

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4764328号
(P4764328)

(45) 発行日 平成23年8月31日(2011.8.31)

(24) 登録日 平成23年6月17日(2011.6.17)

(51) Int.Cl.

F I

H O 5 B 33/26 (2006.01)

H O 5 B 33/26 Z

H O 5 B 33/22 (2006.01)

H O 5 B 33/22 Z

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/14 A

G O 9 F 9/30 (2006.01)

G O 9 F 9/30 3 6 5 Z

H O 1 L 27/32 (2006.01)

請求項の数 2 (全 14 頁)

(21) 出願番号 特願2006-351953 (P2006-351953)
 (22) 出願日 平成18年12月27日(2006.12.27)
 (65) 公開番号 特開2008-166034 (P2008-166034A)
 (43) 公開日 平成20年7月17日(2008.7.17)
 審査請求日 平成21年3月19日(2009.3.19)

特許権者において、実施許諾の用意がある。

(73) 特許権者 000004352
 日本放送協会
 東京都渋谷区神南2丁目2番1号
 (74) 代理人 100064414
 弁理士 磯野 道造
 (74) 代理人 100111545
 弁理士 多田 悦夫
 (72) 発明者 青島 賢一
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号
 日本放送協会放送技
 術研究所内
 (72) 発明者 時任 静士
 東京都世田谷区砧一丁目10番11号
 日本放送協会放送技
 術研究所内
 最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 発光素子及び表示装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項 1】

通電によって発光する発光素子であって、
強磁性体を含む第1の強磁性体層を有する陽極と、
強磁性体を含む第2の強磁性体層を有する陰極と、
 前記陽極及び前記陰極間に形成され、有機エレクトロルミネッセンスにより発光する有機物層と、
前記第1の強磁性体層と前記有機物層との間、及び、前記第2の強磁性体層と前記有機物層との間のそれぞれに、所定の膜厚を有するように形成された絶縁体層と、
前記絶縁体層と前記有機物層との間に導電性ポリマを含む導電性ポリマ層と、
 を備え、
前記絶縁体層が、MgO層であることを特徴とする発光素子。

【請求項 2】

請求項1に記載の発光素子を含む表示装置。

【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(有機EL; organic electroluminescence)により発光する発光素子及び表示装置に関する。

【背景技術】

【 0 0 0 2 】

近年、映像等の表示装置において、有機 E L ディスプレイの開発が盛んに行われている。この有機 E L ディスプレイでは、基板に、陽極及び陰極の 2 つの電極に挟まれた有機物層を形成してサブピクセル（発光素子）を構成し、陽極及び陰極の間を通電することで、各々のサブピクセルの有機物層が有機 E L によって発光する。

【 0 0 0 3 】

ここで、図 4 を参照して、従来の有機 E L を用いた発光素子について説明する。図 4 は、従来の発光素子の構成を模式的に示す拡大断面図、(a) は、従来の一般的な発光素子の拡大断面図、(b) は、従来の強磁性体層を有する発光素子の拡大断面図である。

【 0 0 0 4 】

図 4 (a) に示すように、発光素子 1 0 0 は、基板 1 1 0 上に積層された、陽極 1 1 1 と、ホール輸送層 1 1 2 a、発光層 1 1 2 b 及び電子輸送層 1 1 2 c からなる有機物層 1 1 2 と、陰極 1 1 3 とを順に備えている。陽極 1 1 1 は透明な導電体から形成され、また、陰極 1 1 3 は導電体から形成されている。

【 0 0 0 5 】

そして、この陽極 1 1 1 と陰極 1 1 3 との間を通電すると、陽極 1 1 1 からは正孔がホール輸送層 1 1 2 a に注入され、一方、陰極 1 1 3 からは電子が電子輸送層 1 1 2 c に注入される。そうすると、正孔及び電子はそれぞれホール輸送層 1 1 2 a 及び電子輸送層 1 1 2 c 内を輸送されて発光層 1 1 2 b に注入される。そして、注入された正孔と電子とは、発光層 1 1 2 b の内部において再結合する。この再結合が起こった際のエネルギーで周りの分子が励起され、励起された励起子（エキシトン）が励起状態から再び基底状態に戻る際に光が発生する。この光は、ホール輸送層 1 1 2 a、陽極 1 1 1 及び基板 1 1 0 を透過して外部に出射する。

【 0 0 0 6 】

また、図 4 (b) に示すように、発光素子 1 0 0 A は、図 4 (a) に発光素子 1 0 0 の構成に加えて、陽極 1 1 1 及び有機物層 1 1 2 の間に強磁性体層 1 1 4 A と、有機物層 1 1 2 及び陰極 1 1 3 の間に強磁性体層 1 1 5 A とを備えている。そして、陽極 1 1 1 と陰極 1 1 3 との間を通電すると、強磁性体層 1 1 4 A からは正孔がホール輸送層 1 1 2 a に注入され、また、強磁性体層 1 1 5 A からは電子が電子輸送層 1 1 2 c に注入される。そして、発光層 1 1 2 b が発光する。

【 0 0 0 7 】

このとき、強磁性体層 1 1 4 A、1 1 5 A の磁化の方向と注入される電子のスピン偏極率とによって、発光層 1 1 2 b において励起されるシングレットエキシトン（一重項励起子）とトリプレットエキシトン（三重項励起子）の発生確率が変化する（非特許文献 1 参照）。そのため、強磁性体層 1 1 4 A、1 1 5 A を有する発光素子 1 0 0 A では、発光効率を向上させられるとともに、磁界によって発光を制御することができる。

【 0 0 0 8 】

更に、電子輸送層に電子を注入する陰極に、電子輸送層側に Al_2O_3 からなる絶縁体の層の形成された Al 膜を用いることで、 Al_2O_3 の層を介してトンネル現象によって電子が電子輸送層に注入され、電流注入効率が向上することが開示されている（非特許文献 2 参照）。

【非特許文献 1】A. H. Davis, et al, "Organic luminescent devices and magnetoelectronics", Journal of Applied Physics, May 15, 2003, Volume 93, Issue 10, pp. 7358-7360

【非特許文献 2】H. Tang, et al, "Bright high efficiency blue organic light-emitting diodes with Al_2O_3/Al cathodes", Applied Physics Letters, November 3, 1997, Volume 71, Issue 18, pp. 2560-2562

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 0 9 】

非特許文献 1 によれば、強磁性体等のスピン偏極した材料から有機材料にスピン偏極した正孔及び電子（キャリア）を注入することで、発光素子の発光効率を向上させられることが理論的に予測されるが、強磁性体やそれらを含む金属材料から有機材料に対しては、その仕事関数の違いから効率の良い正孔や電子の注入が困難であった。そして、非特許文献 2 に記載されるように、絶縁体の層を介して正孔や電子を注入することで金属材料から有機材料への正孔及び電子の注入効率を向上させることができるものの、強磁性体を含む金属材料から有機材料に効率良く正孔や電子を注入できる絶縁体がないため、発光効率の大幅に低いものしか得られなかった。

【 0 0 1 0 】

本発明は、前記従来技術の問題を解決するために成されたもので、強磁性体を含む金属材料から有機材料に効率良くスピン偏極した正孔や電子を注入でき、発光効率の高い発光素子及び表示装置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】

【 0 0 1 1 】

前記問題を解決するために、本発明者らは、発光素子の発光効率を向上させるため、強磁性体を含む層と、発光層を含む有機材料からなる層との間に介在させる絶縁体の層において、正孔や電子の注入効率を向上させられる成分について鋭意検討を行った。その結果、絶縁体層の材料として MgO を用いるとトンネル電流が流れやすくなり、強磁性体を含む層と有機材料からなる層との間で高効率に正孔や電子を注入できることを見出して本発明を創作するに至った。

【 0 0 1 2 】

前記課題を解決するため、請求項 1 に記載の発光素子は、通電によって発光する発光素子であって、強磁性体を含む第 1 の強磁性体層を有する陽極と、強磁性体を含む第 2 の強磁性体層を有する陰極と、前記陽極及び前記陰極間に形成され、有機エレクトロルミネセンスにより発光する有機物層と、前記第 1 の強磁性体層と前記有機物層との間、及び、前記第 2 の強磁性体層と前記有機物層との間のそれぞれに、所定の膜厚を有するように形成された絶縁体層と、前記絶縁体層と前記有機物層との間に導電性ポリマを含む導電性ポリマ層とを備え、前記絶縁体層が、MgO 層であることを特徴とする。

【 0 0 1 3 】

かかる構成によれば、発光素子は、陽極及び陰極間を通電すると、強磁性体層が陽極にある場合にはスピン偏極正孔が、強磁性体層が陰極にある場合にはスピン偏極電子が、強磁性体層から有機物層に注入される。そして、絶縁体層が、MgO からなる層を有するため、この絶縁体層を介して強磁性体層から有機物層への高効率のキャリアのトンネル注入が可能となる。ここで、絶縁体層に MgO を用いると、ショットキーバリアが減少し、強磁性体層から有機物層へトンネル電流が流れやすくなると考えられる。これによって、発光素子は、強磁性体層から有機物層へ効率的にキャリアを注入することができる。

また、陽極及び陰極との両方が強磁性体層を有することで、強磁性体層の磁化の方向によって、有機物層に注入するスピンの向きを調整して、発光効率を向上することが可能になる。

また、かかる構成によれば、発光素子は、導電性ポリマ層によって絶縁体層と有機物層との間のエネルギー障壁を低下させて、効率的にキャリアを注入することができる。

【 0 0 1 9 】

また、請求項 2 に記載の表示装置は、請求項 1 に記載の発光素子を含む構成とした。かかる構成によれば、表示装置は、発光効率の高い発光素子によって表示することができる。

【発明の効果】

【 0 0 2 0 】

本発明に係る発光素子及び表示装置では、以下のような優れた効果を奏する。請求項 1 に記載の発明によれば、強磁性体層から有機物層へ効率的にスピン偏極したキャリアを注入することができるため、発光効率の高い発光素子を提供することができる。そのため、

低電圧で駆動でき、かつ、消費電力の低い発光素子とすることができる。

また、陽極及び陰極との両方が強磁性体層を有することで、強磁性体層の磁化の方向によって、有機物層に注入するスピンの向きを調整して、発光効率を向上することが可能になる。

また、導電性ポリマ層によって絶縁体層と有機物層との間のエネルギー障壁を低下させて、効率的にキャリアを注入することができる。

【 0 0 2 3 】

請求項 2 に記載の発明によれば、発光効率の高い表示装置となり、低電圧で駆動でき、かつ、消費電力を低下させることができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 2 4 】

以下、本発明の実施の形態について図面を参照して説明する。

〔発光素子の構成〕

まず、図 1 を参照して、本発明における発光素子 1、1 A、1 B、1 C の構成について説明する。図 1 は、本発明における発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(a) は、強磁性体層及び絶縁体層をそれぞれ陽極側と陰極側とに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(b) は、強磁性体層をそれぞれ陽極側と陰極側とに、絶縁体層を陽極側のみに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(c) は、強磁性体層及び絶縁体層を陰極側のみに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(d) は、強磁性体層、絶縁体層及び導電性ポリマ層をそれぞれ陽極側と陰極側とに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図である。

【 0 0 2 5 】

図 1 (a) に示すように、発光素子 1 は、強磁性陽極 1 2 と強磁性陰極 1 6 との間を通電することで、有機エレクトロルミネッセンスにより発光するものである。ここで、発光素子 1 は、基板 1 1 の表面に複数の層が積層された積層構造を有し、この基板 1 1 上に、強磁性陽極 1 2 と、絶縁体層 1 3 と、有機物層 1 4 と、絶縁体層 1 5 と、強磁性陰極 1 6 とを順に備えている。

【 0 0 2 6 】

なお、本発明における発光素子 1 に使用する基板 1 1 は、当該技術分野において用いられる様々な透明な板やフィルムから適宜選択できる。例えば、本発明における発光素子 1 に使用する基板 1 1 の具体例として、ガラス、ポリカーボネイト等を挙げることができる。また、基板 1 1 の厚みも最終製品である発光素子 1 の用途に応じて適宜選択されるが、一般的には 0 . 0 1 ~ 2 mm 程度が好ましい。以下、発光素子 1 を構成する各層について説明する。

【 0 0 2 7 】

(強磁性陽極)

強磁性陽極 (陽極) 1 2 は、強磁性体を含む強磁性体層 1 2 b を有する陽極である。ここでは、強磁性陽極 1 2 は、陽極層 1 2 a 及び強磁性体層 1 2 b から構成される。このように、陽極を強磁性体層 1 2 b を有する強磁性陽極 1 2 とすることで、有機物層 1 4 にスピン偏極正孔を注入することができる。

【 0 0 2 8 】

(陽極層)

陽極層 1 2 a は、図示しない電源と電気的に接続される、透明な電子伝導体又は半導体からなる層である。この陽極層 1 2 a は、本発明の作用効果を損なわないものであれば特に限定されるものではないが、例えば、ITO (Indium Tin Oxide ; インジウムドープ酸化スズ) や酸化スズ (SnO_2) 等によって形成することができる。なお、陽極層 1 2 a の形成方法は、当該技術分野における様々な方法、例えば真空蒸着法やスパッタリング法等によって行うことができる。

【 0 0 2 9 】

(強磁性体層)

強磁性体層 1 2 b、1 6 a は、強磁性体を含む膜であり、スピン偏極正孔及びスピン偏極電子の供給源となるものである。そして、強磁性体層 1 2 b、1 6 a から有機物層 1 4 にスピン偏極正孔及びスピン偏極電子を注入することで、発光層 1 4 b の発光効率を向上させることができる。

【0030】

この強磁性体層 1 2 b、1 6 a は、金属系の強磁性体、例えば、C o 単体、F e 単体、N i 単体や、N i F e 等の N i と F e との合金、C o F e 等の C o と F e との合金、C o を含む磁性合金、N i を含む磁性合金、F e を含む磁性合金、導電性のある酸化物磁性材料であるフェライト (F e₃O₄ 等)、C r を含む酸化物磁性材料 (C r O₂ 等)、透明磁性半導体である T i O₂ - C o (C o ドープ T i O₂)、ホイスラ合金等を含んで形成

10

【0031】

特に、スピン偏極率の高い F e₃O₄、C r O₂、C o を含むホイスラ合金、特に C o₂Y Z (Y は、M n、F e 及び C r のうちの少なくとも 1 つであり、Z は、A l、S i、G a、G e、I n 及び S n のうちの少なくとも 1 つである) で表されるホイスラ合金や、C o F e B は、スピン偏極正孔及びスピン偏極電子の供給源として効果が高いため好ましい。また、透明磁性半導体である T i O₂ - C o は、発光層 1 4 b において発光した光を吸収することなく取り出すことができるため、透明でない強磁性材料と比べて光の取り出し効率が高くなる。なお、強磁性体層 1 2 b の形成方法は、当該技術分野における様々な方法、例えば真空蒸着法やスパッタリング法等によって行うことができる。

20

【0032】

ここで、強磁性体層 1 2 b は、陽極層 1 2 a に隣接して形成され、スピン偏極した正孔の供給源となる。また、強磁性体層 1 6 a は、陰極層 1 6 b に隣接して形成され、スピン偏極した電子の供給源となる。このように、陽極層 1 2 a と有機物層 1 4 との間、及び、有機物層 1 4 と陰極層 1 6 b との間の両方に強磁性体層 1 2 b、1 6 a を形成することで、強磁性体層 1 2 b、1 6 a の磁化の方向によって、有機物層 1 4 に注入するスピンの向きを調整して、発光効率を向上させることが可能になる。

【0033】

ここで、発光に関わるエキシトンとは、そのスピン状態によって、以下の状態 (1) ~ (4) の 4 種類ある。なお、“ $|\uparrow\rangle$ ” は量子状態を表すケットベクトルである。また、“ $|\downarrow\rangle$ ” は下向きのスピン、“ $|\uparrow\rangle$ ” は上向きのスピンを表し、陰極の電子のスピン状態を “ $|\uparrow\rangle_e$ ” 及び “ $|\downarrow\rangle_e$ ”、陽極の正孔のスピン状態を “ $|\uparrow\rangle_h$ ” 及び “ $|\downarrow\rangle_h$ ” とする。

30

【0034】

【数 1】

$$\text{一重項} \cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_e |\downarrow\rangle_h - |\downarrow\rangle_e |\uparrow\rangle_h) \quad \dots (1)$$

$$\text{三重項} \cdot |\uparrow\rangle_e |\uparrow\rangle_h \quad \dots (2)$$

$$\cdot \frac{1}{\sqrt{2}} (|\uparrow\rangle_e |\downarrow\rangle_h + |\downarrow\rangle_e |\uparrow\rangle_h) \quad \dots (3)$$

$$\cdot |\downarrow\rangle_e |\downarrow\rangle_h \quad \dots (4)$$

40

【0035】

蛍光発光材料の場合は一重項のエキシトンのみが発光することが知られている。ここで、非特許文献 1 によれば、注入される電子及び正孔がスピン偏極し、かつ、陽極と陰極の

50

磁化方向が角度 φ をなしている場合には、一重項のエキシトンの発生確率 w_s は、以下の式(5)のように表され、両極の磁化方向の相対角である角度 φ に依存する。この角度 φ によって、発生確率 w_s を 0% ~ 50% と変えることができるようになる。なお、 P_e は、電子のスピン偏極率、 P_h は、正孔のスピン偏極率である。

$$w_s = (1/4) \cdot [1 - P_e P_h \cos(\varphi)] \quad \dots (5)$$

【0036】

そして、強磁性を持たない陽陰極からの電子及び正孔の注入では、通常、一重項のエキシトンの発生確率 w_s は 25% までしか大きくならないが、強磁性陰極 16 及び強磁性陽極 12 からそれぞれ電子及び正孔を注入することで、発生確率 w_s を変化させることができるだけでなく、大幅に発光効率を向上させることができるようになる。

10

【0037】

なお、強磁性体層 12b、16a の磁性材料の膜厚を変えることで、磁化方向を制御することができる。例えば、強磁性体層 12b、16a を構成する磁性材料として CoFe を用いる場合、強磁性陽極 12 側の強磁性体層 12b を膜厚 3 nm、強磁性陰極 16 の強磁性体層 16a を 10 nm とすることで、強磁性体層 12b のみ磁化方向を反転させることが可能となる。これによって、強磁性体層 12b、16a を、磁化方向が逆向きになるように形成することができる。

【0038】

(絶縁体層)

絶縁体層 13、15 は、絶縁体からなる層で、トンネル効果により強磁性体層 12b、16a からのキャリアを効率良くホール輸送層 14a 及び電子輸送層 14c に注入するためのものである。強磁性体層 12b、16a から直接有機物層 14 に対しては、仕事関数の違いから効率良くキャリアを注入することが困難であるが、これらの層の間に絶縁体層 13、15 を介在させることで、トンネル効果によりキャリアを効率良く注入することができる。この絶縁体層 13、15 は、絶縁体からなり、かつ、MgO からなる層を含んで形成されている。

20

【0039】

ここで、MgO からなる層を強磁性体層 12b と有機物層 14 との間、及び、有機物層 14 と強磁性体層 16a との間に介在させると、ショットキーバリアが減少しトンネル電流が流れやすくなる。そのため、絶縁体層 13、15 が、MgO からなる層を含んで形成されることで、高効率のキャリアのトンネル注入が可能となる。また、MgO は、有機物層 14 との密着性が高く、更に、MgO の層の上に隣接して有機物層 14 を形成する場合には、MgO の表面エネルギーが有機材料の成長に良い影響を与え、MgO の層と有機物層 14 との密着性をより高めるとともに、有機物層 14 の膜質を向上させることができる。そのため、この MgO からなる層が有機物層 14 に隣接して形成されることで、更に高効率にキャリアを注入することが可能になり、より好ましい。

30

【0040】

この絶縁体層 13、15 は、各々 MgO 単層のみから形成されていてもよいし、MgO からなる層と、それ以外の絶縁体からなる層とを積層して形成されていてもよい。そして、絶縁体層 13、15 が MgO からなる層と、それ以外の絶縁体からなる層とを積層して形成される場合に MgO とともに積層構造を形成する MgO 以外の絶縁体としては、本発明の作用効果を損なわないものであれば特に限定されるものではないが、例えば、 Al_2O_3 、 SiO_2 、 AlN 、 HfO 、 ZrO_2 及び TiO_2 等の材料が、緻密な絶縁体層を形成できてピンホールのないトンネル注入が可能となるため好ましく、 Al_2O_3 は熱伝導が高く熱拡散層として機能することで、発光素子 1 の寿命を延ばすことができるため、より好ましい。しかしながら、絶縁体層 13、15 が、MgO のみによって形成されていることが更に好ましい。

40

【0041】

絶縁体層 13、15 の形成方法は、所望の膜厚の MgO からなる絶縁体層を形成できる方法であれば特に限定されるものではないが、所定の厚みの MgO 層を容易に成膜できる

50

という観点からスパッタリング法もしくは真空蒸着法が好ましい。スパッタリングの場合の条件は、例えば高周波電力30～2000W、ガス圧0.07～5Paである。また、真空蒸着法の場合の条件は、抵抗加熱式では100～500W程度、電子銃方式では100～300mA程度である。更に、絶縁体層13、15は、膜厚が0.3～4nmに形成されていることが好ましい。特に、有機物層14を成膜した以降の成膜、ここでは、絶縁体層15、強磁性体層16a及び陰極層16bの成膜は、スパッタリングではなく真空蒸着によって行うことが望ましい。これは、条件によっては、スパッタリングで発生するプラズマが有機物層14にダメージを与える可能性があるためである。

【0042】

ここで、絶縁体層13は、強磁性体層12bに隣接して形成され、強磁性体層12bから供給された正孔をトンネル効果によりホール輸送層14aに注入する。一方、絶縁体層15は、強磁性体層16aに隣接して形成され、強磁性体層16aから供給された電子をトンネル効果により電子輸送層14cに注入する。このように、発光素子1が、強磁性体層12bと有機物層14との間、及び、有機物層14と強磁性体層16aとの間のそれぞれに絶縁体層13、15を備えることで、正孔と電子との両方の注入効率を向上させられ、発光素子1の発光効率を大きく向上させることができる。

【0043】

(有機物層)

有機物層14は、絶縁体層13と絶縁体層15との間に形成され、正孔注入を絶縁体層13を介して強磁性体層12bから、電子注入を絶縁体層15を介して強磁性体層16aから受けて有機エレクトロルミネッセンスにより発光するものである。有機物層14は、ホール輸送層14aと、発光層14bと、電子輸送層14cとを備えている。

【0044】

ホール輸送層14aは、絶縁体層13を介して強磁性体層12bから正孔注入を受けて、この正孔を発光層14bに輸送するものである。このホール輸送層14aは、例えば、芳香族3級アミンである α -NPD(ジフェニルナフチルジアミン)等からなる。

【0045】

発光層14bは、ホール輸送層14aと電子輸送層14cとの間に形成され、ホール輸送層14aからの正孔と、電子輸送層14cからの電子とを再結合させることで、励起子を生成して発光するものである。この発光層14bは、例えば、キノリノールアルミ錯体(A1q3)等のホスト材料に微量(例えば、0.1～1質量%)のドーパントを添加した材料から形成することができる。このドーパント材料には、Coumarin6(クマリン6)や、DCJT[4-(dicyanomethylene)-2-t-butyl-6-(1,1,7,7-tetramethyljulolidyl-9-enyl)-4H-pyran]などを用いることができる。

【0046】

電子輸送層14cは、絶縁体層15を介して強磁性体層16aから電子注入を受けて、電子を発光層14bに輸送するものである。この電子輸送層14cは、例えば、キノリノールアルミ錯体(A1q3)や、シロール誘導体(PyPySPyPy)から形成することができる。

【0047】

なお、ここでは、有機物層14が、ホール輸送層14aと、発光層14bと、電子輸送層14cとを備えていることとしたが、本発明の発光素子1の有機物層14は、少なくとも発光層14bを備えていればよい。なお、この有機物層14は、当該技術分野における様々な方法、例えば、真空蒸着法や塗布法により成膜することができる。

【0048】

(強磁性陰極)

強磁性陰極(陰極)16は、強磁性体を含む強磁性体層16aを有する陰極である。ここでは、強磁性陰極16は、強磁性体層16a及び陰極層16bから構成される。このように、陰極を強磁性体層16aを有する強磁性陰極16とすることで、有機物層14にスピンの偏極電子を注入することができる。

10

20

30

40

50

【 0 0 4 9 】

(陰極層)

陰極層 1 6 b は、図示しない電源と電氣的に接続される、電子伝導体又は半導体からなる層である。この陰極層 1 6 b は、例えば、A l、C u、A u、P t、H f 又は W や、これらのうちの 2 種類以上を組み合わせた合金によって形成することができる。なお、陰極層 1 6 b の形成方法は、当該技術分野における様々な方法、例えば真空蒸着法やスパッタリング法等によって行うことができる。

【 0 0 5 0 】

なお、この発光素子 1 は、基板 1 1 の表面に、陽極層 1 2 a と、強磁性体層 1 2 b と、絶縁体層 1 3 と、有機物層 1 4 と、絶縁体層 1 5 と、強磁性体層 1 6 a と、陰極層 1 6 b とを順に積層することにより作製することができる。

10

【 0 0 5 1 】

また、ここでは、陽極層 1 2 a 側に強磁性体層 1 2 b 及び絶縁体層 1 3 を、陰極層 1 6 b 側に絶縁体層 1 5 及び強磁性体層 1 6 a を備える発光素子 1 について説明したが、図 1 (b) に示すような、陽極層 1 2 a 側のみに絶縁体層 1 3 を備え、絶縁体層 1 5 を備えない発光素子 1 A としてもよいし、図 1 (c) に示すような、陰極層 1 6 b 側のみに絶縁体層 1 5 及び強磁性体層 1 6 a を備え、強磁性陽極 1 2 の代わりに陽極 1 2 B を備え、絶縁体層 1 3 を備えない発光素子 1 B としてもよい。そして、発光素子 1 と同様に、発光素子 1 A は、強磁性体層 1 2 b から有機物層 1 4 に絶縁体層 1 3 を介して効率良くスピン偏極正孔を注入することができ、また、発光素子 1 B は、強磁性体層 1 6 a から有機物層 1 4 に絶縁体層 1 5 を介して効率良くスピン偏極電子を注入することができ、発光層 1 4 b の発光効率を向上させることができる。なお、陽極 1 2 B は、陽極層 1 2 a と同様のもので構成することができる。

20

【 0 0 5 2 】

更に、図 1 (d) に示すように、発光素子 1 [図 1 (a) 参照] の絶縁体層 1 3 と有機物層 1 4 との間に導電性ポリマ層 1 8 C を、絶縁体層 1 5 と有機物層 1 4 との間に導電性ポリマ層 1 9 C を更に備える発光素子 1 C としてもよい。以下、発光素子 1 C に含まれる導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C について説明する。なお、発光素子 1 C 内の導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C 以外の層は、図 1 (a) に示したものと同一であるので、同一の符号を付し、説明を省略する。

30

【 0 0 5 3 】

(導電性ポリマ層)

導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C は、絶縁体層 1 3 と有機物層 1 4 との間、及び、絶縁体層 1 5 と有機物層 1 4 との間に形成され、導電性ポリマからなる層である。導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C は、絶縁体層 1 3 と有機物層 1 4 との間、及び、絶縁体層 1 5 と有機物層 1 4 との間のエネルギー障壁を低下させるバッファ層として機能する。これによって、ホール輸送層 1 4 a 及び電子輸送層 1 4 c に対して、更に効率的にキャリアを注入することができる。

【 0 0 5 4 】

この導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C は、ポリエチレンジオキシチオフェン (P E D O T) や、プリチオフェン等によって形成することができる。この導電性ポリマ層 1 8 C、1 9 C は、当該技術分野における様々な方法、例えば塗布法や真空蒸着法等によって行うことができる。

40

【 0 0 5 5 】

なお、本発明の発光素子は、陽極層 1 2 a 側及び陰極層 1 6 b 側の一方のみに強磁性体層 (1 2 b 又は 1 6 a)、絶縁体層 (1 3 又は 1 5) 及び導電性ポリマ層 (1 8 C 又は 1 9 C) を備える構成としてもよい。更に、ここでは、強磁性陽極 1 2 が陽極層 1 2 a 及び強磁性体層 1 2 b から構成され、強磁性陰極 1 6 が強磁性体層 1 6 a 及び陰極層 1 6 b から構成されることとしたが、本発明の発光素子の強磁性陽極及び強磁性陰極は、強磁性体層を有していればよく、例えば、強磁性体層のみから構成されることとしてもよい。また

50

、本発明の発光素子は、図 1 (a) ~ (d) に示した発光素子 1 ~ 1 C の各層の間にバッファ層 (図示せず) や、導電体からなる層 (図示せず) を更に備える構成としてもよいし、基板 1 1 と陽極層 1 2 a の間や陰極層 1 6 b の上に、更に保護層等を備えることとしてもよい。また、ここでは、発光素子 1 ~ 1 C は、基板 1 1 上に陽極層 1 2 a から順に積層された構成としたが、順番を逆にして基板 1 1 上に陰極層 1 6 b から順に積層された構成としてもよい。

【 0 0 5 6 】

[表示装置の構成]

次に、本発明の表示装置 (図示せず) の構成について説明する。本発明の表示装置は、本発明の発光素子 (1、1 A、1 B 又は 1 C) を有する。本発明の表示装置は、例えば、基板 1 1 上に 2 次元方向に発光素子 (1、1 A、1 B 又は 1 C) を複数配列して複数のサブピクセルを形成することで、有機 E L ディスプレイとして構成することとしてもよい。そして、発光素子 (1、1 A、1 B 又は 1 C) を備える構成とすることで、本発明の表示装置は、発光効率の高い表示装置となる。

【 0 0 5 7 】

[発光素子の動作]

続いて、図 1 (a) を参照して、本発明における発光素子 1 の発光の動作について説明する。なお、発光素子 1 A ~ 1 C も同様の動作であるため、ここでは発光素子 1 の場合についてのみ説明することとする。

【 0 0 5 8 】

まず、陽極層 1 2 a と陰極層 1 6 b との間を通電すると、強磁性体層 1 2 b から供給されたスピン偏極正孔は、絶縁体層 1 3 をトンネル効果により通過してホール輸送層 1 4 a に注入され、ホール輸送層 1 4 a から発光層 1 4 b に輸送される。同時に、強磁性体層 1 6 a から供給されたスピン偏極電子は、絶縁体層 1 5 をトンネル効果により通過して電子輸送層 1 4 c に注入され、電子輸送層 1 4 c から発光層 1 4 b に輸送される。そして、発光層 1 4 b において、ホール輸送層 1 4 a からの正孔と、電子輸送層 1 4 c からの電子とが再結合し、励起子が生成されて発光する。

【 実施例 】

【 0 0 5 9 】

以下、図 2 を参照して、本発明に係る実施例について具体的に説明する。図 2 は、本発明における実施例の発光素子及び比較例の発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図である。

【 0 0 6 0 】

(表示装置の作製)

まず、図 2 に示すような発光素子 1 D を作製した。ここでは、発光素子 1 D をサブピクセルとして基板 1 1 上に 2 次元方向に複数配列した有機 E L ディスプレイ (表示装置、図示せず) を作製した。

【 0 0 6 1 】

まず、ガラスからなる基板 1 1 上に、スパッタリング法によって I T O を 1 5 0 n m の膜厚で成膜し、短冊状にパターニングして陽極層 1 2 a を形成した。続いて、陽極層 1 2 a と同じ形状のメタルマスク (図示せず) を基板 1 1 上に設置した。

【 0 0 6 2 】

そして、陽極層 1 2 a 及びメタルマスクの上に強磁性体層 1 2 b を形成した。このとき、表 1 に示すように、実施例 1、実施例 2、比較例 1 及び比較例 2 については、スパッタリング法によって C o F e を膜厚 3 n m に成膜し、比較例 3 については、F e を膜厚 3 n m に成膜した。なお、ここでは成膜時に磁界を印加することで、強磁性体層 1 2 b はその磁界の方向に磁化されている。

【 0 0 6 3 】

その後、絶縁体層 1 3 を形成した。このとき、表 1 に示すように、実施例 1、実施例 2 については、イオンビームスパッタリング法によって M g O を膜厚 2 n m に成膜し、比較

例 1 及び比較例 2 については、 Al_2O_3 を膜厚 1.5 nm に成膜した。このとき、室温で、ビーム電圧 850 V、電流 100 mA、ガス圧 0.02 Pa で MgO 及び Al_2O_3 のスパッタリングを行った。また、比較例 3 については、絶縁体層 13 を形成しなかった。

【0064】

続いて、導電性ポリマ層 18 C を形成した。このとき、表 1 に示すように、実施例 1、比較例 1 及び比較例 3 については、導電性ポリマ層 18 C を形成せず、実施例 2 及び比較例 2 については、塗布法によって PEDOT を膜厚 20 nm に成膜した。

【0065】

そして、真空蒸着法によって α -NPD を成膜してホール輸送層 14 a とし、更に Alq_3 を成膜して発光層 14 b とした。その後、陽極層 12 a に直交するメタルマスク（図示せず）を基板 11 上に設け、バッファ層 20 D として LiF と、陰極層 16 b として Al とを順に真空蒸着して成膜した。

【0066】

【表 1】

区分	No.	強磁性体層	絶縁体層	導電性ポリマ層
実施例	1	CoFe	MgO	—
	2	CoFe	MgO	PEDOT
比較例	1	CoFe	Al_2O_3	—
	2	CoFe	Al_2O_3	PEDOT
	3	Fe	—	—

【0067】

実施例 1 及び実施例 2 は、いずれも本発明で規制した条件を満足するものである。一方、比較例 1 から比較例 3 は MgO からなる絶縁体層 13 を備えないものである。

【0068】

（発光素子の評価）

このように作製された本発明に係る実施例 1 及び実施例 2 と、本発明で規制した条件を満足しない比較例 1 ～ 3 の発光素子 1 D を有する表示装置に電流を通電し、電圧・発光特性、外部量子効率、電流・発光特性及び電流・電圧特性を調べた。測定結果を図 3 に示す。図 3 は、実施例及び比較例の発光素子の発光特性を示すグラフ、(a) は、電圧と輝度の関係を示すグラフ、(b) は、電流密度と輝度の関係を示すグラフ、(c) は、電流密度と外部量子効率特性の関係を示すグラフ、(d) は、電圧と電流密度の関係を示すグラフである。

【0069】

図 3 (a) の比較例 1 における電圧と輝度の関係 33 を見ると、発光しはじめる電圧である閾値電圧が 15 V と大変高いが、実施例 1 における電圧と輝度の関係 31 を見ると、閾値電圧が 10 V 以下に低減しており、実施例 1 では比較例 1 に比べて効率良く発光層 14 b にスピン偏極正孔の注入ができていることが分かった。更に、それぞれ導電性ポリマ層 18 C を有する実施例 2 における電圧と輝度の関係 32 と、比較例 2 における電圧と輝度の関係 34 とを比較すると、実施例 2 は比較例 2 に比べて低電圧化が図れることが分かった。

【0070】

なお、比較例 3 における電圧と輝度の関係 35 と、実施例 1 における電圧と輝度の関係 31 とを比較すると、閾値電圧に大差がないものの、図 3 (b) の実施例 1、比較例 1 及び比較例 3 における電流密度と輝度の関係 41、43 及び 45 に示すように、実施例 1 では、比較例 1 及び比較例 3 に比べて、流した電流に対して輝度が大きいことが確認された。そのため、図 3 (c) の実施例 1、比較例 1 及び比較例 3 における電流密度と外部量子

効率の関係 5 1、5 3 及び 5 5 に示すように、実施例 1 では、比較例 1 及び比較例 3 に比べて外部量子効率が大きく向上することが確認された。

【0071】

一方で、図 3 (d) の実施例 1 及び比較例 3 における電圧と電流密度の関係 6 1 及び 6 5 に示すように、実施例 1 に比べて比較例 3 は、低電圧において電流密度は高いものの、図 3 (b) の比較例 3 における電流密度と輝度 4 5 に示すように電流密度あたりの輝度が低い。このことから比較例 3 では正孔が効率よく注入されていないことが分かる。すなわち、電子が陰極層 1 6 b から陽極層 1 2 a に一方的に流れているだけで正孔の生成がないことが分かる。

【0072】

10

また、実施例 2 及び比較例 2 における電流密度と外部量子効率の関係 5 2、5 4 に示すように、実施例 2 についても、比較例 2 に比べて外部量子効率が向上することが確認された。

【0073】

更に、導電性ポリマ層 1 8 C を備えない実施例 1 と導電性ポリマ層 1 8 C を備える実施例 2 とを比較すると、図 3 (a) に示すように、実施例 2 は、実施例 1 に比べて閾値電圧が大きく低下し、また、図 3 (b) に示すように、流した電流に対して輝度が大きく、そのため、図 3 (c) に示すように、外部量子効率が大きく向上した。

【0074】

なお、比較例 3 は強磁性体層 1 2 b を Fe により形成したが、Co と Fe とでは仕事関数が近い (Co は 4.41、Fe は 4.47) ことから、強磁性体層 1 2 b が Co Fe からなる場合と同様の結果が得られる。

20

【図面の簡単な説明】

【0075】

【図 1】本発明における発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(a) は、強磁性体層及び絶縁体層をそれぞれ陽極側と陰極側とに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(b) は、強磁性体層をそれぞれ陽極側と陰極側とに、絶縁体層を陽極側のみに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(c) は、強磁性体層及び絶縁体層を陰極側のみに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図、(d) は、強磁性体層、絶縁体層及び導電性ポリマ層をそれぞれ陽極側と陰極側とに備える発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図である。

30

【図 2】本発明における実施例の発光素子及び比較例の発光素子の構成を模式的に示した拡大断面図である。

【図 3】本発明における実施例の発光素子及び比較例の発光素子の発光特性を示すグラフ、(a) は、電圧と輝度 4 5 の関係を示すグラフ、(b) は、電流密度と輝度 4 5 の関係を示すグラフ、(c) は、電流密度と外部量子効率特性の関係を示すグラフ、(d) は、電圧と電流密度の関係を示すグラフである。

【図 4】従来の発光素子の構成を模式的に示す拡大断面図、(a) は、従来の一般的な発光素子の拡大断面図、(b) は、従来の強磁性体層を有する発光素子の拡大断面図である。

40

【符号の説明】

【0076】

1、1 A、1 B、1 C、1 D 発光素子

1 1 基板

1 2 a 陽極層

1 2 b、1 6 a 強磁性体層

1 3、1 5 絶縁体層

1 4 有機物層

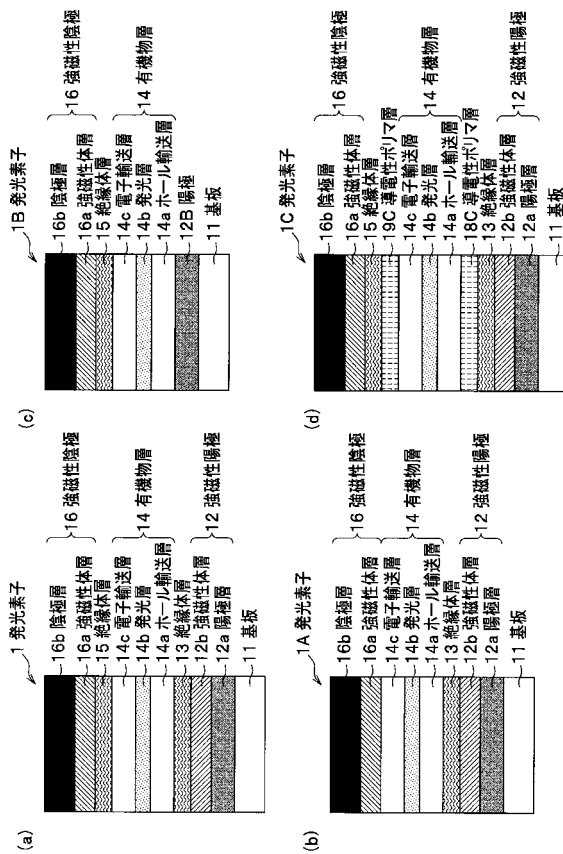
1 4 a ホール輸送層

1 4 b 発光層

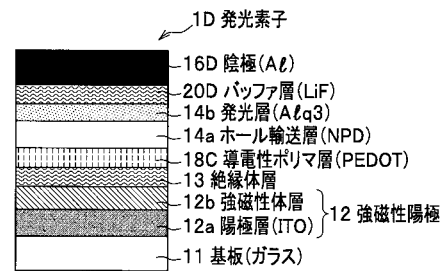
50

- 14c 電子輸送層
 16b 陰極層
 18C、19C 導電性ポリマ層

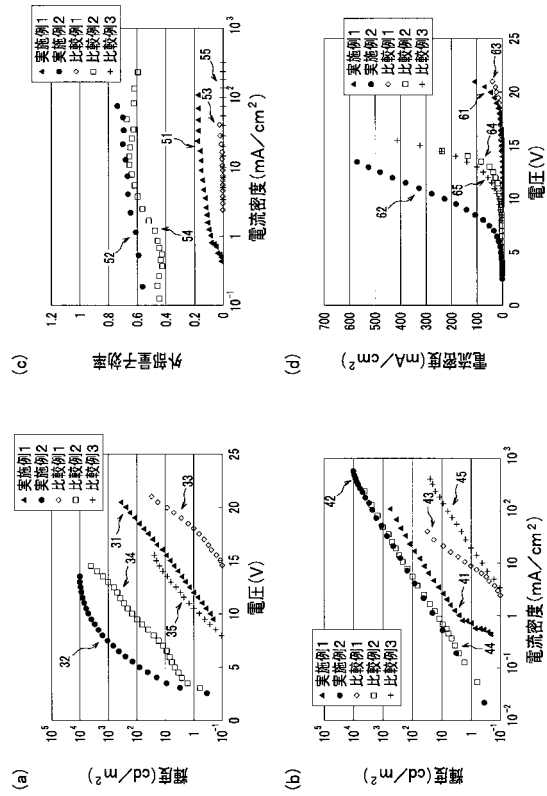
【図1】



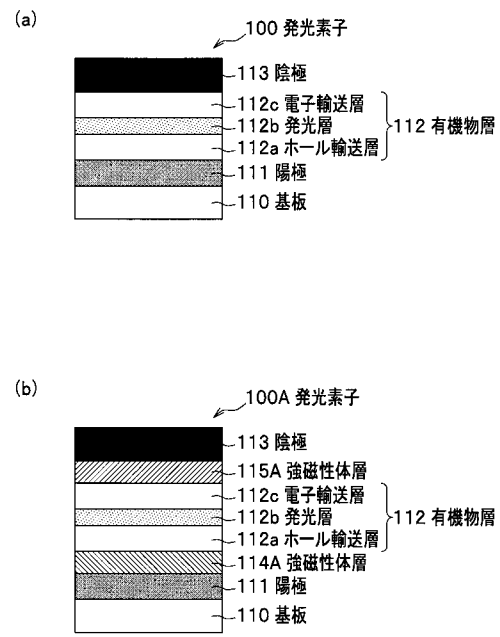
【図2】



【図 3】



【図 4】



フロントページの続き

(72)発明者 田中 功

東京都世田谷区砧一丁目10番11号

日本放送協会放送技術研究所内

(72)発明者 久我 淳

東京都世田谷区砧一丁目10番11号

日本放送協会放送技術研究所内

審査官 野田 洋平

(56)参考文献 特開2004-296224(JP,A)

特開2003-086383(JP,A)

特開平05-003080(JP,A)

特開2002-175888(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H05B 33/00 - 33/28

H01L 51/50

G09F 9/30

H01L 27/32

JSTPlus(JDreamII)

专利名称(译)	发光装置和显示装置		
公开(公告)号	JP4764328B2	公开(公告)日	2011-08-31
申请号	JP2006351953	申请日	2006-12-27
[标]申请(专利权)人(译)	日本放送协会		
申请(专利权)人(译)	日本广播公司		
当前申请(专利权)人(译)	日本广播公司		
[标]发明人	青島賢一 時任静士 田中功 久我淳		
发明人	青島 賢一 時任 静士 田中 功 久我 淳		
IPC分类号	H05B33/26 H05B33/22 H01L51/50 G09F9/30 H01L27/32		
FI分类号	H05B33/26.Z H05B33/22.Z H05B33/14.A G09F9/30.365.Z G09F9/30.365 H01L27/32		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC04 3K107/DD24 3K107/DD29 3K107/DD46X 3K107/DD46Y 3K107/DD72 3K107/DD75 3K107/DD79 3K107/DD84 5C094/AA10 5C094/AA22 5C094/AA24 5C094/BA27 5C094/DA13 5C094/FB01 5C094/FB15 5C094/FB20		
代理人(译)	悦生田田		
审查员(译)	野田洋平		
其他公开文献	JP2008166034A		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提供具有高发光效率的发光元件，其能够有效地注入空穴和电子，从含有铁磁材料的金属材料自旋极化成有机材料。
ŽSOLUTION：发光元件通过电发光并且具有铁磁阳极（阳极）12以及铁磁阴极（阴极）16，在铁磁阳极之间形成的有机电致发光中发光的有机物质层14如图12所示，铁磁阴极（阴极）16和绝缘体层13,15由绝缘体制成。铁磁阳极12以及铁磁阴极16设置有铁磁层12b，16a，每个铁磁层包含铁磁材料，绝缘层13,15设置有由MgO制成的层，以形成在铁磁层12b，16a之间。此外，发光元件1C设置有导电聚合物层18C，19C，其包含在绝缘体层13,15和有机物质层14之间的导电聚合物。

】 3 4 【

1 【

一重項・ $\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\left|\uparrow\right\rangle_e\left|\downarrow\right\rangle_h-\left|\downarrow\right\rangle_e\left|\uparrow\right\rangle_h\right)$

...

三重項・ $\left|\uparrow\right\rangle_e\left|\uparrow\right\rangle_h$

...

・ $\frac{1}{\sqrt{2}}\left(\left|\uparrow\right\rangle_e\left|\downarrow\right\rangle_h+\left|\downarrow\right\rangle_e\left|\uparrow\right\rangle_h\right)$

...

・ $\left|\downarrow\right\rangle_e\left|\downarrow\right\rangle_h$

...

】 3 5 【