

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第5266092号
(P5266092)

(45) 発行日 平成25年8月21日(2013.8.21)

(24) 登録日 平成25年5月10日(2013.5.10)

(51) Int.Cl.		F I	
H05B 33/02	(2006.01)	H05B 33/02	
H01L 51/50	(2006.01)	H05B 33/14	A
H05B 33/12	(2006.01)	H05B 33/12	C
B82Y 20/00	(2011.01)	B82Y 20/00	

請求項の数 5 (全 13 頁)

(21) 出願番号 特願2009-40654 (P2009-40654)
 (22) 出願日 平成21年2月24日(2009.2.24)
 (65) 公開番号 特開2010-198830 (P2010-198830A)
 (43) 公開日 平成22年9月9日(2010.9.9)
 審査請求日 平成23年9月15日(2011.9.15)

(73) 特許権者 000005821
 パナソニック株式会社
 大阪府門真市大字門真1006番地
 (74) 代理人 100087767
 弁理士 西川 恵清
 (72) 発明者 山江 和幸
 大阪府門真市大字門真1048番地 パナ
 ソニック電工株式会社内
 (72) 発明者 田中 健一郎
 大阪府門真市大字門真1048番地 パナ
 ソニック電工株式会社内
 審査官 井亀 諭

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

陽極層と陰極層との間に少なくとも有機発光層が設けられた有機エレクトロルミネッセンス素子と、該有機エレクトロルミネッセンス素子の光出射面側に設けられた配光制御部とを有する発光素子であって、前記有機エレクトロルミネッセンス素子の有機発光層は、主発光波長が異なる2層以上が積層されてなるとともに、前記配光制御部は、前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子を備えてなることを特徴とする発光素子。

【請求項2】

陽極層と陰極層との間に少なくとも有機発光層が設けられた有機エレクトロルミネッセンス素子と、該有機エレクトロルミネッセンス素子の光出射面側に設けられた配光制御部とを有する発光素子であって、前記有機エレクトロルミネッセンス素子の有機発光層は、主発光波長が異なる2層以上が積層されてなるとともに、前記配光制御部は、前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた鎖状形状となる金属ナノ粒子の積設物を備えてなることを特徴とする発光素子。

【請求項3】

前記配光制御部は、前記金属ナノ粒子と、該金属ナノ粒子が含有された透光性被覆層からなることを特徴とする請求項1または請求項2に記載の発光素子。

【請求項 4】

前記柱状形状の金属ナノ粒子は、長軸長が1 nm以上200 nm以下であることを特徴とする請求項1または請求項3に記載の発光素子。

【請求項 5】

前記鎖状形状を構成する金属ナノ粒子は、粒径が1 nm以上200 nm以下であることを特徴とする請求項2または請求項3に記載の発光素子。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機エレクトロルミネッセンス素子（以下有機EL素子という）を用いた発光素子に関するものである。

【背景技術】

【0002】

従来から、陽極層と陰極層との間に有機発光層を挟んだ有機EL素子が知られている。有機EL素子は、大面積に形成するのが比較的容易で、低消費電力で発光することが可能なことから、照明用途などの発光素子として研究開発が行われている。

【0003】

この種の有機EL素子10は、例えば、図6に示すように、ガラス材料からなる透光性の基板5の一表面側（図面の下側）に、陽極層1と、該陽極層1上に正孔注入層6、正孔輸送層7を介して有機発光層3と、該有機発光層3上に電子輸送層8を介して陰極層2と、を備えている。また、有機発光層3には、主発光波長が異なる複数層（例えば、赤色の光（R）を放射する赤色発光層3a、緑色の光（G）を放射する緑色発光層3bおよび青色の光（B）を放射する青色発光層3c）が形成されている。このような有機EL素子10は、一対の電極となる陽極層1と陰極層2との間に電圧を印加されると、有機発光層3の各発光層3a、3b、3cそれぞれから主発光波長の異なる光R、G、Bが放射され、光射出面側となる基板5から白色の光が放出されて見える。

【0004】

ところで、有機発光層3から放射された主発光波長が異なる光R、G、Bは、媒体に対する屈折率が異なるので、例えば、図7に示すようにガラス材料からなる基板5中で同じ光路を辿った光R、G、Bであっても、スネルの法則に従ってガラスから空気へ屈折方向が分かれて放射されることになる。そのため、有機EL素子10の基板5から放射される光に色収差が発生し、有機EL素子10から放射された光の被照射面においては色むらとして観測されることになる。人間の目は、白色の光の色収差に対して敏感であり、少しの違いでも大きな色の違いとして認識する。そのため、このような有機EL素子10の構成では、均一な白色となる良質の光が求められる照明用途に用いるには十分ではない。

【0005】

また、照明用途においては、光源からの光を狭角配光させて所望の方向に光を取り出すニーズがある。そのため、有機EL素子10の光射出面側に、配光制御部として配光レンズを設け所望の配光を得る発光素子とすることが考えられる。ところで、照明系の光学設計では、前記配光レンズは、通常、光線追跡法を用いた幾何学光学設計により形成されるのが一般的であるが、幾何学光学設計では、屈折率が変化する界面での屈折率により光の進行方向を制御することを前提としており、狭角配光させるには前記配光レンズの厚み寸法を大きくする必要がある。そのため、前記配光レンズを用いた発光素子では、光の進行方向の制御範囲にも限界があり、前記配光レンズの厚み寸法が大きくなるにつれ、光路長が長くなることによる色収差も大きくなるという問題もある。

【0006】

また、他の有機EL素子10'の構成として、図8に示すように、基板5と、該基板5の一表面側（図面の下側）に陽極層1'と、有機発光層3'と、陰極層2'とが形成され、有機発光層3'が、同一平面において互いに主発光波長の異なる複数の発光部（例えば

10

20

30

40

50

、赤色の光（R）を放射する発光層3 a'、緑色の光（G）を放射する発光層3 b'および青色の光（B）を放射する発光層3 c'）を備え、陽極層1'を金属材料からなる凹凸構造にした有機EL素子10'が提案されている（例えば、特許文献1参照）。

【0007】

ここで、各発光層3 a'、3 b'、3 c'から放出される光R、G、Bは、前記凹凸構造により表面プラズモンが誘起され、光出射面に対して垂直な軸に沿う方向に光出力を高めて陰極層2'側から放射される。なお、図8においては、有機EL素子10'を用い表示装置として構成しているため、基板5上に薄膜トランジスタからなるTFT層14、第一の絶縁層13、パターン化された陽極層1'および第二の絶縁層12を含んで構成されている。TFT層14は、各発光層3 a'、3 b'、3 c'が個別に発光できるように陽極層1'と陰極層2'との間の電流を制御する。また、陰極層2'上には、有機EL素子10'を保護するための保護膜11が設けられるとともに、有機EL素子10'の光出射面側をカバー15で覆い前記表示装置を構成してある。

10

【先行技術文献】

【特許文献】

【0008】

【特許文献1】特開2004-31350号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

20

ところで、上記特許文献1に開示された図8の構成の有機EL素子10'を照明用途に応用しようとする場合、有機EL素子10'は、陽極層1'の前記凹凸構造で表面プラズモンが誘起されることにより光出射面に対して垂直な軸に沿う方向に光出力を高めることが可能である。しかしながら、陽極層1'の前記凹凸構造は、光を出射させる方向に合わせて自由に設計することも難しく、配光制御が可能な範囲も制限される。また、陽極層1'の前記凹凸構造によって有機EL素子10'の各発光層3 a'、3 b'、3 c'から放射された光の指向性が高まると、別途に拡散板などを用いて混色させ均一な白色の光にさせる必要がある。

【0010】

そのため、有機EL素子10'の陽極層1'を前記凹凸構造にして、有機発光層3'から光出射面に対して垂直な軸に沿う方向に光出力を高めたとしても、前記拡散板により光が散乱され光の進行方向を制御しがたいという問題がある。また、前記拡散板により、光取り出し効率が低下するという問題も生ずる。

30

【0011】

本発明は上記事由に鑑みてなされたものであり、その目的は、色収差が少なく、且つ特定の方向に配光制御が可能な発光素子を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【0012】

請求項1の発明は、陽極層と陰極層との間に少なくとも有機発光層が設けられた有機エレクトロルミネッセンス素子と、該有機エレクトロルミネッセンス素子の光出射面側に設けられた配光制御部とを有する発光素子であって、前記有機エレクトロルミネッセンス素子の有機発光層は、主発光波長が異なる2層以上が積層されてなるとともに、前記配光制御部は、前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子を備えてなることを特徴とする。

40

【0013】

この発明によれば、有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子を備えていることにより、表面プラズモンを誘発させ、色収差が少なく、且つ特定の方向に配光制御が可能な発光素子とすることができる。

50

【 0 0 1 4 】

請求項 2 の発明は、陽極層と陰極層との間に少なくとも有機発光層が設けられた有機エレクトロルミネッセンス素子と、該有機エレクトロルミネッセンス素子の光出射面側に設けられた配光制御部とを有する発光素子であって、前記有機エレクトロルミネッセンス素子の有機発光層は、主発光波長が異なる 2 層以上が積層されてなるとともに、前記配光制御部は、前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた鎖状形状となる金属ナノ粒子の積設物を備えてなることを特徴とする。

【 0 0 1 5 】

この発明によれば、有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた鎖状形状となる金属ナノ粒子の積設物を備えていることにより、表面プラズモンを誘発させ、色収差が少なく、且つ特定の方向に配光制御が可能な発光素子とすることができる。

10

【 0 0 1 6 】

請求項 3 の発明は、請求項 1 または請求項 2 の発明において、前記配光制御部は、前記金属ナノ粒子と、該金属ナノ粒子が含有された透光性被覆層からなることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

この発明によれば、金属ナノ粒子を透光性被覆層に含ませることで、金属ナノ粒子の凝集や形状崩れを防止することができる。

【 0 0 1 8 】

請求項 4 の発明は、請求項 1 または請求項 3 の発明において、前記柱状形状の金属ナノ粒子は、長軸長が 1 nm 以上 200 nm 以下であることを特徴とする。

20

【 0 0 1 9 】

この発明によれば、表面プラズモンを誘起することができるとともに、柱状形状の金属ナノ粒子におけるアスペクト比を制御することにより増強波長の制御が可能で、金属ナノ粒子の光出射面に対する傾きを制御することで配光制御をすることができる。

【 0 0 2 0 】

請求項 5 の発明は、請求項 2 または請求項 3 の発明において、前記鎖状形状を構成する金属ナノ粒子は、粒径が 1 nm 以上 200 nm 以下であることを特徴とする。

【 0 0 2 1 】

この発明によれば、表面プラズモンを誘起することができるとともに、金属ナノ粒子の粒径制御や鎖状形状を制御することで増強波長の制御や配光制御をすることができる。

30

【発明の効果】

【 0 0 2 2 】

請求項 1 の発明は、有機 EL 素子の有機発光層が主発光波長の異なる 2 層以上に積層されてなるとともに、前記有機 EL 素子の光出射面側に設けられた配光制御部が前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子を備えていることにより、色収差が少なく、且つ特定の方向に配光制御が可能な発光素子とすることができるという効果がある。

【 0 0 2 3 】

請求項 2 の発明は、有機 EL 素子の有機発光層が主発光波長の異なる 2 層以上に積層されてなるとともに、前記有機 EL 素子の光出射面側に設けられた配光制御部が前記有機発光層からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた鎖状形状となる金属ナノ粒子の積設物を備えていることにより、色収差が少なく、且つ特定の方向に配光制御が可能な発光素子とすることができるという効果がある。

40

【図面の簡単な説明】

【 0 0 2 4 】

【図 1】実施形態 1 の発光素子の概略断面図である。

【図 2】同上の電磁界シミュレーションを示し、(a) は要部概略斜視図、(b) は (a)

50

)のXZ断面、(c)は(a)のXY断面である。

【図3】同上の光の配光を示す模式的要部説明図を示す。

【図4】実施形態2の発光素子の概略断面図である。

【図5】実施形態3の発光素子の概略断面図である。

【図6】参考のための有機EL素子を示す模式的断面図である。

【図7】同上の有機EL素子における色むらの発生原因の説明図を示す。

【図8】従来の有機EL素子を示す概略断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0025】

(実施形態1)

以下、本実施形態の発光素子について、図1を用いて説明する。

【0026】

本実施形態の発光素子20は、図1に、基板5の一表面側(図面の下側)に陽極層1と、該陽極層1上に正孔注入層6、正孔輸送層7を介して形成された有機発光層3と、該有機発光層3上に電子輸送層8を介して形成された陰極層2とを備えた有機EL素子10と、該有機EL素子10の光出射面側に設けられた配光制御部4とを有している。ここで、有機EL素子10の有機発光層3は、主発光波長が異なる赤色発光層3a、緑色発光層3b、青色発光層3cが積層されてなるとともに、配光制御部4は、有機発光層3からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子4aを備えている。

【0027】

以下、本実施形態の発光素子20に用いられる各構成について、詳述する。

【0028】

本実施形態の発光素子20は、有機EL素子10と、該有機EL素子10の光出射面側に設けられた配光制御部4から構成されている。

【0029】

有機EL素子10には、陽極層1、有機発光層3や陰極層2を形成するために基板5が用いられ、基板5は、陽極層1、有機発光層3や陰極層2などが支持可能であり成膜方法によっては耐熱性が要求される場合がある。また、有機発光層3からの光を基板5から取り出す場合は、透光性を有することが好ましく、基板5の材料は、例えば、ホウ珪酸クラウン光学ガラスなどのガラス材料や透光性プラスチック材料を用いることができる。

【0030】

有機EL素子10の陽極層1は、有機発光層3に正孔を効率よく注入させるものが好ましい。また、有機発光層3に対し陽極層1を光出射面側に配置させた場合、有機発光層3が放射した光の波長に対して透光性の高いものが好ましい。本実施形態においては、有機EL素子10を白色光源として利用しているため、陽極層1の材料としてインジウム・スズ酸化物(ITO)を好適に利用することができる。その他、陽極層1の材料として、例えば、ニッケル、金、銀、白金、パラジウムやこれらの合金、インジウム・亜鉛酸化物(IZO)やアンチモン・スズ酸化物などの透明導電性膜を用いることもできる。

【0031】

有機EL素子10の陰極層2は、有機発光層3に正孔と再結合するための電子を効率よく注入可能なものが好ましい。また、有機発光層3に対し陽極層1側だけを光出射面側とする場合は、有機発光層3を介して陽極層1と対向面側に配置された陰極層2は、有機発光層3で発光した光を効率よく反射するものが好ましい。本実施形態においては、有機EL素子10を白色光源として利用しているため、陰極層2の材料としては、可視光域の波長に対して反射率が高いアルミニウムやマグネシウム銀合金などを好適に用いることができる。その他の陰極層2の材料として、例えば、マグネシウム、マグネシウムインジウム合金、マグネシウムアルミニウム合金やアルミニウムリチウム合金などを用いてもよい。

【0032】

有機EL素子10に用いられる有機発光層3としては、主発光波長が異なる2層以上が

10

20

30

40

50

積層されるものであり、例えば、照明用途の白色光源とさせるため、赤色の光が発光可能な赤色発光層 3 a として、トリス (8 - ヒドロキシキナリナト) アルミニウム (以下、A 1 q 3 という) に [2 - [2 - [4 - (ジメチルアミノ) フェニル] エチニル] - 6 - メチル - 4 H - イリデン] - プロパネプロパンジニトリル (D C M 色素) をドーブさせた層を、緑色の光が発光可能な緑色発光層 3 b として、A 1 q 3 からなる層を、青色の光が発光可能な青色発光層 3 c として、ビス (2 - メチル - 8 - キノリトラト、パラ - フェニルフェノラト) アルミニウム (B A 1 q 3) にベニレンをドーブした層をそれぞれ積層させたものを用いることができる。

【 0 0 3 3 】

有機発光層 3 は、主発光波長が異なる 2 以上が積層される場合、より光出射面に近い有機発光層 3 側に、より長波長が発光可能な発光層を積層させることで、光取り出し効率を向上させることができ、例えば、光出射面側となる基板 5 上に陽極層 1 を介して有機発光層 3 として赤色発光層 3 a、緑色発光層 3 b、青色発光層 3 c を順に積層させ、有機発光層 3 上に陰極層 2 を形成させることができる。これにより効率よく基板 5 から各光 R , G , B を取り出すことができる。同様に、有機発光層 3 は、主発光波長が補色関係にある 2 種類の発光層を持つものとして、例えば、黄色発光層および青色発光層を積層させたものでもよい。

【 0 0 3 4 】

有機 E L 素子 1 0 に好適に用いられる正孔注入層 6 としては、正孔注入のエネルギー障壁を低減させるものであって、正孔注入層 6 の材料として、例えば、ポリチオフェン誘導体などを用いることができる。

【 0 0 3 5 】

有機 E L 素子 1 0 に好適に用いられる正孔輸送層 7 としては、正孔を効率よく有機発光層 3 に輸送し有機 E L 素子 1 0 の駆動電圧を低減させるため、適度なイオン化ポテンシャルと正孔移動度が高いものが好ましく、有機発光層 3 からの過剰の電子が漏れでないようにするため電子親和力が小さいことが好ましい。このような正孔輸送層 7 の材料としては、例えば、ビス [N - (1 - ナフキブ) - N - フェニル] ベンジジン (以下、 - N D P という) や N , N - ジフェニル - 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 (以下、 T P D という) などを用いることができる。

【 0 0 3 6 】

有機 E L 素子 1 0 に好適に用いられる電子輸送層 8 としては、電子を効率よく有機発光層 3 に輸送可能で有機発光層 3 からの正孔が流れ込むのを抑制可能なものが好ましい。このような電子輸送層 8 の材料は、例えば、フッ化リチウム (L i F) などを用いることができる。

【 0 0 3 7 】

このような陽極層 1、有機発光層 3 や陰極層 2 は、基板 5 上に真空蒸着法などを用いてそれぞれ積層させて形成することができ、正孔注入層 6、正孔輸送層 7 や電子輸送層 8 は必ずしも設ける必要はない。

【 0 0 3 8 】

次に、本実施形態の配光制御部 4 は、有機 E L 素子 1 0 の光出射面側に設けられ、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた柱状形状の金属ナノ粒子 4 a であって、有機発光層 3 からの光に対して表面プラズモンを誘起可能に構成してある。ここで、表面プラズモンとは、金属の表面に存在する電子が集団振動する振動モードのことであり、金属中の自由電子が光と相互作用を起こす現象のことである。通常、金属中の電子は、光と相互作用をしないが、 n m レベルの微粒子のような光の波長に比べ粒径の小さい金属粒子においては、微小表面において電子と光が共鳴を起こす。特に、金属の誘電率の実部 ($\epsilon' = n^2 - k^2$, n : 屈折率、 k : 消衰係数) の符号がマイナスで、かつ絶対値が大きい材料 (例えば、 A u や A g など) の場合に相互作用が強い。

【 0 0 3 9 】

したがって、表面プラズモンを誘起させるためには、柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を有

10

20

30

40

50

機発光層3からの光の波長よりも十分に小さくすればよい。金属ナノ粒子を200nm以下、さらに望ましくは20nm以下の微粒子にすることにより、相互作用がさらに強くなる。

【0040】

次に、有機EL素子10の光出射面と垂直方向に沿って柱状形状の金属ナノ粒子4aを設けた発光素子20について、発光素子20を発光させた場合の金属ナノ粒子4aの周辺光強度をFDTD法(Finite-Difference Time-Domain method)を用いて、電磁界シミュレーションした結果を図2に示す。電磁界シミュレーションは、電磁界の時間変化を記述するMaxwellの方程式を空間的・時間的に差分化し、電磁界の時間変化を追跡しようとするものであり、図2(a)に柱状形状の金属ナノ粒子4aとして、短軸長が50nmのAgナノロッドを用いた発光素子20の斜視図を計算モデルとして示してある。図2(a)では、金属ナノ粒子4aを円柱形状で図示し、直交座標系でXYZ軸を示している。ここでは、XY平面を有機EL素子10の光出射面と平行方向で、XY平面と直交するZ軸方向が前記円柱形状の長軸方向として示している。また、金属ナノ粒子4aの周辺光強度のシミュレーション結果を図2(b)と図2(c)に示してある。図2(b)は、図2(a)におけるXZ断面であり、図中、中央の矩形断面形状が金属ナノ粒子4aを示し、有機EL素子10の表面における発光強度を基準として発光強度を示している。図2(b)から柱状形状の金属ナノ粒子4aの長軸方向の側面に沿って発光強度が高くなっており、表面プラズモン共鳴が起こっていることがわかる。また、図2(c)は、図2(a)のXY断面であり、図中、中央の円形断面形状が柱状形状の金属ナノ粒子4aを示し、有機EL素子10の表面における発光強度を基準として発光強度を示している。図2(c)から柱状形状の金属ナノ粒子4aは、その軸方向の一部において発光強度が高くなっている。したがって、図2から柱状形状の金属ナノ粒子4aの近傍で光の振幅(強度)が局所的に増幅されていることがわかる。

【0041】

次に、本実施形態の発光素子10における光の配光制御を図3を用いて説明する。通常、有機EL素子10の有機発光層3から発光した光R、G、Bは、光出射面側である基板5を通してさまざまな方向に放射される。しかしながら、基板5と空気の界面近傍付近に特定形状の金属ナノ粒子4aを配置すると、表面プラズモン共鳴により特定の波長成分が特定の方向に強く光を発する。

【0042】

表面プラズモンの共鳴に寄与する光の波長や方向は、金属ナノ粒子4aの配置間隔や形状により制御することができる。また、金属ナノ粒子4aの形状や金属ナノ粒子4aをコーティング等した場合には、コーティング材の誘電率に依存して特定の波長を強く発光させることもできる。

【0043】

本実施形態のように有機発光層3が主発光波長が異なる2層以上に積層され有機発光層3から複数の主発光波長を同時に放射する場合には、金属ナノ粒子4aをランダムな配置とすることで表面プラズモン共鳴が起きる波長をランダムにすることができる。そのため、この状態で光の伝播方向を均一になるように金属ナノ粒子4aを制御すれば、配光制御したまま混色性を向上することが可能となる。

【0044】

金属ナノ粒子4aは、気相法、液相法や固相法により形成することができ、気相法としては、各種CVD法、金属塩化物の還元・酸化・窒化法、水素中還元法、溶媒蒸発法、エピタキシャル成長法、ガス中蒸発法、レーザーアブレーション法、金属蒸気合成法、流動油状真空蒸発法などを用いることが挙げられる。また、液相法としては、コロイド法、水熱合成法、ゾルーゲル法、中和分解法、加水分解法、化学沈殿法、共沈法、アトマイジング法、逆ミセル法、エマルジョン法などを用いることができる。さらに、固相法としては、再結晶法、熱分解法、焼成法、黒鉛化法、熱還元法、粉碎法などが挙げられ、種々用いることができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 5 】

このような方法で形成された金属ナノ粒子 4 a を有機 E L 素子 1 0 の光出射面側に配置させると、有機発光層 3 が放出した光のうち特定の波長の光エネルギーが自由電子に移転される共鳴現象が起こるようになる。その結果として、表面プラズモン共鳴が生じ、入射光が反射光に変化せずに、金属ナノ粒子 4 a の表面に沿って伝達されるようになる。したがって、各発光波長の位相分布を均等にし、混色性を向上させるためには、金属ナノ粒子 4 a を前記光出射面と垂直な方向に沿って配列するのが望ましい。また、金属ナノ粒子 4 a を有機 E L 素子 1 0 の前記光出射面側に対して特定の傾斜で配置させることで、発光素子 2 0 の指向性を制御することも可能となる。

【 0 0 4 6 】

なお、有機発光層 3 が発したそれぞれの光 R , G , B に対して表面プラズモンを誘起できる限り、金属ナノ粒子 4 a の体積平均一次粒径、調整条件や形状等に依存する体積平均凝集径は特に限られない。したがって、柱状形状の金属ナノ粒子 4 a は、長軸長を約 2 0 0 n m 以下でランダムに形成させることができる。また、制御のしやすさから約 1 n m 以上でランダムに形成させることが好ましい。

【 0 0 4 7 】

また、表面プラズモンの吸収波長は、金属種類、金属粒子のサイズ、コーティングの可否、およびコーティング物質の誘電率に伴って波長シフトが起こる。体積平均一次粒径および体積平均凝集径が大きくなるにしたがって、吸収波長が短波長側にシフトする傾向にある。また、表面プラズモンの吸収ピークはミー共鳴状態 (M i e r e s e o n a n c e c o n d i t i o n) によって予測することが可能であり、例えば、金、銀および銅の表面プラズモンの吸収は、それぞれ約 4 0 0 n m 、 5 3 0 n m および 5 7 0 n m となる。また、金を二酸化珪素でコーティングした場合には、約 5 1 0 n m ないし約 5 4 0 n m で共鳴し、二酸化チタンでコーティングした場合には、約 6 4 0 n m で共鳴が起こる。これは、二酸化珪素が二酸化チタンよりも誘電率が大きいためである。また、銀を二酸化珪素でコーティングした場合は、約 4 2 5 n m で共鳴することになる。

【 0 0 4 8 】

異方性微粒子である柱状形状の金属ナノ粒子 4 a は、光を出射させる方向と平行な方向に沿って傾けることによりマクロな光学的性質を制御することが可能であり、金属ナノ粒子 4 b を鎖状形状に積設させた積設物に比べて配光指向制御に向いている。また、例えば、柱状形状の金属ナノ粒子 4 a は、そのアスペクト比 (長軸長 / 短軸長) を制御することで、可視光から近赤外線までの任意の特定波長で、表面プラズモン共鳴を起こすことが可能である。従って、主発光波長が異なる光 R , G , B の配光制御を行う場合には、長軸長や短軸長がランダムに異なる柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を有機 E L 素子 1 0 の光出射面に特定の傾きで設けて配光制御部 4 を形成すればよい。

【 0 0 4 9 】

そのため、例えば、予め精製した柱状形状の金属ナノ粒子 4 a をゲル状材料の中に分散し、有機 E L 素子 1 0 の光出射面側となる透光性の基板 5 に塗布する。続いて、配光制御部 4 を形成させるため、これに特定方向から電界を印加し基板 5 上に柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を特定方向に配置させた後、前記ゲル状材料をエッチング等により除去することで配光制御部 4 を形成することも考えられる。

【 0 0 5 0 】

(実施形態 2)

本実施形態の発光素子 2 0 における基本構成は実施形態 1 と略同一であり、柱状形状の金属ナノ粒子 4 a の代わりに、図 4 に示すように鎖状形状となる金属ナノ粒子 4 b の積設物を用いた点が異なる。なお、実施形態 1 と同様の構成要素には、同一の符号を付して説明を適宜省略する。

【 0 0 5 1 】

本実施形態の発光素子 2 0 は、配光制御部 4 が有機発光層 3 からの光に対して表面プラズモンを誘起可能であって、光を出射させる方向と平行な方向に沿って設けられた鎖状形

10

20

30

40

50

状となる金属ナノ粒子 4 b の積設物を備えている。

【 0 0 5 2 】

このようなナノ構造となる金属ナノ粒子 4 b は、実施形態 1 と同様にして比較的簡単に形成することができ、有機 E L 素子 1 0 の有機発光層 3 に対する光出射面側に光を出射させる方向と平行な方向に沿って、積設させればよい。また、有機発光層 3 が発したそれぞれの光 R , G , B に対して、表面プラズモンを誘起できる限り、金属ナノ粒子 4 b の体積平均一次粒径、調整条件や形状等に依存する体積平均凝集径は特に限られないが、金属ナノ粒子 4 b は、粒子径が 1 n m から 2 0 0 n m の間にあることで表面プラズモンの誘起が容易となり粒径制御や鎖状の長さを制御することで増強波長の制御をすることもできる。また、鎖状の形状を制御することで指向性を制御することもできる。

10

【 0 0 5 3 】

なお、少なくとも一部が鎖状形状となる金属ナノ粒子 4 b の積層物を備えた配光制御部 4 を有機 E L 素子の光出力面側に設けるためには、例えば、予め金属からなる前記粒子をゲル状溶液の中に分散させ、有機 E L 素子 1 0 の光出射面側となる透光性の基板 5 に塗布した後、前記ゲル状溶液をエッチング等で除去すればよい。このとき、前記ゲル状溶液の粘度、前記ゲル状溶液と金属ナノ粒子 4 b との比重差、前記ゲル状溶液に対する金属ナノ粒子 4 b の含有量を調整することで、鎖状形状となる金属ナノ粒子 4 b の積設物を種々形成できると考えられる。

【 0 0 5 4 】

(実施形態 3)

本実施形態の発光素子 2 0 における基本構成は実施形態 1 と略同一であり、図 5 に示すように配光制御部 4 を、柱状形状の金属ナノ粒子 4 a に加え、金属ナノ粒子 4 a を被覆する透光性被覆層 4 c で形成した点が異なる。なお、実施形態 1 と同様の構成要素には、同一の符号を付して説明を適宜省略する。

20

【 0 0 5 5 】

本実施形態の発光素子 2 0 では、図 5 に示すように配光制御部 4 が金属ナノ粒子 4 a と、該金属ナノ粒子 4 a が含有された透光性被覆層 4 c から構成されている。

【 0 0 5 6 】

金属ナノ粒子 4 a が表面プラズモンを効率よく誘起させるためには、均一粒度であることが望ましく、金属ナノ粒子 4 a に融着や凝集が生じ大きくなりすぎると、表面プラズモンを誘起させることが難しくなる傾向にある。

30

【 0 0 5 7 】

本実施形態の配光制御部 4 を形成するためには、予め精製した金属ナノ粒子 4 a をゲル状材料の中に分散し、有機 E L 素子 1 0 の光出射面側となる透光性の基板 5 に塗布して配光制御部 4 を形成する、あるいは直接ガラス材料からなる基板 5 の中に分散させて発光素子 2 0 の配光制御部 4 を形成するなどの方法で、有機 E L 素子 1 0 の光出射面側に形成された配光制御部 4 における金属ナノ粒子 4 a の凝集や融着などの劣化を防止することが可能となる。

【 0 0 5 8 】

また、他の方法として、配光制御部 4 は、例えば予め精製した A g からなる球形の金属微粒子を透光性被覆層 4 c となる透光性ポリイミド中に含有させる。続いて、加熱延伸処理を利用して前記透光性ポリイミド樹脂中に含有された球形の前記金属微粒子を延伸方向に伸長することで、A g からなる柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を形成することができる。このような前記透光性ポリイミド樹脂を有機 E L 素子 1 0 の光出射面となる基板 5 上に接着することで、特定方向に揃い凝集や融着などを防止可能な柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を形成させることもできる。

40

【 0 0 5 9 】

さらに、別の方法として、配光制御部 4 は、予め透光性被覆層 4 c となる樹脂中に A g 微粒子を含有させた透光性被覆層 4 c となる樹脂シートを準備する。次に、前記樹脂シートを前記 A g 微粒子がイオン化可能な溶液（例えば、水溶液）中において特定方向から電

50

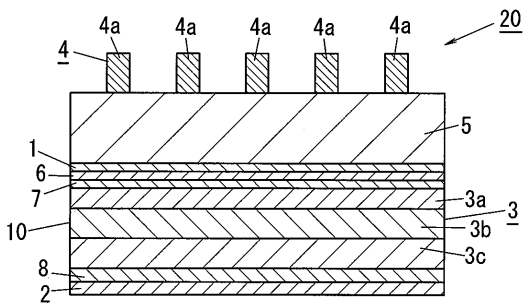
界を印加し、Ag 微粒子にイオンマイグレーションを生起させる。これにより、前記樹脂シート中で特定方向に延伸した柱状形状の金属ナノ粒子 4 a を備えた配光制御部 4 を形成する。発光素子 2 0 は、このような配光制御部 4 を有機 E L 素子 1 0 の光出射面側に接着などさせることにより形成することもできる。

【符号の説明】

【 0 0 6 0 】

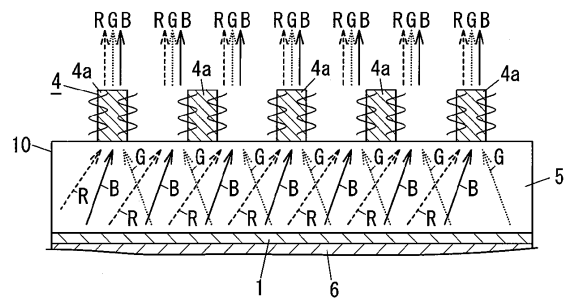
- 1 陽極層
- 2 陰極層
- 3 有機発光層
- 3 a 赤色発光層
- 3 b 緑色発光層
- 3 c 青色発光層
- 4 配光制御部
- 4 a 柱状形状の金属ナノ粒子
- 4 c 粒子を積設した鎖状形状の金属ナノ粒子
- 5 基板
- 1 0 有機 E L 素子
- 2 0 発光素子

【 図 1 】

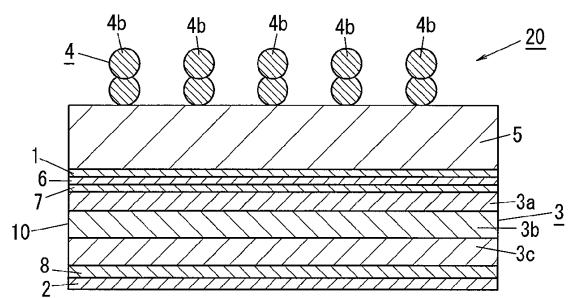


- 1 陽極層
- 2 陰極層
- 3 有機発光層
- 3 a 赤色発光層
- 3 b 緑色発光層
- 3 c 青色発光層
- 4 配光制御部
- 4 a 柱状形状の金属ナノ粒子
- 1 0 有機 E L 素子
- 2 0 発光素子

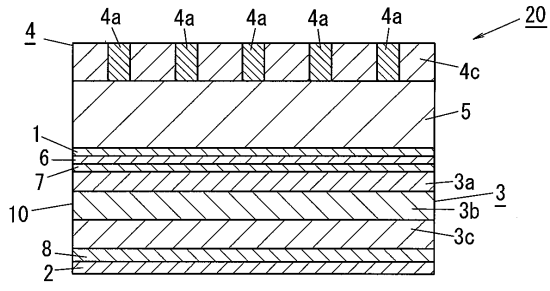
【 図 3 】



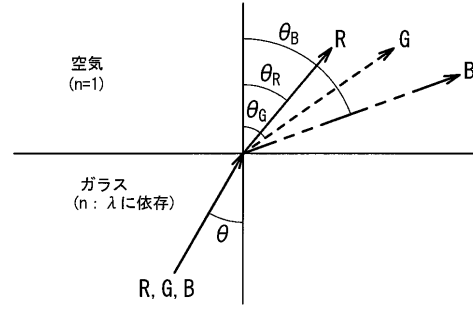
【 図 4 】



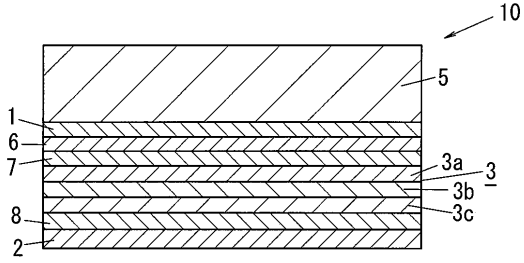
【図5】



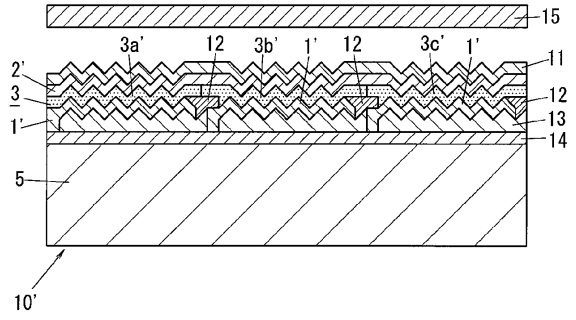
【図7】



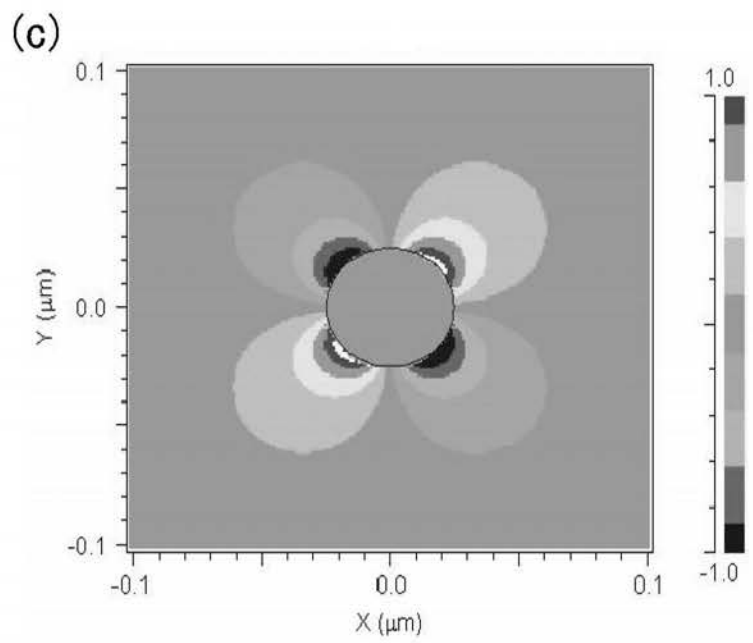
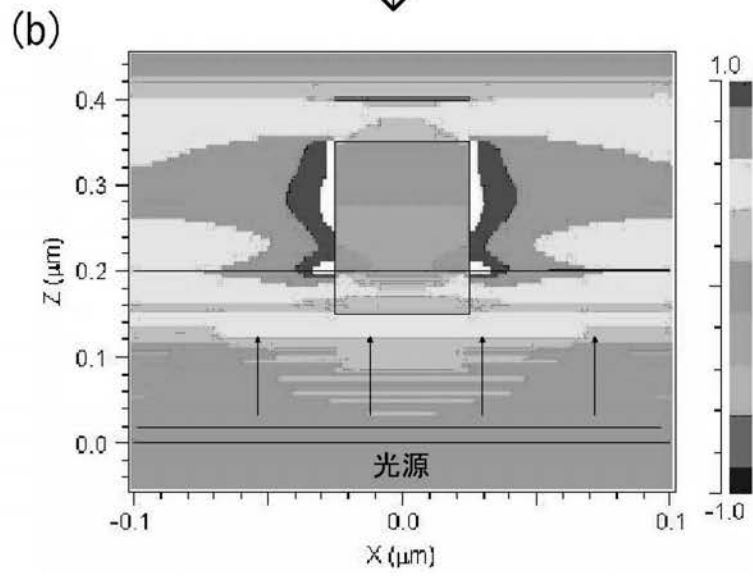
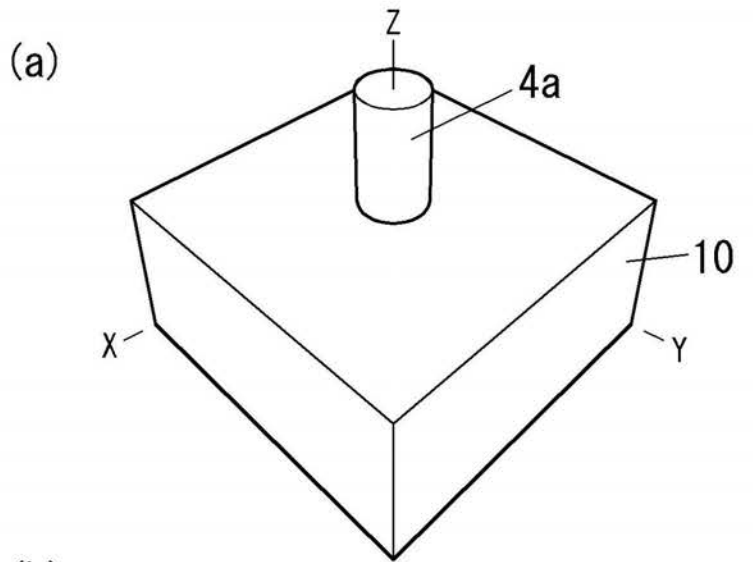
【図6】



【図8】



【図2】



フロントページの続き

- (56)参考文献 特開2004-212942(JP,A)
国際公開第2009/141903(WO,A1)
特開2007-165284(JP,A)
特開2007-35430(JP,A)
特開2004-87225(JP,A)
特開2007-265987(JP,A)

- (58)調査した分野(Int.Cl., DB名)
H01L 51/50