

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局



(43) 国際公開日
2011 年 12 月 29 日(29.12.2011)

PCT

(10) 国際公開番号
WO 2011/161998 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 33/02 (2006.01) H05B 33/28 (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/057050
- (22) 国際出願日: 2011 年 3 月 23 日(23.03.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-145670 2010 年 6 月 25 日(25.06.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について): パナソニック電気株式会社(PANASONIC ELECTRIC WORKS CO., LTD.) [JP/JP]; 〒5718686 大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
- (75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 中村 将啓 (NAKAMURA, Masahiro) [JP/JP]; 〒5718686 大阪府門真市大字門真 1 0 4 8 番地 パナソニック電気株式会社内 Osaka (JP). 福崎 僚三 (FUKUZAKI, Ryoza) [JP/JP]; 〒5718686 大阪府門真

市大字門真 1 0 4 8 番地 パナソニック電気株式会社内 Osaka (JP).

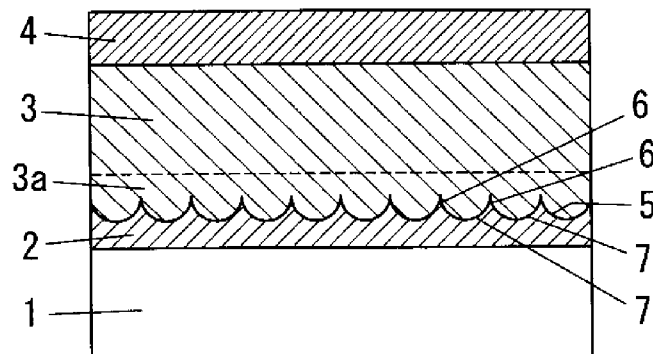
- (74) 代理人: 西川 恵清, 外(NISHIKAWA, Yoshiakiyo et al.); 〒5300001 大阪府大阪市北区梅田 1 丁目 1 2 番 1 7 号 梅田スクエアビル 9 階 北斗特許事務所 Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR,

[続葉有]

(54) Title: ORGANIC EL ELEMENT

(54) 発明の名称 : 有機 EL 素子

[図1]



(57) Abstract: Disclosed is an organic EL element wherein light is extracted at a high efficiency and visibility is improved. The organic EL element is provided with a pair of electrodes (2, 4) and an organic layer (3) having at least one organic light-emitting layer. A fine periodic structure (5), in which the sequence period is less than or equal to the wavelength of light generated at the organic light-emitting layer, is formed on the surface of the electrode (first electrode (2)) on the light extraction side and/or the surface of a substrate (1) disposed on the light extraction side. The refractive index of a region neighboring the aforementioned electrode on the side opposing the organic layer (3) is represented by n_1 , the refractive index of the aforementioned electrode is represented by n_2 , and the refractive index of the organic layer (3) neighboring said electrode is represented by n_3 . When $n_1 \leq n_3$, the relationship $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ or $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ is established, and when $n_3 \leq n_1$, the relationship $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ or $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ is established. As a consequence, it is possible to prevent incident light having an angle less than the critical angle from being reflected, and to improve the light extraction efficiency of incident light having an angle equal to or greater than the critical angle. Moreover, it is possible to reduce outside light from being reflected.

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2011/161998 A1



GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, 添付公開書類:

NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI

(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR,

NE, SN, TD, TG).

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

高効率の光取り出しと視認性の向上とを両立させた有機EL素子を提供する。 一対の電極 2, 4 と、少なくとも一つの有機発光層を有する有機層 3 とを含む有機EL素子である。光取り出し側の電極 (第 1 電極 2) 又は光取り出し側に配置された基板 1 の少なくとも一方の面に配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造 5 が形成される。前記有機層 3 と反対側において前記電極と隣接する領域の屈折率を n_1 とし、前記電極の屈折率を n_2 とし、前記電極と隣接する有機層 3 の屈折率を n_3 とした場合、 $n_1 \leq n_3$ のときには、 $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 、又は、 $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ の関係が成り立ち、 $n_3 \leq n_1$ のときには、 $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ 、又は、 $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ の関係が成り立つ。臨界角未満の入射光の反射を抑制し、また、臨界角以上の入射光の光取り出し効率を向上し、さらに、外光の反射を低減させることができる。

明 細 書

発明の名称：有機ＥＬ素子

技術分野

[0001] 本発明は、照明器具、液晶バックライト、各種ディスプレイ、表示装置などに用いられる有機エレクトロルミネッセンス素子に関する。

背景技術

[0002] 従来、面発光体の代表的なものとして、有機ＥＬ素子（有機エレクトロルミネッセンス素子）が知られている。

[0003] 図５に、従来の有機ＥＬ素子の一例を示す。この有機ＥＬ素子は、光透過性の基板１の表面に光透過性の第１電極２を設け、この第１電極２の上に、有機エレクトロルミネッセンス材料からなる有機発光層を含む有機層３を設け、この有機層３の上に光反射性の第２電極４を設けることによって形成されている。そして、第１電極２と第２電極４との間に電圧を印加することによって有機層３で発光した光が、第１電極２及び基板１を通過して外部に取り出される。

[0004] このように図示の形態の有機ＥＬ素子は、有機層３で発光した光を第１電極２と基板１を通して外部に取り出すものであるが、光が第１電極２と基板１の屈折率差により、界面で全反射すると、光の取り出し効率が低下することとなる。そこで、光取り出し効率を向上させる手法として、従来からいくつかの提案がなされている。

[0005] 特許文献１には、光の取り出し側の基板の内部または外部に、散乱粒子やレンズシートなどからなる光散乱部が設けられた有機ＥＬ発光装置が記載されている。

[0006] 特許文献２には、透明基板上に透明樹脂層、透明電極、有機ＥＬ層、金属電極が形成され、透明樹脂層が透明電極の側に複数の逆ドーム形状を有している有機ＥＬ素子が記載されている。発光して透明基板側へ向かう光に対し、逆ドーム形状の透明樹脂層が凸レンズとして機能することを特徴としてい

る。

[0007] また、外光の反射を低減し、取り出した光の視認性を高める提案もなされている。

[0008] 特許文献3には、電力と光学的状態とが関連する変換層と、この変換層に関わる電極層とを有する構造で、電極層の外界に向いた側の少なくとも一部に、モス・アイ構造を備えた光吸収領域を有する光利用装置が記載されている。外光の反射が生じる金属電極外部にモス・アイ構造を形成することにより、反射を抑制して発光層からの光のコントラストの低下を抑制することを特徴としている。

先行技術文献

特許文献

[0009] 特許文献1：特開平8－83688号公報

特許文献2：特開2004－47383号公報

特許文献3：特開2004－258364号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0010] 特許文献1のような光散乱部を形成した場合、光が前方散乱されることにより、電極と基板の界面や、基板と外部との界面での臨界角以下の光の量が増え、全反射する光の量が低減すると考えられる。しかしながら、その一方で、もともと光散乱部で散乱される前から臨界角以内である光も散乱されてしまい、散乱された光は他の電極で反射される際に一部吸収されてしまうため、光の取り出し量が劇的には増加しないという問題があるものと考えられる。

[0011] また、特許文献2のようなレンズ機能を有する構造を形成した場合、界面に臨界角以上で入射される光を臨界角以内に屈折させることで、光の取り出し量を増加させることができる。しかしながら、レンズ機能を有する構造とその構造と接する層の界面には屈折率段差が形成される。このため、入射角

に依存しない屈折率段差のみにより生じる反射は低減することができず、光の取り出し効率の大幅な増大は望めないといった問題があるものと考えられる。

[0012] また、特許文献3においては、モス・アイ構造が外光の反射を低減する目的で用いられており、この有機EL素子では、光取り出し側とは反対側の金属電極表面にモス・アイ構造が形成されているため、この構造は光取り出し効率の向上に寄与できないものと考えられる。

[0013] 本発明は上記の課題に鑑みてなされたものであり、高効率の光取り出しと視認性の向上とを両立させた有機EL素子を提供することを目的とするものである。

課題を解決するための手段

[0014] 第一発明に係る有機EL素子は、一対の電極と、少なくとも一つの有機発光層を有する有機層とを含む有機EL素子であって、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面又は光取り出し側に配置された基板の少なくとも一方の面に、配列周期が前記有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造が形成され、前記有機層と反対側において前記光取り出し側の電極と隣接する領域の屈折率を n_1 とし、前記光取り出し側の電極の屈折率を n_2 とし、前記光取り出し側の電極と隣接する有機層の屈折率を n_3 とすると、 $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 、又は、 $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ の関係が成り立つことを特徴とする。

[0015] 第二発明に係る有機EL素子は、一対の電極と、少なくとも一つの有機発光層を有する有機層とを含む有機EL素子であって、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面又は光取り出し側に配置された基板の少なくとも一方の面に、配列周期が前記有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造が形成され、前記有機層と反対側において前記光取り出し側の電極と隣接する領域の屈折率を n_1 とし、前記光取り出し側の電極の屈折率を n_2 とし、前記光取り出し側の電極と隣接する有機層の屈折率を n_3 とすると、 $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ 、又は、 $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ の関係が成り立つことを特徴とする。

[0016] 上記有機EL素子にあつては、前記光取り出し側の電極は、透光性を有す

る樹脂と微細導電性物質とを含むことが好ましい。その場合、前記微細導電性物質は反射率が50%以上であることが好ましい。また、前記微細導電性物質は異方性の散乱を生じさせるものであることが好ましい。また、前記微細導電性物質が銀ナノワイヤーであることが好ましい。

[0017] 上記有機EL素子にあっては、前記光取り出し側の電極又は前記光取り出し側に配置された基板は、表面に単数又は複数の凹部又は凸部を有して微細周期構造が形成されていることが好ましい。

[0018] 上記有機EL素子にあっては、前記光取り出し側の電極又は前記光取り出し側に配置された基板は、表面に凹部又は凸部を有し、平面視した場合に、凹部又は凸部がストライプ状、格子状、同心円状、及び、ハニカム状のいずれかの形状で配置されて微細周期構造が形成されていることが好ましい。

発明の効果

[0019] 本発明によれば、臨界角未満の入射光の反射を抑制し、また、臨界角以上の入射光の光取り出し効率を向上し、さらに、外光の反射を低減させることができ、高効率の光取り出しと視認性の向上とを両立させた有機EL素子を得ることができる。

図面の簡単な説明

[0020] [図1]本発明の有機EL素子の実施の形態の一例を示す概略断面図である。

[図2]本発明の有機EL素子の実施の形態の他の一例を示す概略断面図である。

[図3] (a) ~ (d) は、本発明の有機EL素子の実施の形態の他の一例を説明する斜視図である。

[図4]本発明の有機EL素子の実施の形態の他の一例を示し、(a)は概略断面図、(b)は(a)の一部拡大図である。

[図5]従来の有機EL素子の一例を示す概略断面図である。

発明を実施するための形態

[0021] 以下、本発明を実施するための形態について説明する。

[0022] 図1に、本発明に係る有機EL素子の層構成の一例を示す。この有機EL

素子は、光透過性の基板 1 の表面に光透過性の第 1 電極 2 を設け、この第 1 電極 2 の表面に、有機エレクトロルミネッセンス材料からなる有機発光層を含む有機層 3 を設け、さらにこの有機層 3 の表面に光反射性の第 2 電極 4 を設けることによって形成されている。そして、第 1 電極 2 と第 2 電極 4 との間に電圧を印加することによって有機層 3 で発光した光が、第 1 電極 2 及び基板 1 を通過して外部に取り出されるものであり、図 1 の形態は、基板 1 を介して光が取り出されるボトムエミッション構造と呼ばれる有機 EL 素子である。第 1 電極 2 と第 2 電極 4 のうち一方の電極が正極となり他方が陰極となるが、図示の形態では、第 1 電極 2 が正極、第 2 電極 4 が陰極となっている。そして、このような構成の有機 EL 素子の場合、上記課題を解決するためには、光取り出し側に配置される基板 1 と透明電極である第 1 電極 2 との界面、及び、基板 1 と外部との界面における屈折率差を低減させれば、光の反射を低減させることができる。また、透明電極である第 1 電極に光散乱を生じさせる導電性粒子を含むことなどにより臨界角以上の入射角を臨界角以内に屈折させれば、光取り出し効率を向上させることができる。

[0023] そこで、図 1 の形態においては、光取り出し側の電極である第 1 電極 2 の有機層 3 側の表面に、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下、すなわちこの電極に入射する光の波長以下である微細周期構造 5 が形成されている。微細周期構造 5 は、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面に設けられていればよい。したがって、図示の形態に限られることはなく、第 1 電極 2 の基材 1 側の表面に、すなわち、第 1 電極 2 の基材 1 側の表面のみに、あるいは第 1 電極 2 の表裏両面に、微細周期構造 5 が形成されていてもよい。それらの中でも、図示の形態のように、第 1 電極 2 の有機層 3 側の表面に、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造 5 が形成されていることが、視認性の向上、光取り出し効率向上の観点から、好ましい。さらに、透明電極である第 1 電極に光散乱を生じさせる導電性粒子を含むことが、更なる光取り出し効率向上の観点から好ましい。

[0024] 図示の例では、微細周期構造 5 として、電極の表面で突出する複数の凸部

6が一定ピッチで複数並び、隣り合う凸部6，6間が断面半円形状の凹部7となった微細周期構造5が、模式的に示されている。この構造では配列周期は隣り合う凹部7，7（又は凸部6，6）の中心間距離となる。

[0025] 図1の形態においては、有機層3とは反対側で第1電極2と隣接する領域は基板1となっている。また、有機層3は、通常、有機発光層を含む複数の層からなるものであるが、有機層3を構成する複数の層のうち第1電極2と隣接する層が、微細周期構造5が設けられた電極に隣接する有機層3aとなっている。そして、基板1の屈折率を n_1 とし、第1電極2の屈折率を n_2 とし、有機層3aの屈折率を n_3 とすると、 $n_1 \leq n_3$ のときには、 $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 、又は、 $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ の関係が成り立つようにする。また、基板1の屈折率を n_1 とし、第1電極2の屈折率を n_2 とし、有機層3aの屈折率を n_3 とした場合、 $n_3 \leq n_1$ のときには、 $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ 、又は、 $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ の関係が成り立つようにする。

[0026] このように、第1電極2の少なくとも一方の面に有機発光層で生じる光の波長以下の微細周期構造5を形成し、屈折率を上記のような関係にすることで、基材1と第1電極2に隣接する有機層3aとの屈折率段差を傾斜させることができる。また、微細周期構造5によって外光を反射しにくくすることができる。したがって、屈折率段差により生じる界面反射を低減することができ、また、外光の反射を低減することができ、光取り出しの高効率化と視認性の向上とを両立できるものである。

[0027] 図2に、本発明に係る有機EL素子の層構成の他の一例を示す。この有機EL素子は、基板1の表面に光反射性の第2電極4を設け、この第2電極4の表面に、有機エレクトロルミネッセンス材料からなる有機発光層を含む有機層3を設け、この有機層3の表面に光透過性の第1電極2を設けることによって形成されている。そして、第1電極2と第2電極4との間に電圧を印加することによって有機層3で発光した光が、第1電極2を通過して外部に取り出されるものであり、図2の形態は、基板1を介さずに、基板1とは有機層3を挟んで反対側にある透明電極から光が取り出されるトップエミッシ

ョン構造と呼ばれる有機EL素子である。第1電極2と第2電極4のうち一方の電極が正極となり他方が陰極となるが、図示の形態では、第1電極2が正極、第2電極4が陰極となっている。そして、このような構成の有機EL素子の場合、上記課題を解決するためには、透明電極と外部の界面における屈折率差を低減させれば、反射を低減させることができる。また、透明電極である第1電極に光散乱を生じさせる導電性粒子を含むことで、臨界角以上の入射角を臨界角以内に屈折させれば、光取り出し効率を向上させることができる。

[0028] そこで、図2の形態においては、光取り出し側の電極である第1電極2の有機層3とは反対側の表面（外部表面）に、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下、すなわちこの電極に入射する光の波長以下である微細周期構造5が形成されている。微細周期構造5は、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面に設けられていればよい。したがって、図示の形態に限られることはなく、第1電極2の有機層3側の表面に、すなわち、第1電極2の有機層3側の表面のみに、あるいは第1電極2の表裏両面に、微細周期構造5が形成されていてもよい。それらの中でも、図示の形態のように、第1電極2の有機層3とは反対側の外部に露出する表面に、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造5が形成されていることが、視認性の向上、光取り出し効率向上の観点から、好ましい。

[0029] 図示の例では、図1の場合と同様、微細周期構造5として、電極の表面で突出する複数の凸部6が一定ピッチで複数並び、隣り合う凸部6，6間が断面半円形状の凹部7となった微細周期構造5が、模式的に示されている。この構造では配列周期は隣り合う凹部7，7（又は凸部6，6）の中心間距離となる。

[0030] 図2の形態においては、有機層3とは反対側で第1電極2と隣接する領域は外部（空気層など）となっている。また、有機層3は、通常、有機発光層を含む複数の層からなるものであるが、有機層3を構成する複数の層のうち第1電極2と隣接する層が、微細周期構造5が設けられた電極に隣接する有

機層 3 a となっている。そして、外部（空気層など）の屈折率を n_1 とし、第 1 電極 2 の屈折率を n_2 とし、隣接する有機層 3 a の屈折率を n_3 とすると、 $n_1 \leq n_3$ のときには、 $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 、又は、 $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ の関係が成り立つようにする。また、外部（空気層など）の屈折率を n_1 とし、第 1 電極 2 の屈折率を n_2 とし、隣接する有機層 3 a の屈折率を n_3 とした場合、 $n_3 \leq n_1$ のときには、 $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ 、又は、 $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ の関係が成り立つようにする。

[0031] このように、第 1 電極 2 の少なくとも一方の面に有機発光層で生じる光の波長以下の微細周期構造 5 を形成し、屈折率を上記のような関係にすることで、光が放出する外部と第 1 電極 2 に隣接する有機層 3 a との屈折率段差を傾斜させることができる。したがって、屈折率段差により生じる界面反射を低減することができ、また、外光の反射を低減することができ、光取り出しの高効率化と視認性の向上とを両立できるものである。

[0032] ここで、微細周期構造 5 とは、電極材料により構成される一定形状の微細な構造が単位構造となって周期的に配列した構造である。この構造は、モス・アイ構造と呼ばれるナノメートルオーダーの構造であってもよい。すなわち、突出又は凹入する複数の錐状体が周期的に配列したような構造である。そして、このようなモス・アイ構造などの微細周期構造 5 は、入射側から出射側に屈折率を傾斜させることができ、そのため無反射機能を発揮する。つまり、電極に微細周期構造 5 を設けて屈折率を傾斜させれば界面での反射の低減により光取り出し効率を向上させることができ、また、この微細周期構造 5 によって、外部から有機 EL 素子に入射する光（外光）の反射も低減することができ、取り出された光を見やすくし、視認性を向上することができるものである。

[0033] 微細周期構造 5 においては、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下となっている。すなわち、有機発光層で発光され、微細周期構造 5 を有する電極の微細周期構造 5 が形成された面に入射する光の波長（入射波長）以下の長さのピッチで、一定形状の微細な構造が配列されて、微細周期構造 5 が

形成されている。配列周期が入射波長よりも大きくなると屈折率を傾斜させることができなくなるために、微細周期構造 5 においては、配列周期を入射波長以下とするものである。また、この配列周期は、可視光などの外光（外部からの光）の波長以下であることがより好ましい。それによって、外光の反射を確実に低減することができる。配列周期は、有機発光層で生じる光の波長以下となれば特に限定されるものではないが、例えば、10～1000 nm 程度の周期（ピッチ）にすることができる。

[0034] 上記のように、微細周期構造 5 は、光取り出し側の電極となる第 1 電極 2 の表面に、断面視において凹凸形状となるように、単数又は複数の凹部 7 又は凸部 6 を有して形成されるものであるが、この凹部 7 や凸部 6 は、規則的に、ある所定のパターンを形成して配置されていてもよい。

[0035] 図 3 に、微細周期構造 5 のパターンの一例を示す。図示の例では、第 1 電極 2 の表面に微細周期構造 5 が形成された様子を示している。図 3（a）は、電極の表面に直線状に凹入する凹部 7（あるいは突出する凸部 6）が一定ピッチで平行に複数並んだストライプ状の微細周期構造 5 の例である。図 3（b）は、電極の表面に格子状に凹入する凹部 7（あるいは突出する凸部 6）によって形成された格子状の微細周期構造 5 の例である。図示の形態では、格子形状は基盤目状（直交する複数の直線状の凹部 7 又は凸部 6 で単位構造を正形状にした形状）となっているが、他の格子形状（長方形や平行四辺形を単位構造にした形状）であってもよい。図 3（c）は、電極の表面に円状に凹入する複数の凹部 7（あるいは突出する凸部 6）が一定ピッチで同心円状に配置された同心円状の微細周期構造 5 の例である。この形態では、凹部 7 又は凸部 6 により形成される円の直径が円中心から外側に向かって一定量ごとに大きくなっている。円形は真円であっても楕円であってもよい。図 3（d）は、電極の表面に正六角形状に凹入する凹部 7（あるいは突出する凸部 6）が蜂の巣状に細密充填されたハニカム状の微細周期構造 5 の例である。このように、微細周期構造 5 が所定の形状となることにより、微細周期構造 5 に入射される光の反射を低減することができ、さらに効率よく光取

り出すことができるとともに、視認性を向上することができるものである。

[0036] 図4に、有機EL素子の実施の形態の他の一例を示す。この形態では、図1の形態において、断面形状において複数の凸形状8（あるいは凹形状9）が、基板1の第1電極2側に形成されている。図示の形態では、微細周期構造5の配列周期のピッチよりも大きい凸形状8と凹形状9とが所定のピッチで交互に複数並んでいる。凸形状8あるいは凹形状9は単数であってもよい。凸形状8あるいは凹形状9は基板1の表面に点状に形成されていても、線状に形成されていてもよい。また、凸形状8と凹形状9とが複合化された複合形状であってもよい。そして、P部分の拡大図である図4（b）に示すように、第1電極2には配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造5が有機層3側に形成されている。この微細周期構造5は、基板1に形成された凹凸形状によって、発光面に対して傾斜して配置されている。このように、基板1の表面に凹凸形状を形成することにより、さらに微細周期構造5に入射される光の反射を低減することができ、高効率の光取り出しと視認性の向上とを両立することができるものである。

[0037] 有機EL素子にあっては、光取り出し側に基板1が配置される場合、この基板1の少なくとも一方の面、すなわち外部側の表面又は第1電極2側の表面に、配列周期が有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造5が形成されていてもよい。この場合においても、光取り出し効率を向上することができ、視認性を高めることができる。そして、基板1に微細周期構造5が形成された場合、第1電極2は微細周期構造5を有していてもよく、また有していなくてもよい。

[0038] 基板1に形成される場合の微細周期構造5の形状等は、第1電極2に形成する場合と同様のものとすることができる。すなわち、基板1の表面に単数又は複数の凹部7又は凸部6を設けて微細周期構造5を形成することができ、また、表面を平面視した場合に、凹部7又は凸部6がストライプ状、格子状、同心円状、及び、ハニカム状のいずれかの形状で配置されるようにして微細周期構造5を形成することができる。

- [0039] 基板 1 としては、特に制限されることはなく適宜の基板材料によって形成されたものを使用することができる。ただし、基板 1 を介して光を取り出す場合には、光を透過させるものを用いるようにする。基板 1 の材料としては、例えば、ソーダガラスや無アルカリガラス等のリジッドな透明ガラス板、ポリカーボネートやポリエチレンテレフタレート等のフレキシブルな透明プラスチック板などを用いることができる。
- [0040] 基板 1 の表面は平坦であってもよく、あるいは、上述したように、断面形状において単数あるいは複数の凸形状 8 又は凹形状 9 が設けられていてもよい。基板 1 の表面に単数もしくは複数の凸形状 8 もしくは凹形状 9 を形成する方法としては、光や電子線によるリソグラフィを用いて直接基板 1 を加工する方法などが挙げられるが、これに限定されるものではない。
- [0041] 基板 1 の屈折率としては、 $1.2 \sim 1.8$ であることが好ましい。図 1 の形態においては、基板 1 の屈折率が n_1 となる。基板 1 の屈折率をこの範囲にすることで、上記の屈折率の関係を成り立ちやすくすることができる。なお、図 2 の形態では、外部（空気層）の屈折率が n_1 となる。通常、空気の屈折率は 1 程度である。
- [0042] 光取り出し側の電極である第 1 電極 2 は、導電性物質により形成することができる。導電性物質としては、銀、インジウム－錫酸化物（ITO）、インジウム－亜鉛酸化物（IZO）、錫酸化物、Au 等の金属の微粒子、導電性高分子、導電性の有機材料、ドーパント（ドナーまたはアクセプタ）含有有機層、導電体と導電性有機材料（高分子含む）の混合物を挙げることができる。
- [0043] 光取り出し側の電極は、透光性のある樹脂と微細導電性物質とを含む材料により形成されることが好ましい。その場合、微細周期構造 5 を有することとなる光取り出し側の電極が、透光性のある樹脂と微細導電性物質を含むことで、導電性と散乱性を付与することができる。すなわち、微細周期構造 5 により、屈折率段差により生じる界面反射の低減、および、外光の反射の低減をすることができるとともに、散乱性を付与することで、電極と、この電

極の有機発光層が形成された面と反対面に隣接する領域との間で全反射する光を散乱させて、全反射の抑制ができる。これにより、さらに、高効率の光取り出しと、視認性の向上とを両立することができるものである。また、樹脂を含む材料で電極を形成することで微細周期構造5を簡単に形成することが可能となる。

[0044] 微細導電性物質としては、反射率が50%以上であることが好ましい。すなわち、微細周期構造5に入射される光の波長において、光の反射率が50%以上となるものである。その場合、微細導電性物質での光の吸収を低減することができ、さらに、高効率の光取り出しと視認性の向上とを両立することができるものである。

[0045] また、微細導電性物質が、異方性の散乱を生じさせるものであることも好ましい。すなわち、微細周期構造5を有する電極に入射される光が異方性をもって散乱するものである。その場合、微細導電性物質が異方性の散乱を生じることで、より効果的な光取り出し効果が期待できる。すなわち、微細周期構造5により、屈折率段差により生じる界面反射の低減、および、外光の反射の低減をすることができるとともに、異方散乱性を付与することで電極と、この電極の有機発光層が形成された側と反対側に隣接する領域との間で全反射する光をより効果的に抑制することができる。これにより、高効率の光取り出しと、視認性の向上とをさらに両立することができるものである。異方性の散乱を生じさせるためには、微細導電性物質の形状を、球形状などの異方性のないものではなく、異方性のある形状にすることが好ましい。例えば、長径と短径との差が大きい形状の金属ナノ粒子や、金属がナノサイズでワイヤー状となった金属ナノワイヤーを用いれば異方性の散乱を生じさせやすくすることができる。

[0046] 微細導電性物質は、導電性を有する材料により構成されるものであり、その粒子径は、球状粒子の場合、粒子径1~100nmであることが好ましく、ワイヤー状粒子の場合、直径1~100nm、アスペクト比1~100であることが好ましい。粒径やアスペクト比がこの範囲から外れると、光の取り

出し効率が悪くなるおそれがある。粒子径は、例えば、ダイナミック光散乱光度計(DLS-8000、大塚電子社製)を用いて測定することができる。

[0047] 微細導電性物質としては、導電性ナノ粒子、導電性ナノワイヤーを用いることができ、例えば、金属ナノ粒子、金属ナノワイヤーを用いることが好ましい。そして、反射率の高い銀を用いることが好ましい。さらにその中でも、銀ナノワイヤーを用いることがより好ましい。その場合、微細導電性物質が銀ナノワイヤーであることで、反射率を高くし、異方性の散乱を生じさせることができるものであり、屈折率段差により生じる界面反射を低減し、かつ、外光の反射を低減することができるとともに、微細導電性物質での吸収を低減し、この電極の有機発光層が形成された面と反対面に隣接する領域との間で反射する光をより効果的に抑制することができる。これにより、高効率の光取り出しと視認性の向上とをさらに両立することができるものである。

[0048] 微細周期構造5は、光や電子線によるリソグラフィやナノインプリントによる方法などによって形成することができる。特にナノインプリントはナノオーダーの周期構造を形成するのに簡便な方法である。すなわち、電子ビーム等により加工された数十～数百nmの凹凸構造を有するスタンプを、基板上に形成された柔らかいレジスト薄膜状の電極層に押し付けて剥離することにより凹凸構造パターンを形成することができるものである。電子ビームの代わりにドライエッチングを用いてもよい。あるいは、ウェットエッチングプロセスを用いてもよい。スタンプは、Si、SiO₂などの基板に、リソグラフィ、エッチング技術、FIB等の電子線直描技術によって、少なくとも一つの凹凸部を有するように作製される。基板1に微細周期構造5を形成する場合は、このスタンプを基板1として用いればよい。微細周期構造5の凹凸の高さ(又は深さ)は、例えば、1～1000nmに、あるいは1～100nmに、具体的には10nm程度又は50nm程度にすることができるが、これに限定されるものではない。

[0049] 光取り出し側に配置され微細周期構造5を有する電極は、パターン形成さ

れるレジスト薄膜を作製する方法により形成することができる。例えば、導電性物質を含む樹脂などの材料をスピコート、スクリーン印刷、ディップコート、ダイコート、キャスト、スプレーコート、グラビアコートすることで形成することができる。

[0050] 光取り出し側に配置され微細周期構造 5 を有する電極に用いる樹脂としては、光透過性の樹脂が好ましく用いられる。例えば、アクリル樹脂、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリエチレンテレフタレート、ポリメチルメタクリレート、ポリスチレン、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリカーボネート樹脂、ポリウレタン、ポリアクリルニトリル、ポリビニルアセタール、ポリアミド、ポリイミド、ジアクリルフタレート樹脂、セルロース系樹脂、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリ酢酸ビニル、その他の熱可塑性樹脂や、これらの樹脂を構成する単量体の 2 種以上の共重合体が挙げられる。その中でも、PMMA（ポリメタクリル酸メチル）やポリスチレンを好適に用いることができる。電極における樹脂と微細導電性物質との含有量比は、電極を形成した際の体積比で、例えば、導電性物質：樹脂＝1：1～1：30 の範囲に設定することができる。含有量比がこの範囲になることにより、より容易に微細周期構造 5 を形成して光取り出し効率を向上させることができるものである。

[0051] 微細周期構造 5 の配列周期は、有機発光層で生じる光の波長以下、すなわち入射波長以下であり、微細周期構造 5 の単位構造は、放射線状、矩形状、V 字溝状など種々の構造をとることができる。また、電極の膜厚は特に制限されるものではないが、0.01～1 μm 程度の範囲が好ましい。

[0052] また、光取り出し側に配置され微細周期構造 5 が形成される電極の屈折率（ n_2 ）は、通常、1.3～2.0 の範囲であるが、基板 1 の屈折率と同じかそれよりも小さくなるように設定するようにすることが好ましい。この電極の屈折率が基板 1 の屈折率と同等以下であると、基板 1 を介して光を取り出す場合、この電極から基板 1 に入射される光が反射されることを低減することができ、光を外部に取り出す効率がより大きくなるものである。

[0053] 有機層 3 において、有機発光層を形成する有機 EL 材料としては、例えば、アントラセン、ナフタレン、ピレン、テトラセン、コロネン、ペリレン、フタロペリレン、ナフタロペリレン、ジフェニルブタジエン、テトラフェニルブタジエン、クマリン、オキサジアゾール、ビスベンゾキサゾリン、ビススチリル、シクロペンタジエン、キノリン金属錯体、トリス（8-ヒドロキシキノリナート）アルミニウム錯体、トリス（4-メチル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、トリス（5-フェニル-8-キノリナート）アルミニウム錯体、アミノキノリン金属錯体、ベンゾキノリン金属錯体、トリ（p-ターフェニル-4-イル）アミン、ピラン、キナクリドン、ルブレン、及びこれらの誘導体、あるいは、1-アリール-2, 5-ジ（2-チエニル）ピロール誘導体、ジスチリルベンゼン誘導体、スチリルアリーレン誘導体、スチリルアミン誘導体、及びこれらの発光性化合物からなる基を分子の一部に有する化合物あるいは高分子等が挙げられる。また上記化合物に代表される蛍光色素由来の化合物のみならず、いわゆる燐光発光材料、例えば Ir 錯体、Os 錯体、Pt 錯体、ユーロピウム錯体等々の発光材料、又はそれらを分子内に有する化合物若しくは高分子も好適に用いることができる。これらの材料は、必要に応じて、適宜選択して用いることができる。

[0054] また、有機層 3 には、有機発光層以外に、正孔注入層（ホール注入層）、正孔輸送層（ホール輸送層）、電子輸送層、電子注入層などの各層を適時、設けてもよい。なお、電子注入層はもとよりこれらの層は有機物質で作製されなくてもよいが、ここでは有機層 3 として説明する。

[0055] 有機層 3 のうち、微細周期構造 5 が形成された電極と接する層が有機層 3 a となる。したがって、有機発光層が電極と接する場合は有機発光層が有機層 3 a となるが、電極に接する層が他の層（例えばホール輸送層）である場合は、その層（例えばホール輸送層）が有機層 3 a となる。そして、この有機層 3 a の屈折率が n_3 となる。有機層 3 a の屈折率 n_3 は、 n_1 及び n_2 よりも大きいことが好ましい形態の一つであるが、例えば、屈折率 n_3 の範囲は $1.4 \sim 1.8$ 程度に設定することができる。屈折率 n_3 がこの範囲に

なることにより、光取り出し効率がより向上するものである。

- [0056] 有機層 3 の第 1 電極 2 とは反対側には、第 2 電極 4 が設けられる。第 2 電極 4 の材料としては、A l などを用いることができるが、A l と他の電極材料を組み合わせる積層構造などとして構成するものであってもよい。このような電極材料の組み合わせとしては、アルカリ金属と A l との積層体、アルカリ金属と銀との積層体、アルカリ金属のハロゲン化物と A l との積層体、アルカリ金属の酸化物と A l との積層体、アルカリ土類金属や希土類金属と A l との積層体、これらの金属種と他の金属との合金などが挙げられ、具体的には、例えばナトリウム、ナトリウム－カリウム合金、リチウム、マグネシウムなどと A l との積層体、マグネシウム－銀混合物、マグネシウム－インジウム混合物、アルミニウム－リチウム合金、L i F / A l 混合物／積層体、A l / A l ₂ O₃ 混合物などを例として挙げるることができる。上記に挙げた材料や形態は一例であり、これらに限定されるものではない。光を第 1 電極 2 側から取り出す場合は反射性のよい材料を用いることが好ましい。なお、光を両面（第 1 電極 2 側及び第 2 電極 4 側の両方）から取り出すようにしてもよく、その場合、第 2 電極 4 に光透過性の材料を用いることが好ましい。

- [0057] 有機 E L 素子の製造方法としては、特に限定されるものではなく、通常の方法により作製することができる。すなわち、基板 1 の表面に、適宜のコーティング法や蒸着法などによって、各層を順次積層することにより形成することができる。最後に、封止キャップ等で封止してもよい。

実施例

- [0058] [素子の作製]

(実施例 1)

基板 1 として、無アルカリガラス板（コーニング社製「N o. 1 7 3 7」）を用いた。この基板 1 の波長 5 0 0 n m での屈折率（n 1）は、1. 5 0 ～ 1. 5 3 である。なお、屈折率については、S C I 社製 F i l m T e k で測定した（以下の屈折率測定も同様）。

- [0059] スタンパ用基板として上記の基板 1 と同じものを用いた。このスタンパ用基板の表面に、平面視において中心間のピッチが約 300 nm で複数の直線が配列したストライプ状で、断面形状が幅（底辺）約 200 nm、高さ約 50 nm の三角形状（逆 V 字状）の複数の凸部を有する構造をウェットエッチングプロセスにより形成し、スタンパを作製した。
- [0060] 基板 1 上に形成する第 1 電極 2 用の溶液として、ITO ナノ粒子溶液（粒子径約 40 nm、シーアイ化成社製 Nano Tek（登録商標）ITCW15 wt % - G30）に、ポリメチルメタクリレート（PMMA、Aldrich 社製）を分散した 10 wt % アセトン溶液を、体積比で ITO ナノ粒子：PMMA = 1：8 になるように混合したものを用いた。PMMA は透光性を有する樹脂である。この溶液を基板 1 上にスピンコート法により、膜厚 100 nm になるように塗布し、100℃に加熱した。これにより、電極形成層を作製した。作製した電極形成層（第 1 電極 2）の屈折率（ n_2 ）は、波長 500 nm において約 1.49 であった。
- [0061] そして、基板 1 の電極形成層が形成された面とスタンパのパターンが形成された面とを対向させて基板 1 にスタンパを重ね、圧力 5～10 MPa で押し付け、1 分間保持してから、スタンパを剥離した。これにより、平面視が複数の直線からなるストライプ状であり、断面形状が複数の逆三角形状（V 字状）である複数の凹部 7 が約 300 nm の配列周期で並んだ微細周期構造 5 を有する第 1 電極 2 を形成した。この第 1 電極 2 が正極となる。また、微細周期構造の配列周期（300 nm）は、以下に説明する有機発光層で生じる光の波長 500 nm よりも小さい。
- [0062] 基板 1 の第 1 電極 2 が形成された面に UV-O₃ 処理を 5 分間行った。その後、基板 1 を真空蒸着装置にセットし、ホール輸送層として、N, N-ジフェニル-N, N-ビス（1-ナフチル）-1, 1'-ビフェニル-4, 4'-ジアミン（NPB）（eRay 社製）を第 1 電極 2 の上に 40 nm の膜厚で形成した。このホール輸送層が第 1 電極 2 に隣接する有機層 3a となり、このホール輸送層の波長 500 nm での屈折率（ n_3 ）は 1.7～1.8 で

ある。さらに、このホール輸送層の上に電子輸送層を兼ねる有機発光層として、アルミニウムートリス（8-ヒドロキシキノリン）（Alq）（eRay社製）を60nmの膜厚で形成した。さらに、有機発光層の上に電子注入層として、LiF（高純度化学社製）を1nmの膜厚で形成した。そして最後に、電子注入層の上に陰極となる第2電極4として、真空蒸着により、Al（高純度化学社製）を80nmの膜厚で形成した。

[0063] 真空蒸着の後、各層が形成された基板1を露点-80℃以下のドライ窒素雰囲気グローブボックスに大気に暴露することなく搬送した。一方、硝子製の封止キャップに吸水剤（ダイニック社製）を貼り付けると共に、封止キャップの外周部に紫外線硬化樹脂製のシール剤を塗布したものを予め用意した。そして、グローブボックス内で各層を囲むように封止キャップを基板1にシール剤で張り合わせ、紫外線照射してシール剤を硬化させることによって、各層を封止キャップで封止した。

[0064] これにより、図1のような層構成で、微細周期構造5が第1電極2に形成され、屈折率の関係が $n_2 < n_1 < n_3$ である有機EL素子を得た。

[0065] （実施例2）

第1電極2の材料として、銀ナノ粒子（粒子径約40nm、反射率90%以上）とPMMAとを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノ粒子：PMMA溶液を使用した。第1電極2の膜厚は100nmとした。作製した第1電極2の屈折率（ n_2 ）は、波長500nmにおいて約1.49だった。それ以外は、実施例1と同様にして、図1のような層構成の有機EL素子を得た。

[0066] （実施例3）

第1電極2の材料として、銀ナノワイヤー（直径約50nm、長さ約5μm、反射率90%以上）とPMMAとを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノワイヤー：PMMA溶液を使用した。銀ナノワイヤーは、公知論文「Materials Chemistry and Physics vol.114 p333-338 “Preparation of Ag nanorods with high yield by polyolprocess”」に準じて作成した

ものであり、平均直径50 nm、平均長さ5 μ mである。第1電極2の膜厚は100 nmとした。作製した第1電極2の屈折率(n_2)は、波長500 nmにおいて約1.49だった。それ以外は、実施例1と同様にして、図1のような層構成の有機EL素子を得た。

[0067] (実施例4)

第1電極2の材料として、銀ナノワイヤー（直径約50 nm、長さ約5 μ m、反射率90%以上）とポリスチレン（PS）とを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノワイヤー：PS溶液を使用した。銀ナノワイヤーは、公知論文「Materials Chemistry and Physics vol.114 p333-338 “Preparation of Ag nanorods with high yield by polyolprocess”」に準じて作成したものであり、平均直径50 nm、平均長さ5 μ mである。ポリスチレンは透光性を有する樹脂である。第1電極2の膜厚は100 nmとした。作製した第1電極2の屈折率(n_2)は、波長500 nmにおいて1.58だった。それ以外は、実施例1と同様にして、図1のような層構成で、屈折率の関係が $n_1 < n_2 < n_3$ である有機EL素子を得た。

[0068] (実施例5)

実施例1で用いたスタンプを基板1（屈折率 $n_1 = 1.50 \sim 1.53$ ）として用い、スタンプの微細周期構造上に直接、第1電極2を実施例1と同様に形成した。これにより第1電極2の基板1側の界面に微細周期構造5が形成された。そして、基板1の第1電極2が形成された面にUV-O₃処理を5分間行った。その後、基板1を真空蒸着装置にセットし、ホール輸送層として、N,N-ジフェニル-N,N'-ビス（1-ナフチル）-1,1'-ビフェニル-4,4'-ジアミン（NPB）（eRay社製）を第1電極2の上に40 nmの膜厚で形成した。それ以外は実施例1と同様に有機EL素子を得た。

[0069] (実施例6)

実施例1で用いたスタンプを基板1（屈折率 $n_1 = 1.50 \sim 1.53$ ）として用い、スタンプの微細周期構造上に直接、第1電極2を実施例1と同

様に形成した。そして、実施例 1 と同様の方法でスタンプにより第 1 電極 2 の表面に微細周期構造 5 を形成した。これにより第 1 電極 2 の両面に微細周期構造 5 が形成された。その後、基板 1 を真空蒸着装置にセットし、ホール輸送層として、N, N-ジフェニル-N, N-ビス(1-ナフチル)-1, 1'-ビフェニル-4, 4'-ジアミン(NPB)(eRay社製)を第 1 電極 2 の上に 40 nm の膜厚で形成した。それ以外は実施例 1 と同様に有機 EL 素子得た。

[0070] (実施例 7)

実施例 1 で用いたスタンプを基板 1 (屈折率 $n_1 = 1.50 \sim 1.53$) として用い、スタンプの凹凸形成側とは反対面に第 1 電極 2 を形成した。その後、基板 1 を真空蒸着装置にセットし、ホール輸送層として、N, N-ジフェニル-N, N-ビス(1-ナフチル)-1, 1'-ビフェニル-4, 4'-ジアミン(NPB)(eRay社製)を第 1 電極 2 の上に 40 nm の膜厚で形成した。それ以外は実施例 1 と同様に有機 EL 素子得た。

[0071] (比較例 1)

実施例 1 で用いたガラス製の基板 1 の表面に、ITO 膜(100 nm)をスパッタし第 1 電極 2 を形成した。この ITO 膜の波長 500 nm での屈折率は、2.0 であった。そしてこの第 1 電極 2 の上に、実施例 1 と同様の材料・方法により、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、電極(陰極)を形成し、最後に封止キャップで封止した。これにより、屈折率の関係が $n_1 < n_3 < n_2$ である有機 EL 素子を得た。

[0072] (比較例 2)

実施例 1 で用いたガラス製の基板 1 の表面に、ITO 膜(100 nm)をスパッタし、第 1 電極 2 を形成した。さらに第 1 電極 2 の表面に、実施例 1 で用いたスタンプにより微細周期構造を形成した。この第 1 電極 2 の屈折率(n_2)は、波長 500 nm において約 2.0 であった。そしてこの第 1 電極 2 の上に、実施例 1 と同様の材料・方法により、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、電極(陰極)を形成した。これにより、屈折率の関係が n

$1 < n_3 < n_2$ である有機EL素子を得た。

[0073] (実施例8)

基板1として、エポキシ樹脂により形成された透明な樹脂基板を用いた。
この基板1の波長500nmでの屈折率(n_1)は約1.60である。

[0074] 次に、この基板1に実施例1と同様の方法で、屈折率(n_2)が約1.49の第1電極2を形成し、実施例1で用いたスタンプにより微細周期構造5を有する第1電極2を形成した。そして、第1電極2が形成された面にUV- O_3 処理を行った後、ポリエチレンジオキシチオフェン/ポリスチレンスルホン酸(PEDOT-PSS)(スタルクヴィテック社製「Clevious(登録商標)PAI4083」、PEDOT:PSS=1:6)を膜厚30nmになるようにスピンコーターで塗布し、100℃で10分間焼成することにより、ホール注入層を作製した。このホール注入層の波長500nmでの屈折率(n_3)は、1.55であった。

[0075] その後、実施例1と同様の方法で、ホール注入層の表面に、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第2電極4を順に形成した。

[0076] これにより、図1のような層構成で、微細周期構造5が第1電極2に形成され、屈折率の関係が $n_2 < n_3 < n_1$ である有機EL素子を得た。

[0077] (実施例9)

第1電極2の材料として、銀ナノ粒子(粒子径約40nm、反射率90%以上)とPMMAとを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノ粒子:PMMA溶液を使用した。第1電極2の膜厚は100nmとした。作製した第1電極2の屈折率(n_2)は、波長500nmにおいて約1.49だった。それ以外は、実施例8と同様にして、図1のような層構成の有機EL素子を得た。

[0078] (実施例10)

第1電極2の材料として、銀ナノワイヤー(直径約50nm、長さ約5 μ m、反射率90%以上)とPMMAとを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノワイヤー:PMMA溶液を使用した。銀ナノワイヤーは、公

知論文「Materials Chemistry and Physics vol.114 p333-338 “Preparation of Ag nanorods with high yield by polyolprocess”」に準じて作成したものであり、平均直径50 nm、平均長さ5 μ mである。第1電極2の膜厚は100 nmとした。作製した第1電極2の屈折率(n_2)は、波長500 nmにおいて約1.49だった。それ以外は、実施例8と同様にして、図1のような層構成の有機EL素子を得た。

[0079] (実施例11)

第1電極2の材料として、銀ナノワイヤー（直径約50 nm、長さ約5 μ m、反射率90%以上）とポリスチレン（PS）とを実施例1と同じ質量比率、溶媒で分散させた銀ナノワイヤー：PS溶液を使用した。銀ナノワイヤーは、公知論文「Materials Chemistry and Physics vol.114 p333-338 “Preparation of Ag nanorods with high yield by polyolprocess”」に準じて作成したものであり、平均直径50 nm、平均長さ5 μ mである。ポリスチレンは透光性を有する樹脂である。第1電極2の膜厚は100 nmとした。作製した第1電極2の屈折率(n_2)は、波長500 nmにおいて1.58だった。それ以外は、実施例8と同様にして、図1のような層構成で、屈折率の関係が $n_3 < n_2 < n_1$ である有機EL素子を得た。

[0080] (実施例12)

実施例8で用いた基板1（樹脂基板）の表面に、ビスフェノールA+ヘキサメチレンジアミン溶液をスピコート法により、膜厚100 nmになるように塗布し、80°Cに加熱した。この基板1の表面に、実施例1で用いたスタンプにより微細周期構造5を形成した。

[0081] この基板1（屈折率 n_1 =約1.60）の微細周期構造上に直接、第1電極2（屈折率 n_2 =約1.49）を実施例1と同様に形成した。これにより第1電極2の基板1側の界面に微細周期構造5が形成された。そして、基板1の第1電極2が形成された面にUV-O₃処理を5分間行った。それ以外は、実施例8と同様にして、第1電極2の表面に、ホール注入層（屈折率 n_3 =1.55）、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第2電極4

を順に形成した。これにより、図1のような層構成で、屈折率の関係が $n_2 < n_3 < n_1$ である有機EL素子を得た。

[0082] (実施例13)

実施例12で作製した微細周期構造5を有する基板1（屈折率 $n_1 = \text{約} 1.60$ ）の微細周期構造上に直接、第1電極2（屈折率 $n_2 = \text{約} 1.49$ ）を実施例1と同様に形成した。そして、実施例1と同様の方法でスタンプにより第1電極2の表面に微細周期構造5を形成した。これにより第1電極2の両面に微細周期構造5が形成された。それ以外は、実施例8と同様にして、第1電極2の表面に、ホール注入層（屈折率 $n_3 = 1.55$ ）、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第2電極4を順に形成した。これにより、図1のような層構成で、屈折率の関係が $n_2 < n_3 < n_1$ である有機EL素子得た。

[0083] (実施例14)

実施例12で作製した微細周期構造5を有する基板1（屈折率 $n_1 = \text{約} 1.60$ ）の凹凸形成側とは反対面に第1電極2（屈折率 $n_2 = \text{約} 1.49$ ）を形成した。それ以外は、実施例8と同様にして、第1電極2の表面に、ホール注入層（屈折率 $n_3 = 1.55$ ）、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第2電極4を順に形成した。これにより、図1のような層構成で、屈折率の関係が $n_2 < n_3 < n_1$ である有機EL素子得た。それ以外は実施例1と同様に有機EL素子得た。

[0084] (比較例3)

実施例8で用いた樹脂製の基板1の表面に、ITO膜（ 100nm ）をスパッタし第1電極2を形成した。このITO膜の波長 500nm での屈折率は、 2.0 であった。そしてこの第1電極2の上に、実施例8と同様の材料・方法により、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第2電極4を順に形成し、最後に封止キャップで封止した。これにより、屈折率の関係が $n_3 < n_1 < n_2$ である有機EL素子を得た。

[0085] (比較例4)

実施例 8 で用いた樹脂製の基板 1 の表面に、ITO 膜（100 nm）をスパッタし、第 1 電極 2 を形成した。さらに第 1 電極 2 の表面に、実施例 1 で用いたスタンプにより微細周期構造を形成した。この第 1 電極 2 の屈折率（ n_2 ）は、波長 500 nm において約 2.0 であった。そしてこの第 1 電極 2 の上に、実施例 8 と同様の材料・方法により、ホール注入層、ホール輸送層、有機発光層、電子注入層、及び、第 2 電極 4 を順に形成した。これにより、屈折率の関係が $n_3 < n_1 < n_2$ である有機 EL 素子を得た。

[0086] [測定]

各有機 EL 素子に電圧を印加し、定法により、量子効率（光の取り出し効率）を測定した。そして、実施例 1～7 においては比較例 1 の量子効率を基準（1.0）とした場合の量子効率比を算出した。また、実施例 8～14 においては比較例 3 の量子効率を基準（1.0）とした場合の量子効率比を算出した。

[0087] [結果]

結果を表 1 及び表 2 に示す。

[0088] 表 1 に見られるように、実施例 1～7 の素子は、導電性微粒子を含み微細周期構造 5 を有する電極を形成していない比較例 1、及び、屈折率の関係が $n_1 < n_3 < n_2$ である比較例 2 に対して、光の取り出し効率が向上していることが確認された。そして実施例 1～7 の素子は外光の反射が抑制されて、発光が視認しやすいものであった。また、導電性物質として反射率の高い銀を用いた実施例 2～3 の素子は、実施例 1 に比べて、光の取り出し効率が向上していることが確認された。さらに、導電性物質として銀ナノワイヤーを用いた実施例 3 の素子は、実施例 2 に比べて、光の取り出し効率が向上していることが確認された。また、第 1 電極 2 の両界面に微細周期構造 5 を有する実施例 6 は、片方の界面のみである実施例 1 及び 5 に比べて、外光の反射がさらに抑制されて、発光が視認しやすいものであった。

[0089] また、表 2 に見られるように、実施例 8～14 の素子は、導電性微粒子を含み微細周期構造 5 を有する電極を形成していない比較例 3、及び、屈折率

の関係が $n_3 < n_1 < n_2$ である比較例 4 に対して、光の取り出し効率が向上していることが確認された。そして実施例 8～14 の素子は外光の反射が抑制されて、発光が視認しやすいものであった。また、導電性物質として反射率の高い銀を用いた実施例 9～10 の素子は、実施例 8 に比べて、光の取り出し効率が向上していることが確認された。さらに、導電性物質として銀ナノワイヤーを用いた実施例 10 の素子は、実施例 9 に比べて、光の取り出し効率が向上していることが確認された。また、第 1 電極 2 の両界面に微細周期構造 5 を有する実施例 13 は、片方の界面のみである実施例 8 に比べて、外光の反射がさらに抑制されて、発光が視認しやすいものであった。

[0090] [表1]

	微細周期構造 (界面)	電極形成材料	屈折率関係	量子効率比
実施例 1	第 1 電極/有機層	I T O ナノ粒子 PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 3 倍
実施例 2	第 1 電極/有機層	銀ナノ粒子 PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 4 倍
実施例 3	第 1 電極/有機層	銀ナノワイヤー PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 5 倍
実施例 4	第 1 電極/有機層	銀ナノワイヤー ポリスチレン	$n_1 < n_2 < n_3$	1. 3 倍
実施例 5	基板/第 1 電極	I T O ナノ粒子 PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 3 倍
実施例 6	基板/第 1 電極、 第 1 電極/有機層	I T O ナノ粒子 PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 3 倍
実施例 7	基板/外部	I T O ナノ粒子 PMMA	$n_2 < n_1 < n_3$	1. 2 倍
比較例 1	なし	I T O 膜	$n_1 < n_3 < n_2$	1. 0 倍
比較例 2	第 1 電極/有機層	I T O 膜	$n_1 < n_3 < n_2$	1. 0 倍

[0091]

[表2]

	微細周期構造 (界面)	電極形成材料	屈折率関係	量子効率比
実施例 8	第 1 電極/有機層	I T O ナノ 粒子 P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 2 倍
実施例 9	第 1 電極/有機層	銀ナノ粒子 P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 3 倍
実施例 1 0	第 1 電極/有機層	銀ナノワイヤー P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 4 倍
実施例 1 1	第 1 電極/有機層	銀ナノワイヤー ポリスチレン	$n_3 < n_2 < n_1$	1 . 3 倍
実施例 1 2	基板/第 1 電極	I T O ナノ 粒子 P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 2 倍
実施例 1 3	基板/第 1 電極、 第 1 電極/有機層	I T O ナノ 粒子 P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 2 倍
実施例 1 4	基板/外部	I T O ナノ 粒子 P M M A	$n_2 < n_3 < n_1$	1 . 2 倍
比較例 3	なし	I T O 膜	$n_3 < n_1 < n_2$	1 . 0 倍
比較例 4	第 1 電極/有機層	I T O 膜	$n_3 < n_1 < n_2$	1 . 0 倍

符号の説明

- [0092]
- 1 基板
 - 2 第 1 電極
 - 3 有機層
 - 4 第 2 電極
 - 5 微細周期構造
 - 6 凸部
 - 7 凹部
 - 8 凸形状
 - 9 凹形状

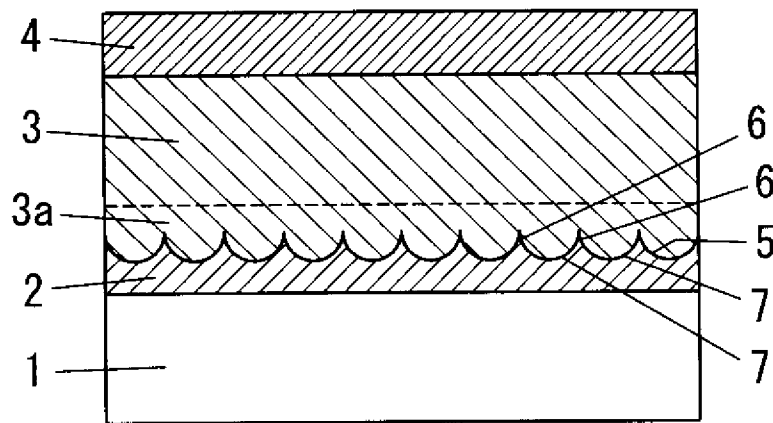
請求の範囲

- [請求項1] 一対の電極と、少なくとも一つの有機発光層を有する有機層とを含む有機EL素子であって、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面又は光取り出し側に配置された基板の少なくとも一方の面に、配列周期が前記有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造が形成され、前記有機層と反対側において前記光取り出し側の電極と隣接する領域の屈折率を n_1 とし、前記光取り出し側の電極の屈折率を n_2 とし、前記光取り出し側の電極と隣接する有機層の屈折率を n_3 とすると、 $n_1 \leq n_2 \leq n_3$ 、又は、 $n_2 \leq n_1 \leq n_3$ の関係が成り立つことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項2] 一対の電極と、少なくとも一つの有機発光層を有する有機層とを含む有機EL素子であって、光取り出し側の電極の少なくとも一方の面又は光取り出し側に配置された基板の少なくとも一方の面に、配列周期が前記有機発光層で生じる光の波長以下である微細周期構造が形成され、前記有機層と反対側において前記光取り出し側の電極と隣接する領域の屈折率を n_1 とし、前記光取り出し側の電極の屈折率を n_2 とし、前記光取り出し側の電極と隣接する有機層の屈折率を n_3 とすると、 $n_2 \leq n_3 \leq n_1$ 、又は、 $n_3 \leq n_2 \leq n_1$ の関係が成り立つことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項3] 前記光取り出し側の電極は、透光性を有する樹脂と微細導電性物質とを含むことを特徴とする請求項1又は2に記載の有機EL素子。
- [請求項4] 前記微細導電性物質は反射率が50%以上であることを特徴とする請求項3に記載の有機EL素子。
- [請求項5] 前記微細導電性物質は異方性の散乱を生じさせるものであることを特徴とする請求項3又は4に記載の有機EL素子。
- [請求項6] 前記微細導電性物質が銀ナノワイヤーであることを特徴とする請求項3～5のいずれか1項に記載の有機EL素子。
- [請求項7] 前記光取り出し側の電極又は前記光取出し側に配置された基板は、

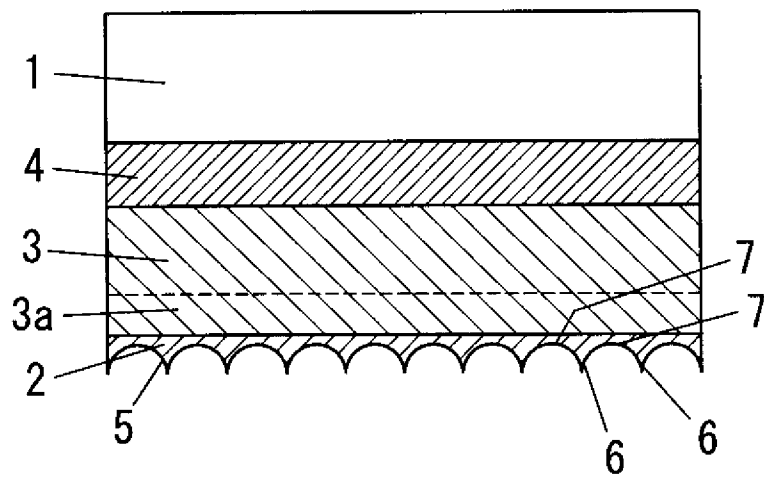
表面に単数又は複数の凹部又は凸部を有して微細周期構造が形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 6 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

[請求項 8] 前記光取り出し側の電極又は前記光取出し側に配置された基板は、表面に凹部又は凸部を有し、平面視した場合に、凹部又は凸部がストライプ状、格子状、同心円状、及び、ハニカム状のいずれかの形状で配置されて微細周期構造が形成されていることを特徴とする請求項 1 ～ 7 のいずれか 1 項に記載の有機 EL 素子。

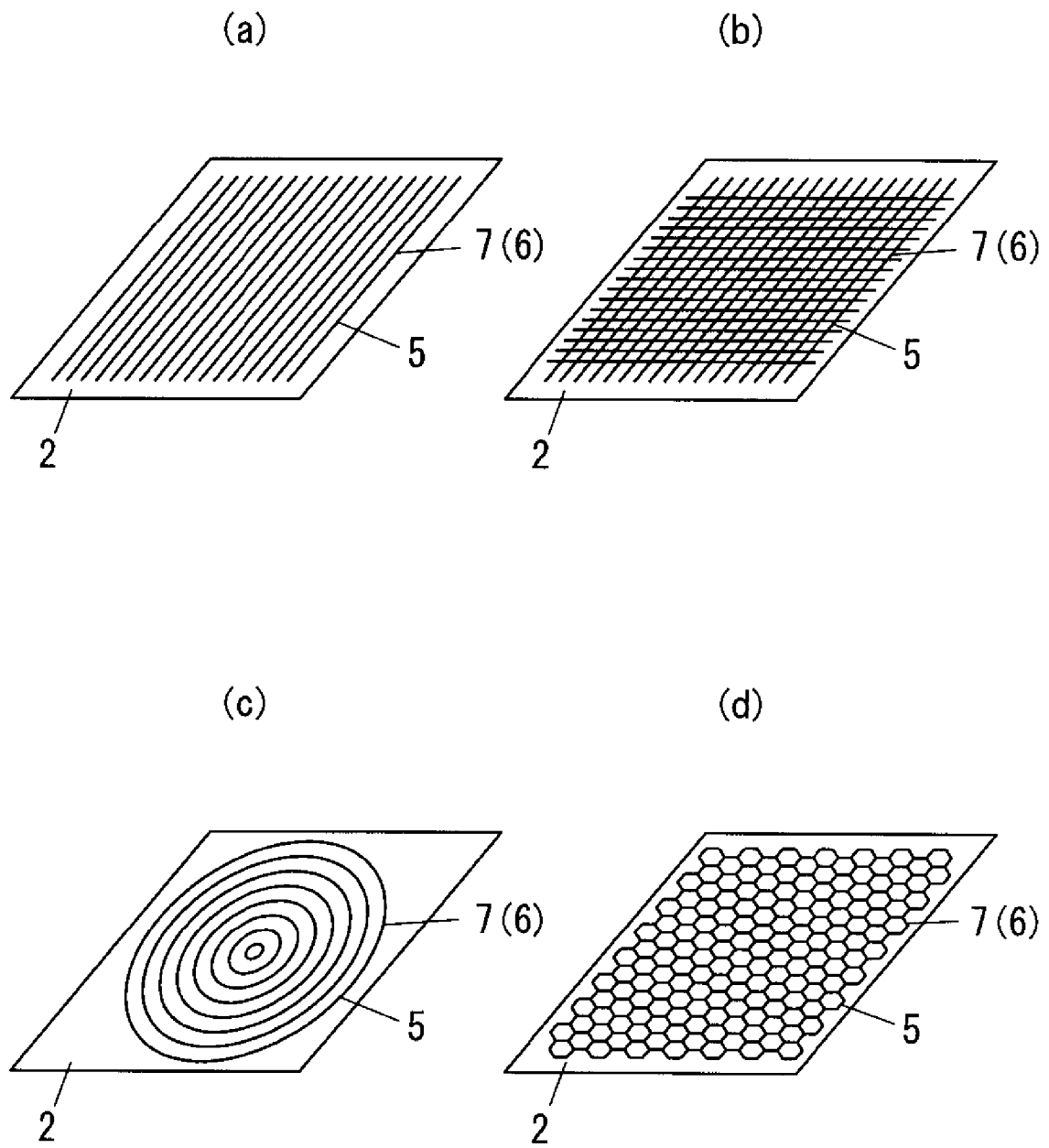
[図1]



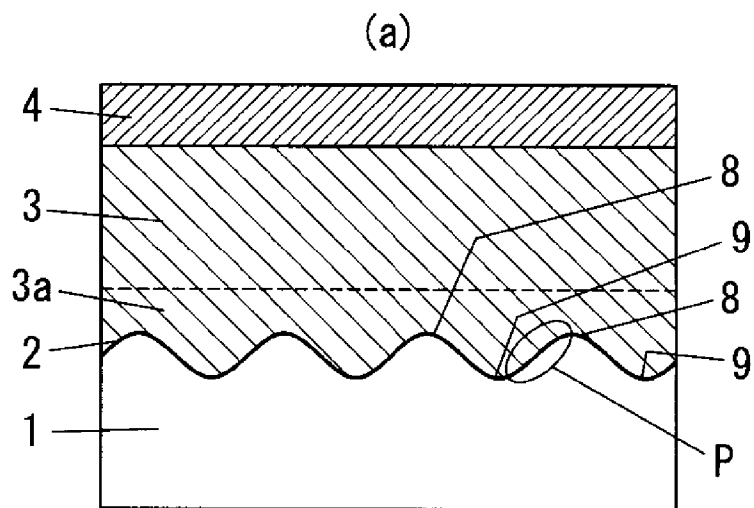
[図2]



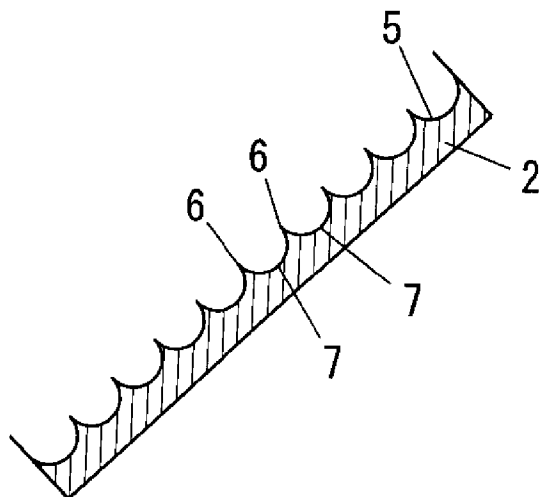
[図3]



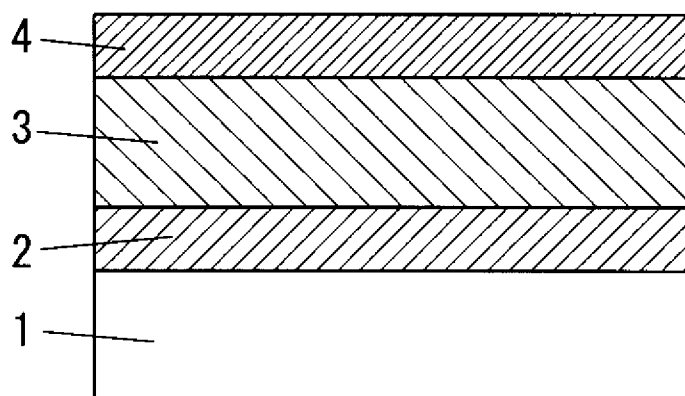
[図4]



(b)



[図5]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057050

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B33/02(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i, H05B33/28(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H05B33/02, H01L51/50, H05B33/28

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho	1922-1996	Jitsuyo Shinan Toroku Koho	1996-2011
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2011	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2011

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2007-114266 A (Konica Minolta Holdings, Inc.), 10 May 2007 (10.05.2007), paragraphs [0073] to [0078]; fig. 1, 6 (Family: none)	1-8
Y	JP 7-272857 A (Nippondenso Co., Ltd.), 20 October 1995 (20.10.1995), paragraphs [0005] to [0007] (Family: none)	1, 3-8
Y	JP 2009-076452 A (Panasonic Electric Works Co., Ltd.), 09 April 2009 (09.04.2009), paragraph [0038] & EP 2203030 A1 & WO 2009/028456 A1 & KR 10-2010-0063729 A & CN 101790899 A	2-8

☒ Further documents are listed in the continuation of Box C.

☐ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search
20 June, 2011 (20.06.11)

Date of mailing of the international search report
28 June, 2011 (28.06.11)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/057050

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	WO 2010/032721 A1 (Konica Minolta Holdings, Inc.), 25 March 2010 (25.03.2010), paragraphs [0035] to [0056] (Family: none)	3-6

A. 発明の属する分野の分類 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05B33/02 (2006.01)i, H01L51/50 (2006.01)i, H05B33/28 (2006.01)i

B. 調査を行った分野

調査を行った最小限資料 (国際特許分類 (I P C))

Int.Cl. H05B33/02, H01L51/50, H05B33/28

最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの

日本国実用新案公報	1 9 2 2 - 1 9 9 6 年
日本国公開実用新案公報	1 9 7 1 - 2 0 1 1 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 1 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 1 年

国際調査で使用した電子データベース (データベースの名称、調査に使用した用語)

C. 関連すると認められる文献

引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2007-114266 A (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2007.05.10, 【0073】 - 【0078】, 【図 1】, 【図 6】 (ファミリーなし)	1-8
Y	JP 7-272857 A (日本電装株式会社) 1995.10.20, 【0005】 - 【0007】 (ファミリーなし)	1, 3-8

☒ C 欄の続きにも文献が列挙されている。☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。

* 引用文献のカテゴリー

「A」特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの
「E」国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの
「L」優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献 (理由を付す)
「O」口頭による開示、使用、展示等に言及する文献
「P」国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願

の日の後に公表された文献

「T」国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの
「X」特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの
「Y」特に関連のある文献であって、当該文献と他の 1 以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの
「&」同一パテントファミリー文献

国際調査を完了した日

2 0 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査報告の発送日

2 8 . 0 6 . 2 0 1 1

国際調査機関の名称及びあて先

日本国特許庁 (I S A / J P)

郵便番号 1 0 0 - 8 9 1 5

東京都千代田区霞が関三丁目 4 番 3 号

特許庁審査官 (権限のある職員)

西岡 貴央

2 0

4 4 0 7

電話番号 0 3 - 3 5 8 1 - 1 1 0 1 内線 3 2 7 1

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
Y	JP 2009-076452 A (パナソニック電工株式会社) 2009. 04. 09, 【0038】 & EP 2203030 A1 & WO 2009/028456 A1 & KR 10-2010-0063729 A & CN 101790899 A	2-8
Y	WO 2010/032721 A1 (コニカミノルタホールディングス株式会社) 2010. 03. 25, 【0035】 - 【0056】 (ファミリーなし)	3-6