を制御することによってDBR反射鏡の反射率を制御したり反射や透過スペクトルを制御することが可能となる。本発明の素子構成では、光学薄膜9の積層数を適切に設定して、有機層7の発光スペクトルの制御を行った。有機EL発光素子では、青色素子のスペクトルにおける長波長域の裾の部分に相当する青色から緑色の波長域と、緑色素子のスペクトルにおける短波長側の緑色から青色の波長域が重なる領域があり、青色素子と緑色素子においてスペクトル幅が

50

広いため色純度が低いという問題があった。これを解決するために、本発明の素子では光学薄膜 9 を積層し D B R 反射鏡周期構造を形成させることによって、青色素子と緑色素子のスペクトルピーク間での透過率を制御する対策を行った。この対策を施した実施例において結果を示しているが、青色素子と緑色素子のスペクトルにおいて半値幅を縮小させ色純度を向上できることが計算により説明できた。さらに緑色素子と赤色素子のスペクトルピーク間でも同様に、適切に設定した光学薄膜 9 の積層により形成した D B R 反射鏡周期構造によって、緑色素子と青色素子のスペクトルピーク間での透過率制御の対策を行うと、緑色素子のスペクトルにおいて半値幅を縮小しさらに色純度を向上できることを計算により説明した。

【0026】

10

以上により、本発明の光学薄膜を積層した発光素子では、ナノメータサイズの空隙における M i e 散乱光を活用することにより光取り出し効率を改善できる特徴を有し、また本光学薄膜の多層膜では相対的な低屈折率の領域を周期構造にできる機能性によって、発光スペクトルの半値幅を低減し色純度を高く向上させることが可能である。

【発明の効果】

【0027】

本発明の光学薄膜を積層した発光素子では、発光層からの出射光に対して M i e 散乱光を活用することにより光取り出し効率を改善し、また多層膜にすることによって発光スペクトルの半値幅を低減し色純度を高く向上させることが可能である。光取り出し効率を改善することは、素子特性では同じ発光輝度を得るための動作電流や動作電圧を低減させるので、消費電力を低減できることにも効果がある。また有機 E L 発光素子では、青色波長領域と緑色波長領域の発光スペクトルでは半値幅が広く色純度が低い状況であったが、本発明の光学薄膜の条件と所望の設計を行うことにより多層膜を適用した素子では、青色波長領域と緑色波長領域において発光スペクトルの半値幅を低減できる効果を示した。スペクトルピーク強度を極端に落とさずに半値幅を低減できるので、素子の発光特性を維持しながらスペクトル色純度を高く向上させることが可能である。

20

【0028】

本発明の光学薄膜は、特に有機 E L 発光素子において有効であり上記効果が得られる特徴がある。さらに、白色の有機 E L 発光素子にも有効であり、可視光のうち青色に黄橙色を混合した場合や青色緑色赤色の三原色を混合する発光層を有する素子においても適用でき有効である。

30

【発明を実施するための最良の形態】

【0029】

本発明の実施例を以下に示す。

【実施例 1】

【0030】

図 5 を用いて本発明の一実施例を以下に説明する。本実施例では、ボトムエミッション型の有機 E L 発光素子に適用した場合を示す。図 5 において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 10 の上に、シリカ分散ゾル、コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料とする光学薄膜 11 を形成する。光学薄膜 11 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成される。その上に、インジウムスズ酸化物の I T O 透明電極 12 を形成し、連続して正孔注入層 13, 正孔輸送層 14, 発光層 15, 電子輸送層 16, L i F / A l 電極 17 を蒸着して、ボトムエミッション型の有機 E L 発光素子を形成する。次に、封止ガラス板 18 に対してシール剤 19 を用い固定する。

40

【0031】

光学薄膜を構成することにより、ボトムエミッション型の有機 E L 発光素子において、発光層 15 からの光は光学薄膜 11 の空隙の存在する領域 II を通過し、M i e 散乱に基づいて散乱光を取り出す。このため光学薄膜 11 の無い場合に比べ、基板 10 からの光取り出し効率を改善できる。

50

【実施例 2】

【0032】

図 6 (a) (b) を用いて本発明の他の実施例を以下に説明する。本実施例では、トップエミッション型の有機 E L 発光素子に適用した場合を示す。図 6 (a) において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 1 0 の上に、金属 A l / N d 電極 2 1 , 電子輸送層 1 6 , 発光層 1 5 , 正孔輸送層 1 4 , 正孔注入層 1 3 を蒸着し、インジウム亜鉛の酸化物である I Z O 透明電極 2 6 を形成する。その後、シリカ分散ゾル、コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料として光学薄膜 1 1 を形成する。光学薄膜 1 1 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成される。

10

【0033】

次に、封止ガラス板 1 8 に対して封止シール剤 1 9 を用い固定する。この際に、図 6 (b) に示すように、封止ガラス板 1 8 を光学薄膜 1 1 に接するように、真空引きをしながら封止を行うことによって、封止ガラス板 1 8 が光学薄膜 1 1 に密着するようにした構成も形成可能である。

【0034】

光学薄膜を構成することにより、トップエミッション型の有機 E L 発光素子において、発光層 1 5 からの光は光学薄膜 1 1 の空隙の存在する領域 II を通過し、M i e 散乱に基づいて散乱光を取り出す。このため光学薄膜 1 1 の無い場合に比べて封止ガラス板 1 8 からの光取り出し効率を改善できる。

20

【実施例 3】

【0035】

図 7 (a) (b) を用いて本発明の他の実施例を以下に説明する。本実施例では、トップエミッション型の有機 E L 発光素子に適用した場合を示す。図 7 (a) において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 1 0 の上に、金属 A l / N d 電極 2 1 , 電子輸送層 1 6 , 発光層 1 5 , 正孔輸送層 1 4 , 正孔注入層 1 3 を蒸着し、インジウム亜鉛の酸化物である I Z O 透明電極 2 6 を形成する。その後、封止ガラス板 1 8 の上に、シリカ分散ゾル、コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料として光学薄膜 1 1 を形成したものを準備する。光学薄膜 1 1 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成される。次に、光学薄膜 1 1 を有する封止ガラス板 1 8 を上下反転させ、光学薄膜 1 1 を有機 E L 発光素子に対抗させて、封止シール剤 1 9 を用い固定する。この際に、図 7 (b) に示すように、光学薄膜 1 1 を有する封止ガラス板 1 8 を I Z O 透明電極 2 6 に接するように、真空引きをしながら封止を行うことによって、光学薄膜 1 1 を I Z O 透明電極 2 6 に密着するようにした構成も形成可能である。

30

【0036】

光学薄膜を構成することにより、トップエミッション型の有機 E L 発光素子において、発光層 1 5 からの光は光学薄膜 1 1 の空隙の存在する領域 II を通過し、M i e 散乱に基づいて散乱光を取り出す。このため光学薄膜 1 1 の無い場合に比べて封止ガラス板 1 8 からの光取り出し効率を改善できる。

40

【実施例 4】

【0037】

図 8 (a) (b) を用いて本発明の他の実施例を以下に説明する。本実施例では、トップエミッション型の有機 E L 発光素子に適用した場合を示す。図 8 (a) において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 1 0 の上に、金属 A l / N d 電極 2 1 , 電子輸送層 1 6 , 発光層 1 5 , 正孔輸送層 1 4 , 正孔注入層 1 3 を蒸着し、インジウム亜鉛の酸化物である I Z O 透明電極 2 6 を形成する。その後、シリカ分散ゾル、コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料として本発明の光学薄膜 1 1 を形成する。光学薄膜 1 1 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成される。その後、封止ガラス板 1 8 の上に、シリカ分散ゾル、コロイダルシリ

50

カ及びアルコールを出発原料として光学薄膜 11 を形成したものを別に準備する。この光学薄膜 11 においても、可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成される。次に、光学薄膜 11 を有する封止ガラス板 18 を上下反転させ、光学薄膜 11 を有機 EL 発光素子に対抗させて、封止シール剤 19 を用い固定する。この際に、図 8 (b) に示すように、光学薄膜 11 を有する封止ガラス板 18 を対向する光学薄膜 11 に接するように、真空引きをしながら封止を行うことによって、2 つの光学薄膜を密着するようにした構成も形成可能である。

【0038】

本実施例の光学薄膜を構成させることにより、トップエミッション型の有機 EL 発光素子において、発光層 15 からの光は 2 つの光学薄膜の空隙が存在する領域 II に通過し、Mie 散乱に基づいて散乱光を取り出す。このため 2 つの光学薄膜 11 の無い場合に比べて封止ガラス板 18 からの光取り出し効率を改善できる。

10

【実施例 5】

【0039】

図 9, 図 10 及び図 11 を用いて本発明の他実施例を以下に説明する。本実施例では、光学薄膜を複数層重ねて、屈折率の周期構造を形成した場合を示す。図 9 では、ボトムエミッション型の有機 EL 発光素子に適用した場合を示し、図 10 と図 11 では、トップエミッション型の有機 EL 発光素子に適用した場合を示す。

【0040】

図 9 において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 10 の上に、シリカ分散ゾル, コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料として、本発明の光学薄膜 11 を複数層重ねて形成する。光学薄膜 11 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成されることにより、複数層重ねた光学薄膜 11 の多層において、シリカのみで構成される相対的に屈折率の高い領域 I と、ナノメータサイズの空隙を有する相対的に屈折率の低い領域 II が周期的に繰り返された DBR 反射鏡が構成される。その後、インジウムスズ酸化物の ITO 透明電極 12 を形成し、連続して正孔注入層 13, 正孔輸送層 14, 発光層 15, 電子輸送層 16, LiF/Al 電極 17 を蒸着して、ボトムエミッション型の有機 EL 発光素子を形成する。次に、封止ガラス板 18 に対して封止シール剤 19 を用い固定する。

20

【0041】

或いは、図 10 と図 11 のように、トップエミッション型の有機 EL 発光素子に適用した場合を示す。

30

【0042】

図 10 において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 20 の上に、金属 Al/Nd 電極 21, 電子輸送層 16, 発光層 15, 正孔輸送層 14, 正孔注入層 13 を蒸着し、インジウム亜鉛の酸化物である IZO 透明電極 26 を形成する。その後、シリカ分散ゾル, コロイダルシリカ及びアルコールを出発原料とする光学薄膜 11 を複数層重ねて形成する。光学薄膜 11 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成されることにより、複数層重ねた光学薄膜 27 の多層において、シリカのみで構成される相対的に屈折率の高い領域 I と、ナノメータサイズの空隙を有する相対的に屈折率の低い領域 II が周期的に繰り返された DBR 反射鏡が構成される。次に、封止板 28 に対してシール剤 29 を用い固定する。この際に、図 10 に示すように、封止ガラス板 18 を光学薄膜 11 に接するように、真空引きをしながら封止を行うことによって、封止ガラス板 18 が光学薄膜 11 に密着するようにした構成に形成する。

40

【0043】

図 11 において、ガラス基板或いは薄膜トランジスタ素子及び回路を有する基板 10 の上に、金属 Al/Nd 電極 21, 電子輸送層 16, 発光層 15, 正孔輸送層 14, 正孔注入層 13 を蒸着し、インジウム亜鉛の酸化物である IZO 透明電極 26 を形成する。その後、封止ガラス板 18 の上に、シリカ分散ゾル, コロイダルシリカ及びアルコールを出発

50

原料とする、光学薄膜 11 を複数層重ねて形成したものを準備する。光学薄膜 11 には可視光波長以下のサイズの空隙が存在する領域 II と、空隙の存在しない領域 I とが形成されることにより、複数層重ねた光学薄膜 11 の多層において、シリカのみで構成される相対的に屈折率の高い領域 I と、ナノメータサイズの空隙を有する相対的に屈折率の低い領域 II が周期的に繰り返された DBR 反射鏡が構成される。次に、光学薄膜 11 の複数層を有する封止ガラス板 18 を上下反転させ、光学薄膜 11 を有機 EL 発光素子に対向させて、封止シール剤 19 を用い固定する。この際に、図 11 に示すように、光学薄膜 11 を有する封止ガラス板 18 を IZO 透明電極 26 に接するように、真空引きをしながら封止を行うことによって、光学薄膜 11 を IZO 透明電極 26 に密着するようにした構成に形成する。

10

【0044】

本実施例の光学薄膜を構成させることにより、ボトムエミッション型とトップエミッション型の両方の有機 EL 発光素子において、発光層からの光を光学薄膜の空隙の存在する領域 II を周期的に配列させた DBR 反射鏡に通過させるようにし、前項で説明した Mie 散乱に基づいて散乱光を取り出し、光学薄膜の無い場合に比べ光取り出し効率を改善できた。

【0045】

さらに、本実施例の素子構成では、光学薄膜の積層数を適切に設定して、有機層の発光スペクトルの制御を行うことが可能である。図 9、図 10 及び図 11 に示す、光学薄膜層を 8 層重ねて形成した場合について述べる。このとき、シリカのみで構成される相対的に屈折率の高い領域 I と、ナノメータサイズの空隙を有する相対的に屈折率の低い領域 II が周期的に 8 回繰り返された DBR 反射鏡となるが、多層誘電体膜としては、屈折率の高い領域 I の膜と屈折率の低い領域 II の膜をそれぞれ 8 回、すなわち 16 層に相当する誘電体膜を半分の 8 層分で形成したことになる。これは、少ない工程数で精度のよい多周期誘電体膜を作製する手法となるので、有効である。図 12 では、波長 490 nm に合わせてそれぞれの領域の膜厚を膜形成条件により調整した場合の計算による透過スペクトルを示す。また図 13 では、波長 570 nm に合わせてそれぞれの領域の膜厚を膜形成条件により調整した場合の計算による透過スペクトルを示す。ここで、空隙を有する相対的に屈折率の低い領域 II は屈折率 1.38 になるように設定した。これらの結果では、それぞれ波長 490 nm、570 nm を反射率のピークにして透過率は 50% 程度以上を確保できるように設計した。

20

30

【0046】

有機 EL 発光素子では、図 14 に示すように、青色素子のスペクトルと緑色素子のスペクトルが従来重なりが大きく強度半分のところで交差していることが見て取れる。このことは、青色素子と緑色素子のスペクトルの混合があり、色純度の低いスペクトルとなっているため、ディスプレイ表示装置には画像や色鮮明さの点で不利となる。これを改善するために、上記の光学薄膜の周期構造を適用して、青色と緑色素子のスペクトルにおいて半値幅を狭くできるかどうかを調べた結果を図 14 の計算結果に示す。本実施例の光学薄膜を 8 層積層した場合で図 12 の 490 nm 中心の透過率スペクトルを有する積層膜と図 13 の 570 nm 中心の透過率スペクトルを有する積層膜を通すことによって、青色素子ではスペクトルの半値幅を 46 nm から 24 nm へ半分近く縮小でき、緑色素子ではスペクトルの半値幅を 57 nm から 44 nm へ 23% 縮小できることが判った。特に、青色素子に対しては、ピーク強度をほとんど変化させずに、スペクトルの半値幅を半減できる効果があった。また赤色素子に対しては、ピーク強度をほとんど変化させずに、半値幅を 36 nm から 33 nm へと多少とも縮小できる効果があった。緑色素子に対しては、スペクトルの両側において、透過率を制限する光学薄膜の周期構造によりさらに半値幅を縮小させる設計が可能である。

40

【0047】

上記のように、従来青色素子と緑色素子においてスペクトル幅が広いため色純度が低いという問題に対して、これを解決するために、青色素子と緑色素子のスペクトルにおいて

50

半値幅を縮小させ色純度を向上できることが計算により説明できた。

【0048】

本実施例では、ナノメートルサイズの空隙における Mie 散乱光を活用することにより光取り出し効率を改善でき、同時にまた発光スペクトルの半値幅を低減し色純度を高く向上させることが可能である。

【実施例6】

【0049】

図15を用いて本発明の他実施例を以下に説明する。実施例1から5までの有機EL発光素子をディスプレイ表示素子の画素に適用して、図15に示すパネル画面32を作製し、回路配線33を介して駆動電源34で動作可能である。光取り出し効率を従来の素子よりも改善し、有機EL発光素子の動作電流及び消費電力を低減するとともに、長期間安定で高信頼性のディスプレイ表示装置を可能とした。さらに、発光スペクトルの半値幅を縮小した結果、色純度の高い鮮明な画像を得ることに對して有効であった。

10

【産業上の利用可能性】

【0050】

高効率の発光素子、特に光取り出し効率が高くスペクトル半値幅の狭い有機発光ダイオード光源装置や低消費電力で信頼性の高い鮮明なディスプレイ表示装置や照明、白色バックライト素子に適用できる。

【図面の簡単な説明】

【0051】

20

【図1】(a)基板上シリカエアロゲル薄膜の断面図、(b)シリカエアロゲル薄膜の構造概略図。

【図2】(a)本発明における低屈折率光学薄膜の断面図、(b)本発明低屈折率光学薄膜の構造断面電子顕微鏡写真。

【図3】(a)低屈折率層の無い発光素子の断面図と発光点からの光線追跡を示す図、(b)低屈折率層の有る発光素子の断面図と発光点からの光線追跡を示す図。

【図4】(a)本発明の低屈折率光学単層薄膜を有する発光素子の断面図と発光点からの光線追跡を示す図、(b)本発明の低屈折率光学多層薄膜を有する発光素子の断面図と発光点からの光線追跡を示す図。

【図5】本発明の一実施例における低屈折率光学単層薄膜を有する有機発光素子断面図。

30

【図6】(a),(b)本発明の他実施例における低屈折率光学単層薄膜を有する有機発光素子断面図。

【図7】(a),(b)本発明の他実施例における低屈折率光学単層薄膜を有する有機発光素子断面図。

【図8】(a),(b)本発明の他実施例における低屈折率光学単層薄膜を有する有機発光素子断面図。

【図9】本発明の他実施例における低屈折率光学多層薄膜を有する有機発光素子断面図。

【図10】本発明の他実施例における低屈折率光学多層薄膜を有する有機発光素子断面図。

【図11】本発明の他実施例における低屈折率光学多層薄膜を有する有機発光素子断面図

40

【図12】積層数8層の光学薄膜における490nm中心の透過率スペクトル計算結果。

【図13】積層数8層の光学薄膜における570nm中心の透過率スペクトル計算結果。

【図14】青緑赤有機発光素子のELスペクトルと多層光学薄膜を通した後の計算スペクトルを示す図。

【図15】本発明素子による表示装置。

【符号の説明】

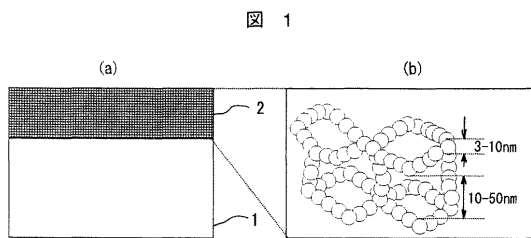
【0052】

1, 3, 5...透明ガラス基板、2...エアロゲル薄膜、4, 9...本発明の低屈折率光学薄膜、6...透明電極、7...有機層、8...一般的な低屈折率層、10...基板、11...光学薄膜

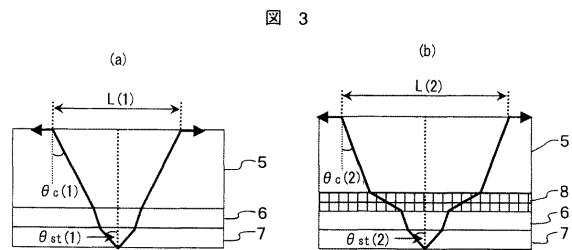
50

、 1 2 ... I T O 透明電極、 1 3 ... 正孔注入層、 1 4 ... 正孔輸送層、 1 5 ... 発光層、 1 6 ... 電子輸送層、 1 7 ... L i F / A l 電極、 1 8 ... 封止ガラス板、 1 9 ... 封止シール剤、 2 1 ... 金属 A l / N d 電極、 2 6 ... I Z O 透明電極、 3 2 ... パネル画面、 3 3 ... 回路配線、 3 4 ... 駆動電源。

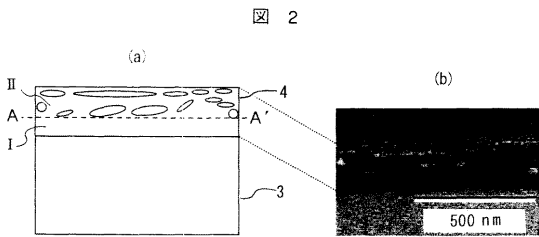
【 図 1 】



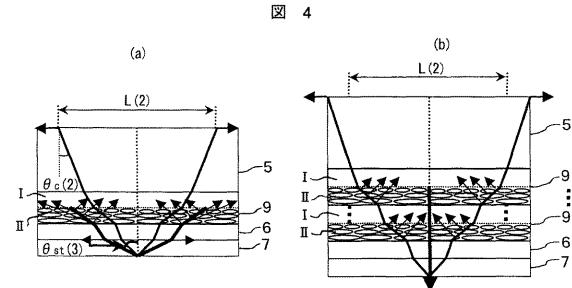
【 図 3 】



【 図 2 】

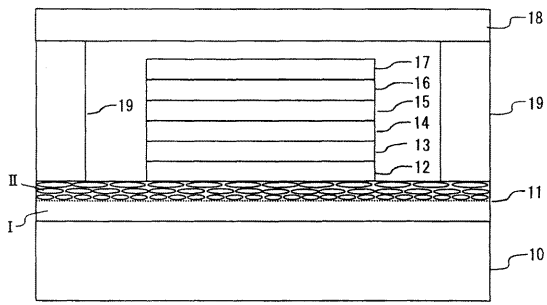


【 図 4 】



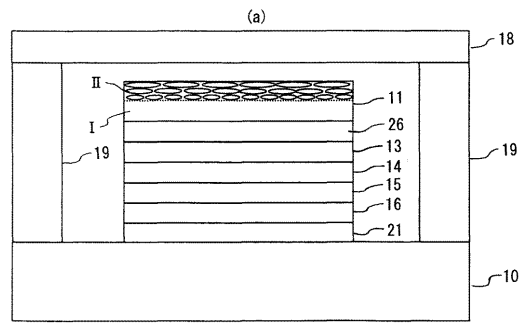
【 図 5 】

図 5

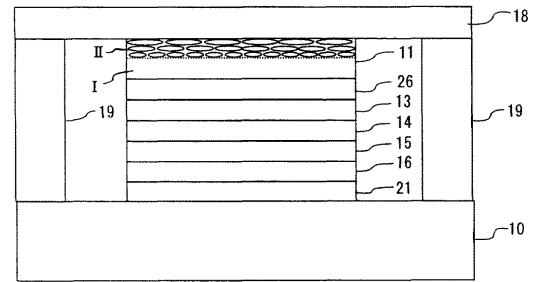


【 図 6 】

図 6

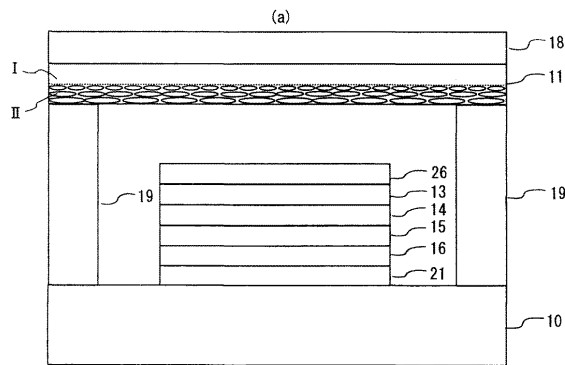


(b)

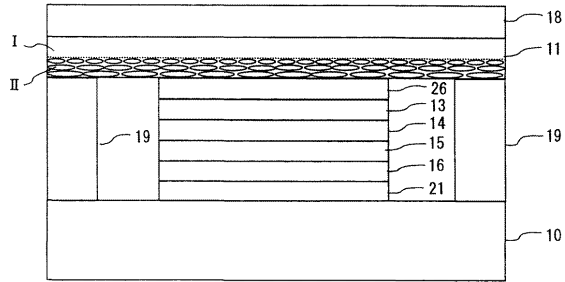


【 図 7 】

図 7

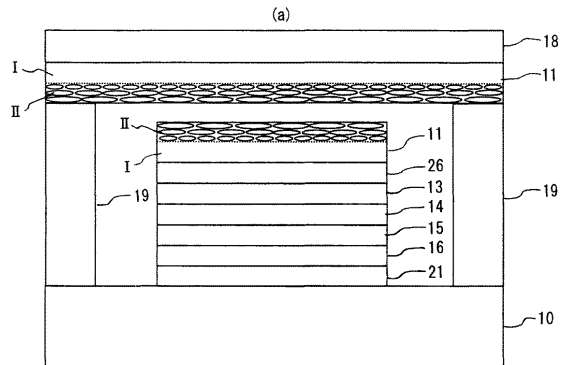


(b)

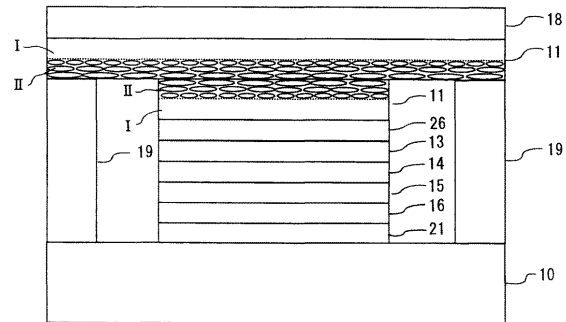


【 図 8 】

図 8

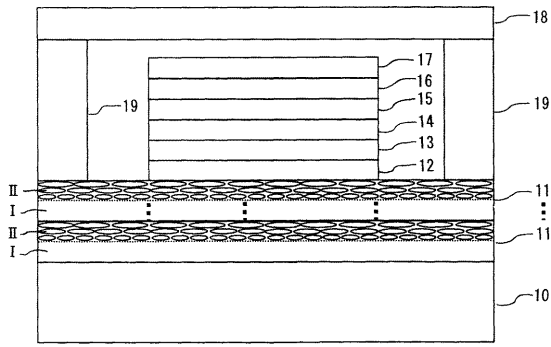


(b)



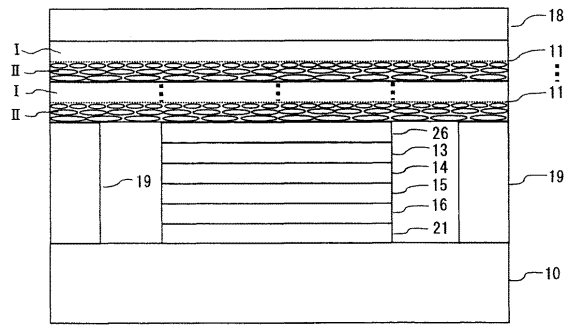
【 図 9 】

図 9



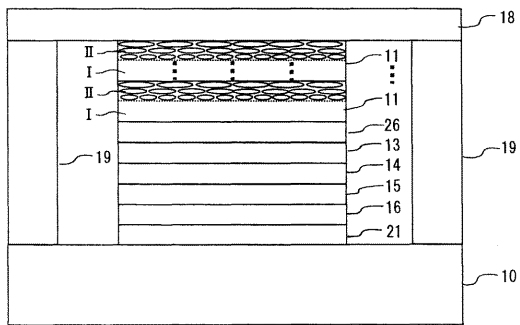
【 図 1 1 】

図 11



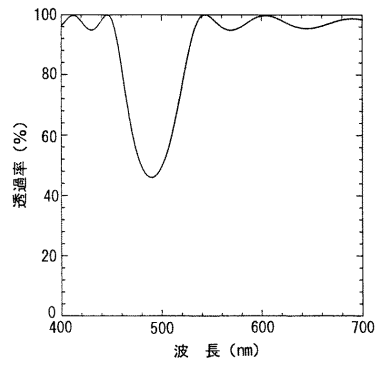
【 図 1 0 】

図 10



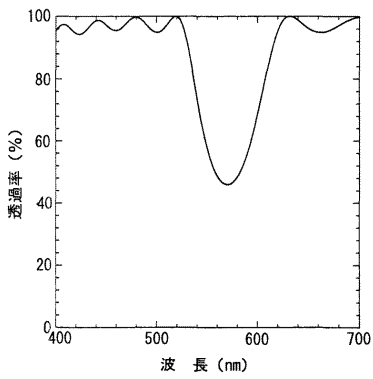
【 図 1 2 】

図 12



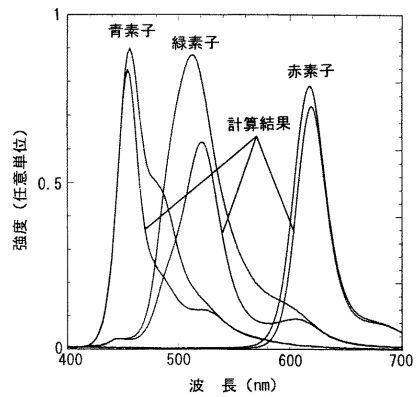
【 図 1 3 】

図 13



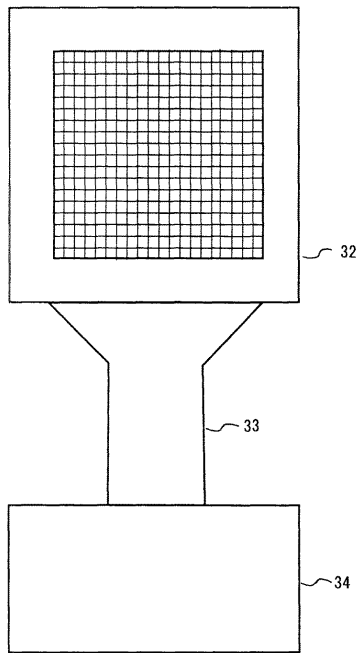
【 図 1 4 】

図 14



【 図 1 5 】

図 15



フロントページの続き

(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

株式会社日立製作所日立研究所内

Fターム(参考) 3K007 AB03 AB04 AB05 BA00 BA06 DB03 FA01

专利名称(译)	发光装置及其显示装置		
公开(公告)号	JP2005251489A	公开(公告)日	2005-09-15
申请号	JP2004058354	申请日	2004-03-03
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所		
申请(专利权)人(译)	株式会社日立制作所 日立显示器有限公司		
[标]发明人	田中俊明 佐々木洋		
发明人	田中 俊明 佐々木 洋		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/02 H05B33/14 H05B33/22		
FI分类号	H05B33/14.A H05B33/02 H05B33/22.Z G09F9/30.365 G09F9/30.365.Z H01L27/32		
F-TERM分类号	3K007/AB03 3K007/AB04 3K007/AB05 3K007/BA00 3K007/BA06 3K007/DB03 3K007/FA01 3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC05 3K107/DD02 3K107/DD03 3K107/EE28 3K107/EE42 3K107/EE55 3K107/FF06 3K107/FF15 5C094/AA08 5C094/AA10 5C094/AA43 5C094/AA46 5C094/BA27 5C094/DA13 5C094/DA20 5C094/EA05 5C094/FA02 5C094/FA10 5C094/FB16 5C094/JA08		
代理人(译)	井上 学		
其他公开文献	JP4406572B2		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：相对容易地提高有机EL发光元件的光提取效率；提高元件性能，例如提高发光效率，降低工作电流和功耗；通过减小发光光谱的半值宽度来高度改善色纯度。ŽSOLUTION：有机发光二极管元件引入了新的原始光学薄膜，并以多层方式重复层压薄膜，同时将光线提取到上部，作为散射光，不受全反射临界角通过区域的限制。具有低折射率和纳米级的间隙的薄膜。因此，该元件利用薄膜作为反射镜的周期性结构来分离光谱。Ž

