

(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
2014 年 6 月 5 日(05.06.2014)



(10) 国際公開番号

WO 2014/084358 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 51/50 (2006.01) H05B 33/22 (2006.01)
G09F 9/30 (2006.01) H05B 33/26 (2006.01)
H01L 27/32 (2006.01) H05B 33/28 (2006.01)
H05B 33/02 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2013/082195
- (22) 国際出願日: 2013 年 11 月 29 日(29.11.2013)
- (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 2012-263646 2012 年 11 月 30 日(30.11.2012) JP
- (71) 出願人: 昭和電工株式会社(SHOWA DENKO K.K.)
[JP/JP]; 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 山▲崎▼ 祐介(YAMAZAKI Yusuke); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 名取 伸浩(NATORI Nobuhiro); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 栗谷 真澄(KURITANI Masumi); 〒1058518 東

京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 下平 祥貴(SHIMODAIRA Yoshiki); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP). 白根 浩朗(SHIRANE Koro); 〒1058518 東京都港区芝大門一丁目 1 3 番 9 号 昭和電工株式会社内 Tokyo (JP).

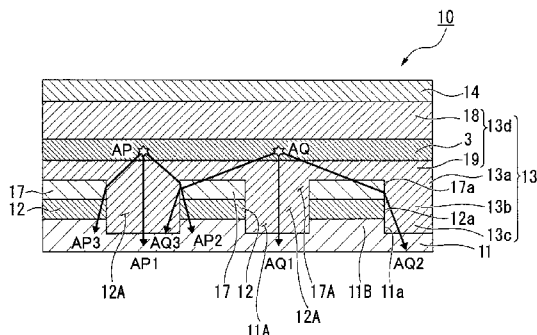
(74) 代理人: 志賀 正武, 外(SHIGA Masatake et al.); 〒1006620 東京都千代田区丸の内一丁目 9 番 2 号 Tokyo (JP).

(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, BN, 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, IR, IS, JP, KE, KG, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, 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.

[続葉有]

(54) Title: ORGANIC EL ELEMENT, AND IMAGE DISPLAY DEVICE AND LIGHTING DEVICE EQUIPPED WITH SAME

(54) 発明の名称: 有機 EL 素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明装置





(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, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシア (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), ヨーロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),

OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

明 細 書

発明の名称：

有機ＥＬ素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明装置

技術分野

[0001] 本発明は、有機ＥＬ素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明装置に関するものである。本願は、２０１２年１１月３０日に、日本に出願された特願２０１２－２６３６４６に基づき優先権を主張し、その内容をここに援用する。

背景技術

[0002] 有機ＥＬ素子は、広視野角、高速応答、鮮明な自発光表示等の特徴を有する。また、薄型軽量で低消費電力であること等の理由から、次世代の照明装置や画像表示装置等の柱として期待されている。

有機ＥＬ素子は、有機発光層で発生した光が取り出される向きに応じて、支持基板側から光が取り出されるボトムエミッション型と、支持基板の反対側から光が取り出されるトップエミッション型とに分けられる。

[0003] 例えば、透明基板上に、透明電極、発光層を含む有機層、金属電極を順に備えるボトムエミッション型有機ＥＬ素子を考える。このような有機ＥＬ素子において、発光層で発光した光のうち、透明基板に垂直に入射した光は透明基板を透過して素子の外部に取り出される。発光層で発光した光のうち、透明基板（例えば、ガラス（代表的な屈折率：１．５２））と空気（屈折率：１．０）との界面に臨界角以下の小さい入射角（入射光線と入射する界面の法線がなす角度）で入射した光は、その界面で屈折して素子の外部に取り出される。本明細書では、これらの光を外部モード（External Mode）光という。

これに対して、発光層で発光した光のうち、透明基板と空気との界面に臨界角より大きい入射角で入射した光はその界面で全反射されて素子の外部に取り出されず、最終的に材料に吸収されうる。本明細書では、この光を基板

モード (Substrate Mode) 光といい、これによる損失を基板損失という。

発光層で発光した光のうち、透明導電性酸化物からなる透明電極（例えば、酸化インジウム錫 (ITO (代表的な屈折率：1.82)) と透明基板（例えば、ガラス（代表的な屈折率：1.52））との間の界面に臨界角より大きい入射角で入射した光もその界面で全反射されて素子の外部に取り出されず、最終的に材料に吸収されうる。本明細書では、この光を導波モード (Waveguide Mode) 光といい、これによる損失を導波損失という。

発光層で発光した光のうち、金属陰極に入射して金属陰極の自由電子と結合し、表面プラズモンポラリトン (SPP ; Surface Plasmon Polariton) として金属電極の表面に捕捉された光も素子の外部に取り出されず、最終的に材料に吸収されうる。本明細書では、この光をSPPモード (SPP Mode) 光といい、これによる損失をプラズモン損失という。

[0004] 有機EL素子の光取り出し効率（発光層で発光した光に対して素子の外部に取り出される光の割合）は一般に20%程度に留まっている（例えば、特許文献1）。すなわち、発光層で発光した光のうち、約80%が損失となっており、これらの損失を低減して光の取り出し効率を向上させることが大きな課題となっている。

ここで、基板モード光の取り出しについては透明基板上に光拡散シートなどを設けることで対処できる（例えば、特許文献2）。しかし、導波モード光及びSPPモード光の低減や取り出し、特にSPPモード光の低減や取り出しについては研究が緒に就いたばかりといえる。

[0005] 導波モード光は、光が高屈折率材料から低屈折率材料に入射する際に全反射が起きることにより生じる。そのため、導波モード光を低減するには全反射を起きにくくする、あるいは、全反射を生じる光の割合を低減することによって導波モード光を低減する方策が知られている。

特許文献3には、有機発光層の近傍に有機発光層や透明電極よりも屈折率の高い高屈折率層を挿入する構成が開示されている。特許文献2には、有機発光層及び透明電極に有機発光層及び透明電極よりも低屈折率の微粒子を分散

させることで、等価的に有機発光層及び透明電極の屈折率を下げる構成が開示されている。

[0006] 特許文献4及び特許文献5には、基板上に順に形成された陽極層及び誘電体層にキャビティ（孔部）を有する構成が開示されている。

このキャビティの側面（基板に対して垂直に延びる界面）に入射する光は、この界面において基板側に屈折する。この効果により、導波モード光の入射角を小さい角度に変えることで全反射を生じる光の割合を低減することができる。

[0007] 一方、金属陰極の表面に捕捉されたSPPモード光を取り出す方法として、陰極の表面に周期的な凹凸構造を形成する構成が知られている（特許文献6～9）。

[0008] 有機EL素子は通常、陽極と陰極の間に発光層が挟まれて構成され、発光層と陰極の間に電子輸送層や電子注入層などが積層されている。そのため陰極に捕捉されるSPPの影響を抑制し、光取り出し効率を上げる方法として、電子輸送層や電子注入層などの膜厚を厚くして、発光層を陰極から物理的に遠ざけることが提案されている（例えば、非特許文献1及び非特許文献2）。

先行技術文献

特許文献

- [0009] 特許文献1：特開2008-210717号公報
特許文献2：特開2011-243625号公報
特許文献3：特開2011-233288号公報
特許文献4：特表2003-522371号公報
特許文献5：特開2011-82192号公報
特許文献6：特開2006-313667号公報
特許文献7：特開2009-158478号公報
特許文献8：特表2005-535121号公報
特許文献9：特開2004-31350号公報

非特許文献

[0010] 非特許文献1 : A. Otto, Z. Physik 216, 398 (1968)

非特許文献2 : Meerheim et al, Appl. Phys. Lett. 97, 253305(2010)

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0011] しかしながら、従来技術の方法では発光層と陰極の間の有機層を厚膜化するため有機EL素子の駆動電圧が上昇する問題がある。そのため、電力効率を向上させる観点からは、有機層をSPPの影響を抑制するのに十分な膜厚にすることは困難であった。また有機層を厚膜化すると導波モード光の割合が増加し、発光層で発光した光が有機層内に閉じ込められ、有機EL素子の外部まで取り出される光の割合が減少し、発光効率が低下してしまうという問題があった。

さらに、SPPモード光を抑制して、有機層中に光を取り出しても、その光が導波モード光となり素子の外部に取り出すことができなければ、光取り出し効率を向上させることができない。

[0012] 本発明は、上記事情に鑑みなされたものであり、SPPモード光の発生自体を抑制し、かつ、SPPモード光及び導波モード光が生じた場合にも、これらを効果的に取り出すことにより、光取り出し効率が向上した有機EL素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明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

[0013] 本発明者らは、まず、電子輸送層や電子注入層などの有機層内に配置されて少なくとも電子を輸送する性質を有する層を厚膜化することにより、発光位置と金属電極との距離を大きくして発光源から金属電極へのエネルギー移動を抑制し、SPPモード光自体の発生を低減する構成とした。次に、有機層中の光を導波モード光とせずに素子の外部に取り出すという光取り出し機構を想定して、多数の構造の中から、光取り出し効率を向上させる有効な構造を鋭意検討した。

[0014] 本発明の構成の概要を説明する。

電子輸送層や電子注入層などの有機層内に配置して少なくとも電子を輸送

する性質を有する層あるいは、正孔ブロック層などの正孔の突き抜けを抑制する層の厚膜化については、発光位置と金属電極との間のエネルギー移動を有効に抑制する。かかる層の層厚として、80 nm以上1500 nm以下とした。好ましくは100 nm以上500 nm以下であり、さらに好ましくは120 nm以上300 nm以下である。かかる層の層厚が、80 nm以上であれば上述したエネルギー移動を抑制でき、厚くなるほどエネルギー移動の抑制効果を得ることができる。かかる層の層厚が、300 nm以下であれば、駆動電圧の上昇を抑制し、且つ発光光が導波モード光として閉じ込められるのを抑えることができる。かかる層の層厚が、500 nm以下であれば、有機EL素子全体に占める屈折率変調構造の体積割合が多く、効率的に導波モード光を外部に取り出すことができる。一方、かかる層の層厚が、1500 nm以上では、成膜に時間がかかり、生産性の面で好ましくない。

[0015] 次に、有機層中の光を効果的に取り出して光取り出し効率を向上させる構成として、透明電極側構造に、光が透明基板側に屈折して界面への入射角が小さくなるように、透明基板面に対して垂直に近い屈折率の界面を導入した。

[0016] 上記課題を解決するため、概要を説明した本発明は以下の構成を採用する。

(1) 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記第1電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率より低い屈折率を有すると共に複数の孔部を備えた誘電体層を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80 nm以上300 nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記孔部の内側面を被覆する孔部内側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。

(2) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有

機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率と異なる屈折率を有すると共に複数の孔部を備えた誘電体層を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記孔部の内側面を被覆する孔部内側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。

(3) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率と異なる屈折率を有すると共に平面視で互いに独立した島状の誘電体島状部を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記誘電体島状部の外側面を被覆する誘電体島状部外側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。

(4) 前記第1電極は、前記孔部に連通する第1電極孔部を備え、前記有機層はさらに、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部側面被覆部を有することを特徴とする(2)に記載の有機EL素子。

(5) 前記第1電極は、前記誘電体島状部に連結されかつ互いに連なった第1電極凸部を備え、前記有機層はさらに、前記第1電極凸部の外側面を被覆する第1電極凸部外側面被覆部を有することを特徴とする(3)に記載の有機EL素子。

(6) 前記第1電極の、前記有機層とは反対側の面に基板を備え、前記基板は、前記第1電極孔部に連通する凹部を備え、前記有機層はさらに、前記凹部の内側面を被覆する凹部内側面被覆部を有することを特徴とする(4)に記載の有機EL素子。

(7) 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように

構成された有機EL素子であって、前記第1電極は、該第1電極の屈折率より低い屈折率を有する誘電体層によってその内側面を被覆された複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

(8) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、この第1電極の屈折率と異なる屈折率を有する誘電体層によってその内側面を被覆された複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

(9) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は互いに連結された複数の第1電極凸部を備え、前記第1電極凸部は、該第1電極の屈折率と異なる屈折率を有する誘電体層によってその外側面を被覆されており、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

(10) 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記第1電極は、複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部内側面被覆部を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

(11) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電

極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部内側面被覆部孔部内側面を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

(12) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、互いに連結された複数の第1電極凸部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極凸部の外側面を被覆する第1電極凸部外側面被覆部を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

(13) 基板上に誘電体層と、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第1電極の屈折率より低い屈折率を有すると共に前記基板が露出するように開口部を有するパターンで形成されており、前記第1電極と、前記有機層、前記第2電極、前記低屈折率層及び前記金属層は、前記誘電体層のパターンを追従するように形成されている、ことを特徴とする有機EL素子。

(14) 誘電体層と、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第1電極の屈折率と異なると共に、前記基板

が露出するように開口部を有するパターンで形成されており、前記第 1 電極の両表面および前記有機層の第 1 電極側の表面は、前記誘電体層のパターンを追従するように形成されている、ことを特徴とする有機 EL 素子。

(15) 誘電体層と、第 1 電極と、有機 EL 材料からなる発光層を含む有機層と、第 2 電極とが順に形成されてなり、第 1 電極が透明電極であり、第 2 電極が金属電極である有機 EL 素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が 80 nm 以上 1500 nm 以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第 1 電極の屈折率と異なると共に、平面視で互いに独立した島状の誘電体島状部を有するパターンで形成されており、前記第 1 電極の両表面および前記有機層の第 1 電極側の表面は、前記誘電体層のパターンを追従するように形成されている、ことを特徴とする有機 EL 素子。

(16) 基板上に、第 1 電極と、発光層を含む有機層と、第 2 電極とを順に具備し、第 1 電極と第 2 電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極であり、前記有機層及び／又は前記第 1 電極及び／又は前記基板の少なくとも一部に、誘電体層を備え、その誘電体層と、前記有機層及び／又は前記第 1 電極及び／又は前記基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成されており、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が 80 nm 以上 1500 nm 以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機 EL 素子。

(17) 基板上に、第 1 電極と、発光層を含む有機層と、第 2 電極とを順に具備し、第 1 電極と第 2 電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極であり、前記第 1 電極と、前記有機層又は前記基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成されており、前記有機層は、前記発光層と前記金属電

極との間に、膜厚が80 nm以上1500 nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

(18) 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記第1電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80 nm以上1500 nm以下の有機厚膜層を含み、光取出し側の透明電極の光取出し側に回折格子、レンズ構造、鋸歯状構造、散乱層のいずれかの構造を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

(19) 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80 nm以上1500 nm以下の有機厚膜層を含み、前記第1電極の前記有機層と反対の面に回折格子、レンズ構造、鋸歯状構造、散乱層のいずれかの構造を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

(20) 前記有機厚膜層がn層(nは1以上の整数)のサブレイヤーからなり、i番目(iは1からnまでの整数)のサブレイヤーの膜厚と移動度をそれぞれ d_i 及び μ_i とすると、以下の式の間関係を満たすことを特徴とする(1)～(19)のいずれか一項に記載の有機EL素子。

[数1]

$$10^{-15} [\text{s} \cdot \text{V}] \leq \sum (d_i^2 / \mu_i) \leq 10^{-4} [\text{s} \cdot \text{V}] \cdots (1)$$

ここで、 Σ は、すべての前記サブレイヤーについての和をとることを示す。前記式の単位はSI単位系である。

(21) 前記有機厚膜層がn層(nは1以上の整数)のサブレイヤーからなり、前記有機厚膜層における電圧降下量が、以下の式の間関係を満たすことを特徴とする(1)～(20)のいずれか一項に記載の有機EL素子。

[数2]

$$\sum_i \sqrt{\frac{8}{9} \frac{j d_i^3}{\varepsilon_0 \varepsilon_i \mu_i}} < 1 \quad [\text{V}] \quad \dots (2)$$

ここで、 d_i 、 ε_i 及び μ_i は*i*番目（*i*は1から*n*までの整数）のサブレイヤーの膜厚、比誘電率及び移動度を示し、 ε_0 は真空の誘電率、 $j = 0.1 \text{ mA/cm}^2$ である。 Σ は、すべての前記サブレイヤーについての和をとることを示す。前記式の単位はSI単位系である。

(22) (1) ~ (21) のいずれか一項に記載の有機EL素子を備えたことを特徴とする画像表示装置。

(23) (1) ~ (21) のいずれか一項に記載の有機EL素子を備えたことを特徴とする照明装置。

発明の効果

[0017] 本発明によれば、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上した有機EL素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明装置を提供できる。

図面の簡単な説明

[0018] [図1]本発明の第1の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図2]本発明の第1実施形態に係る有機EL素子における（a）回折の効果を説明するための断面模式図であり、（b）フォトリソグラフィの効果を説明するための断面模式図である。

[図3]本発明の第2の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図4]本発明の第2の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。（a）は誘電体膜が孔部を有する場合の斜視図であり、（b）は誘電体膜が島状部を有する場合の斜視図である。発明の特徴を分かりやすく示すため、陰極の部分を離して図示した。

[図5]本発明の第3の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図6]本発明の第3の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。(a)は誘電体膜および陽極が孔部を有する場合の斜視図であり、(b)は誘電体膜および陽極が島状部を有する場合の斜視図である。発明の特徴を分かりやすく示すため、陰極の部分を離して図示した。

[図7]本発明の第4の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図8]本発明の第4の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。(a)は陽極が孔部を有する場合の斜視図であり、(b)は陽極が凸部を有する場合の斜視図である。発明の特徴を分かりやすく示すため、陰極の部分を離して図示した。

[図9]本発明の第5の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図10]本発明の第5の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。(a)は陽極が孔部を有する場合の斜視図であり、(b)は陽極が凸部を有する場合の斜視図である。発明の特徴を分かりやすく示すため、陰極の部分を離して図示した。

[図11]本発明の第6の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図12]本発明の第6の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。(a)は陽極が孔部を有する場合の斜視図であり、(b)は陽極が凸部を有する場合の斜視図である。発明の特徴を分かりやすく示すため、陰極の部分を離して図示した。

[図13]本発明の第7の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図14]本発明の第8の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図15]本発明の第9の実施形態に係る有機EL素子を説明するための断面模式図である。

[図16]本発明の有機EL素子を備えた画像表示装置の一例を説明するための断面模式図である。

[図17]本発明の有機EL素子を備えた照明装置の一例を説明するための断面模式図である。

[図18]本発明の第1の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図19]本発明の第2の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図20]本発明の第3の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図21]本発明の第4の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図22]本発明の第5の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図23]本発明の第6の実施形態に係る有機EL素子の製造方法を説明するための断面模式図である。

[図24]本発明の第1実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

[図25]本発明の第2実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

[図26]本発明の第3実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

[図27]本発明の第4実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

[図28]本発明の第5実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

[図29]本発明の第6実施形態に係る有機EL素子の有機EL素子の光取り出し効率について、発光点から陰極の距離の依存性をランダムなダイポールを用いて調べた、コンピュータシミュレーションの結果を示す図である。(a)は発光点から反射層の距離が50～300nmの結果であり、(b)は発光点から反射層の距離が500～1500nmの結果である。

発明を実施するための形態

[0019] 以下、本発明を適用した有機EL素子並びにそれを備えた画像表示装置及び照明装置について、図面を用いてその構成を説明する。以下の説明で用いる図面は、特徴をわかりやすくするために便宜上特徴となる部分を拡大して示している場合があり、各構成要素の寸法比率などは実際と同じであるとは限らない。以下の説明において例示される材料、寸法等は一例であって、本発明はそれらに限定されるものではない。その要旨を変更しない範囲で適宜変更して実施することが可能である。同じ構成要素については説明を省略す

る場合がある。

[0020] 本発明に係る有機EL素子は、対向する一对の電極と、この一对の電極の間に設けられた発光層を含む有機層と、を備え、一对の電極は、一方の電極が金属電極であるとともに、他方の電極が透光性電極であり、金属電極の発光層側には、電荷注入層、電荷輸送層、電荷ブロック層などの有機層が設けられている。

以下の実施形態では全て、ボトムエミッション型の場合の構成について説明するが、本発明に係る有機EL素子はトップエミッション型でもかまわない。また、第1電極を陽極、第2電極を陰極としているが、第1電極を陰極、第2電極を陽極とした構成でも構わない。

本発明の有機EL素子は本発明の効果を損ねない範囲で以下に記載していない層を備えてもよい。

以下では有機層内部を比較的大きな伝播角（基板面の法線に対する光の伝播角）で伝播する光を単に導波モード光とよぶことがある。

[0021] 本発明に係る有機EL素子は、基板上に、第1電極と、発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極である。この有機EL素子には、有機層及び／又は第1電極及び／又は基板の少なくとも一部に、誘電体層を備える。この誘電体層と、有機層及び／又は第1電極及び／又は基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成されている。前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含むものである。

[0022] 本発明に係る有機EL素子は、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上することを目的としている。有機層は、発光層と金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を形成する。このような有機厚膜層

を形成することにより、発光位置と金属電極との距離を大きくして金属電極へのエネルギー移動を抑制することができる。これにより、SPPモード光自体の発生を低減することができる。しかし、素子外部に光を取り出すためには、有機厚膜層を導入することで増加する導波モード光を素子から取り出すことが必要である。そこで、本発明の有機EL素子では、光の取り出し側の有機層及び／又は第1電極及び／又は基板の少なくとも一部に、誘電体層を備え、その誘電体層と、有機層及び／又は第1電極及び／又は基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成する。この海島構造の屈折率分布形状により導波モード光を基板面に対して垂直に近い方向に屈折させることができる。基板面に対して垂直な方向に屈折した光は、基板外表面での全反射が抑制されるため、導波モード光を素子外部に取り出すことができる。この海島構造の島状部間の周期が、発光光の波長と同等または以下の場合、屈折の効果に加えて、回折の効果やフォトニック結晶による効果により、導波モード光を取り出すことができる。つまり、本発明に係る有機EL素子は、上述の導波モード光を基板に対して垂直に近い方向に屈折させる効果、回折の効果、フォトニック結晶による効果のいずれかを奏する。

[0023] さらに、必ずしも誘電体層により海島構造体を形成する必要はない。第1電極と有機層又は基板が、その一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部を形成することにより、それらが海島構造を形成することもできる。この場合も、海島構造の屈折率分布形状により導波モード光を基板に対して垂直に近い方向に屈折させる効果、回折の効果、フォトニック結晶による効果のいずれかを奏する。以下に、本発明に係る有機EL素子を海島構造の具体的な例を挙げて説明する。

[0024] (有機EL素子(第1の実施形態))

図1は、本発明の第1の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するた

めの断面模式図である。

第1の実施形態に係る有機EL素子10は、基板11上に、陽極12と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層13と、陰極14とを順に具備する。前記陽極12と前記陰極14との間には、前記有機層13の屈折率と異なる屈折率を有すると共に複数の孔部17A（図18（f）参照）を備えた誘電体層17を具備する。前記有機層13は、前記発光層3と前記陰極14との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含み、前記有機層13はさらに、前記孔部17Aの内側面17aを被覆する孔部内側面被覆部13aを有する。前記陽極12は、前記孔部17に連通する陽極孔部12A（図18（h）参照）を備え、前記基板11は、前記陽極孔部12Aに連通する凹部11A（図18（h）参照）を備える。前記有機層13はさらに、前記孔部17Aの内側面17aを被覆する孔部内側面被覆部13aと、前記陽極孔部12Aの内側面12aを被覆する陽極孔部内側面被覆部13bと、前記凹部11Aの内側面11aを被覆する凹部内側面被覆部13cとを有するものである。

孔部内側面被覆部、陽極孔部内側面被覆部及び凹部内側面被覆部は、有機層を構成する層のうちの一部によって構成されていてもよい。

[0025] 第1の実施形態に係る有機EL素子10は、誘電体層17、陽極12、基板11が海状部を形成する。一方、連通する孔部17A、陽極孔部12A、凹部11Aを被覆する孔部内側面被覆部13a、陽極孔部内側面被覆部13b、凹部内側面被覆部13cが島状部を形成している。第1の実施形態に係る有機EL素子10は、海島構造が逆転することは無い。これは、陽極12が島状部となると、互いの導通を得られなくなる為である。

[0026] 有機層13はさらに、誘電体層17及び孔部内側面被覆部13aと陰極14との間に配置される層状部13dを有する。層状部13dは、発光層3及び有機厚膜層18を含む。図1に示す有機層13はさらに、発光層3より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層を備える。

[0027] 連通する孔部 17 A、陽極孔部 12 A および凹部 11 A が基板面内の少なくとも一方向に配置される周期（ピッチ）が発光光の波長以上の場合には、孔部 17 A、陽極孔部 12 A 及び凹部 11 A の形状はそれらの内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はない。導波モード光をより基板 11 側に屈折させる観点から、孔部 17 A の内側面 17 a と基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図 1 で示した例では、孔部 17 A の内側面 17 a が基板面に対してほぼ垂直に配置される構成であるが、かかる構成である必要はない。孔部 17 A の内側面 17 a と基板側の底面がなす角度で、孔部 17 A の内側の角度は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ が好ましく、 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ がより好ましく、 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ がより一層好ましい。

[0028] 一方で、隣接する孔部 17 A、陽極孔部 12 A 及び凹部 11 A の周期（ピッチ）が発光光の波長と同等以下においては、孔部、陽極孔部及び凹部の形状は、回折の効果やフォトリソグラフィによる効果を奏するものであれば特に限定はされない。発光した光をより基板側に取り出す観点からは、孔部内側面被覆部 13 a と誘電体層 17 の屈折率の大小関係によらず、孔部 17 A、陽極孔部 12 A 及び凹部 11 A の内側面は基板面に対して垂直に近いことが好ましい。

これは孔部、陽極孔部及び凹部の内側面が基板面に対してほぼ垂直であることによって、孔部 17 A の側面を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトリソグラフィでは基板面内方向に光が伝播できなくなるバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層 13 から外部へ取り出すことができる。回折格子でも基板方向への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

[0029] 本発明の有機 EL 素子は、基板に凹凸形状を有するためボトムエミッション型の有機 EL 素子にのみ適用できる。基板 11 は透光性の基板であり、通常、可視光に対して透明であることが必要である。ここで、「可視光に対し透明である」とは、発光層から発する波長の可視光を透過することができ

ばよいという意味であり、可視光領域全域にわたり透明である必要はない。

400～700nmの可視光における透過率が50%以上で、平滑な基板が好ましい。透過率が70%以上あることがより好ましい。

[0030] 具体的には、ガラス板、ポリマー板等が挙げられる。ガラス板としては、特にソーダ石灰ガラス、バリウム・ストロンチウム含有ガラス、鉛ガラス、アルミノケイ酸ガラス、ホウケイ酸ガラス、バリウムホウケイ酸ガラス、石英等が挙げられる。またポリマー板としては、ポリカーボネート、アクリル、ポリエチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート、ポリエーテルサルファイド、ポリサルフォン等を挙げることができる。

[0031] 発光光が可視光でない場合は、少なくとも発光波長領域に対して、可視光の場合と同様に透明であることが必要である。透過率としては、発光が最大強度となる波長に対し、50%以上であることが好ましく、70%以上であることが更に好ましい。

[0032] 基板11の厚さは、要求される機械的強度にもよるため、限定するものではないが、好ましくは、0.01mm～10mm、より好ましくは0.05mm～2mmである。

但し、本実施形態において、基板11では複数の凹部11Aを備えるので、より精確に加工しやすい材料であるのが好ましい。好ましい材料としては限定するものではないが、例えば、石英が挙げられる。

[0033] 陽極12は、複数の陽極孔部12A（図18（h）参照）を備えている。その陽極孔部12Aの内側面12aが有機層13によって被覆されており（陽極孔部内側面被覆部13b）、また、陽極12の上面が誘電体層17によって被覆されている。陽極孔部内側面被覆部13bは内側面12aを被覆していれば、陽極孔部12Aを充填する構成でも、一部を埋める構成でもよい。

[0034] 陽極12は陰極14との間で電圧を印加し、陽極12より有機層13に正孔を注入するための電極であり、仕事関数の大きい金属、合金、導電性化合物、あるいはこれらの混合物からなる材料を用いることが好ましい。陽極に接

する有機層のHOMO (Highest Occupied Molecular Orbital) 準位との差が過大にならないように仕事関数が4 eV以上6 eV以下のものを用いるのが好ましい。陽極12の材料としては透光性でかつ導電性の材料であれば特に制限はない。例えば、酸化インジウム錫 (ITO)、酸化インジウム亜鉛 (IZO)、酸化錫、酸化亜鉛などの透明無機酸化物、PEDOT:PSS、ポリアニリンなどの導電性高分子および任意のアクセプタなどでドーブした導電性高分子、カーボンナノチューブなどの導電性光透過性材料、薄膜金属、薄膜状に形成された金属ナノワイヤ、これらを含む複合材料を挙げることができる。ここにおいて、陽極12は、基板11上に例えば、スパッタ法、真空蒸着法、塗布法などによって形成することができる。

[0035] 陽極12の厚さは特に限定するものではないが、例えば10~2000 nmであり、好ましくは50~1000 nmである。陽極12の厚さが10 nmより薄いと導波モード光の散乱がされにくくなる。陽極12の厚さが2000 nmより厚いと有機層13の平坦度を保てなくなると共に、陽極の透過率が低下する。

[0036] 陰極14は、発光層に電子を注入するための電極であり、仕事関数の小さい金属、合金、導電性化合物、あるいはこれらの混合物からなる材料を用いることが好ましい。陽極に接する有機層のLUMO (Lowest Unoccupied Molecular Orbital) 準位との差が過大にならないように仕事関数が1.9 eV以上5 eV以下のものを用いるのが好ましい。

[0037] 陰極14として用いられる材料としては、導電性の高い金属であれば何でも良いが、例えば、ナトリウム、ナトリウム-カリウム合金、マグネシウム、リチウム、アルミニウム、銀、さらに、これらの合金、例えば、マグネシウム・銀合金、アルミニウム/酸化アルミニウム、アルミニウム・リチウム合金、インジウム、希土類金属等を挙げることができる。

[0038] 陰極14の厚さは特に限定するものではないが、例えば30 nm~1 μ mであり、好ましくは50~500 nmである。陰極14の厚さが30 nmより薄いとシート抵抗が増加して、駆動電圧が上昇する。陰極14の厚さが1 μ

mより厚いと成膜時の熱や放射線によるダメージ、膜応力による機械的ダメージが電極や有機層に蓄積する。

[0039] 有機層13は、有機EL材料からなる発光層3を含み、発光層3と陰極12との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。有機厚膜層18の厚さが80nm未満の場合には、SPPモード光の発生抑制効果が不十分である。有機厚膜層18の厚さが、1500nmを超えると成膜に時間がかかりすぎるため生産性の面で好ましくない。また好ましくは100nm以上500nm以下であり、さらに好ましくは120nm以上300nm以下である。これは、有機厚膜層18の厚さが500nm以下であれば、有機EL素子における陽極側の屈折率変調構造の占める相対的な割合が大きくなるため、屈折率変調構造が機能的に働き、導波モード光をより基板から取り出すことができるためである。さらに有機厚膜層18の厚さが300nm以下であれば、駆動電圧の上昇を抑えることができる。

[0040] 有機層13は、有機EL材料からなる発光層（有機発光層）のほか、正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層を備えてもよい。

正孔注入層は、陽極12から有機層13への正孔注入を助ける層であり、イオン化エネルギーが通常5.5eV以下と小さい。このような正孔注入層としてはより低い電界強度で正孔を有機層13に注入する材料が好ましいが、形成する材料としては、上記の機能を担えるものであれば特に制限はなく、公知のものの中から任意のものを選択して用いることができる。正孔輸送層は発光領域まで正孔を輸送する層であって、正孔移動度が大きい。このような正孔輸送層として形成する材料は、上記の機能を担えるものであれば特に制限はなく、公知のものの中から任意のものを選択して用いることができる。

[0041] 電子注入層は陰極14から有機層13への電子注入を助ける層である。このような電子注入層としてはより低い電界強度で電子を有機層13に注入する材料が好ましいが、これらを形成する材料としては、上記の機能を担えるものであれば特に制限はなく、公知のものの中から任意のものを選択して用い

ることができる。正孔輸送層は発光領域まで正孔を輸送する層であって、正孔移動度が大きい。このような正孔輸送層として形成する材料は、上記の機能を担えるものであれば特に制限はなく、公知のものの中から任意のものを選択して用いることができる。

[0042] 有機厚膜層 18 は発光位置と陰極との間のエネルギー移動を有効に抑制するために厚くしてなる層であり、少なくとも電子を輸送する性質を有する層であれば、材料について特に制限はない。

有機厚膜層 18 は電子注入層や電子輸送層や正孔ブロック層であってもよいし、それらを含む複数層の層からなってもよい。電子注入層は一般には、陰極からの電子注入効率を改善する機能を有し、素子の駆動電圧を下げる効果を有する層である。電子輸送層は電子を能率的に輸送する機能を有する層であり、正孔の移動を抑制する機能を有する場合もある。

図 1 に示す層 19 は正孔注入層や正孔輸送層や電子ブロック層であってもよいし、それらを含む複数層の層からなってもよい。

有機層 13 は他の有機材料からなる層を備えてもよい。

[0043] 図 1 の形態では、陽極を透光性材料、陰極を金属材料とする構成である。一方、本発明に係る有機 EL 素子においては、陰極を透光性材料、陽極を金属材料とする構成でもよい。この場合、厚膜層（発光材料を含む層と陽極の間に配置）は正孔を輸送する層であれば、材料について特に制限はされないが、正孔注入層や正孔輸送層、電子ブロック層のいずれかを含んでも良い。発光層と陰極の間には電子注入層や電子輸送層、ホールブロック層のいずれかを含んでなる層を有していても良い。

[0044] 有機厚膜層 18 の膜厚を d 、移動度を μ とする。有機厚膜層 18 が n 層（ n は 1 以上の整数）のサブレイヤーからなり（ $n = 1$ の場合は単層）、 i 番目（ i は 1 から n までの整数）のサブレイヤーの膜厚、比誘電率及び移動度をそれぞれ d_i 、 ε_i 及び μ_i とするとき、以下の式（1）の関係を満たすのが好ましい；

[0045]

[数3]

$$1.0 \times 10^{-15} [\text{s} \cdot \text{V}] \leq \sum (d_i^2 / \mu_i) \leq 1.0 \times 10^{-4} [\text{s} \cdot \text{V}] \cdots (1)$$

[0046] ここで、本実施形態において第2電極は陰極としているから、 μ_i は電子に対する移動度となる。 Σ は、有機厚膜層が複数のサブレイヤーからなる場合、各サブレイヤーの d_i^2 / μ_i の和をとることを示す。有機厚膜層が単層の場合は、 Σ の値は d^2 / μ となる。

[0047] 有機厚膜層は導電性がそれほど高くないため、厚くすると駆動電圧が上昇するという問題があった。そこで、有機厚膜層を厚膜化する場合でも駆動電圧の向上を抑制するには移動度の高い材料を用いることが好ましい。ここで、駆動電圧を考える指標として、 d^2 / μ (d は膜厚、 μ は移動度) 採用することができ、これは有機厚膜層の抵抗に相当するものである。有機厚膜層が複数のサブレイヤーからなる場合は、各サブレイヤーの d_i^2 / μ_i の値の和をとるものとする。

[0048] 有機厚膜層は上記式の範囲が好ましい。 $1.0 \times 10^{-15} [\text{s} \cdot \text{V}]$ 以上にするとSP抑制が可能である。 $1.0 \times 10^{-4} [\text{s} \cdot \text{V}]$ 以下にすると駆動電圧が高くなるのを抑制できる。

SP抑制効果をさらに向上させるためには、好ましくは $1.0 \times 10^{-11} [\text{s} \cdot \text{V}]$ 以上、より好ましくは $1.0 \times 10^{-7} [\text{s} \cdot \text{V}]$ 以上、さらに好ましくは $1.0 \times 10^{-5} [\text{s} \cdot \text{V}]$ 以下とするとい。

[0049] 一方、上記層*i*における電圧降下量を V_i 、直流の比誘電率を ϵ_i 、真空の誘電率を ϵ_0 とすると、空間電荷制限電流領域における層*i*中の電流密度*j*は次のように表される。

[数4]

$$j = \frac{9}{8} \epsilon_0 \epsilon_i \mu_i \frac{V_i^2}{d_i^3} \cdots (3)$$

ただし、単位はSI単位系とする。式(3)を用いると、有機厚膜層を構成する層の電圧降下量の総和は

[数5]

$$\sum_i V_i = \sum_i \sqrt{\frac{8}{9} \frac{j d_i^3}{\varepsilon_0 \varepsilon_i \mu_i}} \quad \dots (4)$$

となる。

[0050] 駆動電圧の上昇を抑えるための膜厚、移動度の条件としては、式（４）の電圧値が１．０Ｖ以下であることが好ましく、０．５Ｖ以下であることがより好ましく、０．３Ｖ以下であることが更に好ましい。ここで、電流密度 j の値としては、有機ＥＬ素子の駆動で通常用いられる典型的な値として、 0.1 mA/cm^2 を用いることができる。

[0051] 図１で示す例の有機ＥＬ素子はボトムエミッション型の有機ＥＬ素子である。有機層１３からみて基板側の電極（この例では陽極）が透明電極であり、他方の電極（この例では陰極）が金属電極である構成が典型的な態様となる。有機層１３のうち、層１８が有機厚膜層として機能する。

[0052] 有機層１３は、蒸着法、転写法などの乾式プロセスによって成膜してもよいし、スピコート法、スプレーコート法、ダイコート法、グラビア印刷法など、湿式プロセスによって成膜してもよい。

有機層１３の層厚は特に限定するものではないが、例えば５０～２０００ｎｍであり、好ましくは１００～１０００ｎｍである。有機層１３の層厚が５０ｎｍより薄いと突き抜け電流による内部ＱＥの低下や陰極１４による損失性表面波モードカップリング（lossy surface wave mode coupling）など、金属によるＳＰＰカップリング以外の消光が起こる。有機層１３の層厚が１０００ｎｍより厚いと駆動電圧が上昇する。

[0053] 次に、本実施形態の有機ＥＬ素子の屈折による作用効果を、図１を用いて模式的に説明する。

本実施形態の有機ＥＬ素子は、有機厚膜層１８が８０ｎｍ以上の厚さを有し、発光層３と陰極１４との間の距離が大きいので、発光点ＡＰから陰極１４へのエネルギー移動がしにくく、陰極１４と厚膜層１８界面におけるＳＰＰモード光の発生自体が抑制されている。

[0054] ここで、図 1 に矢印で示した光の伝搬の仕方は、屈折作用効果の原理を分かり易く説明するために模式的に示したものである。原理は誘電体層 17 の屈折率と有機層の孔部内側面被覆部 13a の屈折率の大小関係によって異なる。前者が後者の屈折率より低い場合の光の伝搬を AP で表し、前者が後者の屈折率より高い場合の光の伝搬を AQ で表した。

本発明の作用効果を説明するために、内側面における屈折を特に誇張して図示しているが、他の界面においても屈折の法則に従って屈折が生じていることは言うまでもない。以下の他の図における矢印についても同様である。

屈折は屈折率が異なる材料の界面で生じるが、本発明の効果を説明するために特に必要ではない界面には図中では屈折作用の図示を省略している。

[0055] この構成においては、陰極 14 と陽極 12 との間の最短距離近傍が最も電流密度が高く、発光量が多くなる。有機層 13 に含まれる発光層の AP 点および AQ 点での発光はこの発光量が多い点での発光を模式的に示すものである。

誘電体層 17 の屈折率より有機層の孔部内側面被覆部 13a の屈折率が高い場合、有機層 13 に含まれる発光層 3 の AP 点で発光した光のうち、光 AP1 は基板に対して垂直方向に基板側に進む光であり、有機層 13 と基板 11 との界面で屈折することなく基板 11 内を進み、外部に取り出される。

[0056] 光 AP2 は、誘電体層 17 と孔部内側面被覆部 13a との界面（孔部 17A の内側面 17a）で屈折し、有機層 13 を透過し、誘電体層 17 と基板 11 の界面で屈折して、基板 11 内を通過して外部に取り出されうる。

[0057] ここで、光 AP2 が孔部内側面被覆部 13a から誘電体層 17 へ進む際、誘電体層 17 と孔部内側面被覆部 13a との界面（孔部 17A の内側面 17a）における屈折により、光 AP2 の有機層 13 から基板 11 への入射角および基板 11 から空気への入射角が小さい角度に変わる。有機層 13 と基板 11 との界面または陽極 12 と基板 11 との界面に臨界角以上の角度で入射する光は全反射して導波モード光となるが、光 AP2 は孔部 17A の内側面 17a での屈折により有機層 13 から基板 11 への入射角が小さい角度に変わ

る。そのため、陽極 1 2 と基板 1 1 との界面での全反射しない光が増えて、光 A P 2 が導波モード光となるのを防ぐ。基板（例えば、ガラス）の外表面に臨界角以上の角度で入射する光は全反射して基板モード光となるが、この孔部 1 7 A の内側面 1 7 a での屈折により基板 1 1 から空気への光 A P 2 の入射角がより小さい角度に変わるため、基板の外表面での全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。光 A P 3 についても同様の効果が得られる。

[0058] 図示していないが、A P 点から有機層 1 3 を通って進む光が凹部内側面被覆部 1 3 c と基板 1 1 との界面（凹部 1 1 A の内側面 1 1 a（基板 1 1 に対して垂直に延びる、基板 1 1 の凸部 1 1 B と有機層 1 3 との界面）で屈折する場合にも、この屈折により基板 1 1 への入射角が小さい角度に変わる。そのため同様に、有機層 1 3 と基板 1 1、および基板 1 1 と空気との界面での全反射を避けられる光が増えて光取り出し効率が向上する効果が得られる。

[0059] 図 1 において、誘電体層 1 7 の屈折率より有機層の孔部内側面被覆部 1 3 a の屈折率が低い場合、光 A Q 1 は A P 1 と同様である。光 A Q 2、A Q 3 は A P 2、A P 3 と逆に、誘電体層 1 7 から孔部内側面被覆部 1 3 a へ進む際、誘電体層 1 7 と孔部内側面被覆部 1 3 a との界面（孔部 1 7 A の内側面 1 7 a）における屈折により、有機層 1 3 から基板 1 1 への入射角および基板 1 1 から空気への入射角が小さい角度に変わる。これにより、基板と空気との界面での全反射を避けられる光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0060] 次に、本発明の第 1 実施形態の有機 E L 素子 1 0 において、陽極孔部が周期的に配置されることによって、陽極 1 2（誘電体層 1 7 又は基板の凸部 1 1 B）と陽極孔部内側面 1 2 a を被覆する有機層 1 3 a とが回折格子をなす場合について、その回折格子による作用効果を、図 2（a）を用いて模式的に説明する。図 2（a）に矢印で示した光の伝播の仕方は、回折格子による作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。以下で述べる原理は、誘電体層 1 7 と孔部内側面被覆部 1 3 a の屈折率の大小関係によらない。

[0061] 有機層 1 3 に含まれる発光層の A P 点で発光した光は有機層を伝播し、回折格子に入射する。入射した光は回折格子によって、ある所定の方向（強めあい条件を満たす方向）に回折光が放射される。

回折光は、通常の屈折光と比べて、回折点毎の回折光が干渉しながら放出されているため、ある所定の角度に非常に強く光が放射される。

ここで、矢印 A P D 1 や矢印 A P D 2 のように、基板 1 1（例えば、ガラス）と外部（例えば空気）との界面に、臨界角以下の入射角で入射した光は、そのまま外部に取り出される。この矢印 A P D 1 や矢印 A P D 2 で示す光は上記のように干渉により、他の伝播方向に比べ強めあっているため、ある特定の角度に強度が強い光を取り出すことが可能となり、光の取り出し効率が向上する。

[0062] 更に、本発明の第 1 実施形態の有機 E L 素子 1 0 において、連通する孔部 1 7 A、陽極孔部 1 2 A 及び凹部 1 1 A が基板 1 1 の面内の少なくとも 1 方向に発光光の波長と同程度以下の周期で周期的に配置される場合は、前述のように回折格子を形成していると思なせるとともに、一方ではフォトニック結晶を形成しているとも見ることもできる。そのフォトニック結晶による作用効果を、図 2（b）を用いて模式的に説明する。図 2（b）に矢印で示した光の伝播の仕方は、フォトニック結晶による作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。以下で述べる原理は、誘電体層 1 7 と孔部内側面被覆部 1 3 a の屈折率の大小関係によらない。

[0063] 有機層 1 3 に含まれる発光層の A P 点で発光した光は有機層を伝搬し、フォトニック結晶構造に入射する。ある方向に光の実効波長と同等以下のピッチを有する屈折率変調構造体が存在する空間では、その方向にはフォトニックバンドギャップを生じ、バンドギャップ周波数域内の光は伝播できなくなる（光閉じ込め効果）。

本発明の第 1 実施形態において周期構造は誘電体層 1 7、陽極 1 2 及び基板凸部 1 1 B の積層体と有機層（孔部内側面被覆部 1 3 a、陽極孔部内側面被覆部 1 3 b 及び凹部内側面被覆部 1 3 c）によって形成されている。ここで

フォトリックバンドギャップを生じうるのは基板と平行な矢印A P P 2方向である。したがって、A P P 2方向に対応するバンドギャップ周波数域内の光に対しては、この基板と平行な方向への伝播は禁制される。

[0064] 一方で、基板に垂直な方向は、フォトリック結晶をなす周期構造が形成されていないので、フォトリックバンドギャップは生じない。したがって、有機層13中に伝播光として取り出されたS P Pモード光は基板に垂直に近い方向(A P D 1方向)に、進むことになる。フォトリック結晶構造がない場合、有機層13中に取り出された光は大部分が陽極12(あるいは有機層13)と基板界面で全反射されて導波モード光になるか、基板と空気界面で全反射されて基板モードとなる。しかし、フォトリック結晶構造によって有機層中の光伝播方向が基板面に対して垂直に近い方向に変えられるため全反射が抑えられ、外部への光取り出し効率が向上する。

[0065] (有機E L素子(第2の実施形態))

図3は、本発明の第2の実施形態に係る有機E L素子の一例を説明するための断面模式図である。第2の実施形態に係る有機E L素子は、いわゆるボトムエミッション構造でもトップエミッション構造でも、いずれを適用してもよい。

本発明の第2の実施形態に係る有機E L素子20は、陽極22と、有機E L材料からなる発光層3を含む有機層23と、陰極24とを順に具備する。前記有機層23は、前記発光層3と前記陰極24との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記陽極22と前記陰極24との間には、前記有機層23の屈折率と異なる屈折率を有すると共に複数の孔部27A(図19(a)参照)を備えた誘電体層27を具備する。前記有機層23は、前記孔部27Aの内側面27aを被覆する孔部内側面被覆部23aを有するものである。

図3に示す例では、前記有機層23はさらに、前記誘電体層27及び前記孔部内側面孔部内側面被覆部23aと前記陰極24との間に配置される層状部23dを有する。層状部23dは、発光層3及び有機厚膜層18を含む。図

3に示す有機層23はさらに、発光層3より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層を備える。

孔部内側面孔部内側面被覆部は、有機層を構成する層のうちの一部によって構成されていてもよい。

[0066] 図4(a)、(b)はどちらも本発明の第2の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。図4(a)は平面視で誘電体層27が海状部を形成し、孔部内側面被覆部23aが島状部を形成する有機EL素子である。図4(b)は平面視で誘電体島状部外側面被覆部23sが海状部を形成し、誘電体層島状部27Bが島状部を形成する有機EL素子である。図4(b)において誘電体島状部27Bの外側面は図4(a)における、孔部27Aの内側面と同様に、誘電体層27と孔部内側面孔部内側面被覆部23aとの界面で光を屈折させる効果を奏する。そのため以下、図4(a)に基づき説明する。

従って、誘電体層27が海島構造の海状部であっても島状部であっても同様の効果を奏するため、以下の説明は図4(a)に示す構造について行う。

[0067] 誘電体層27の孔部27Aが基板面内の少なくとも一方向に配置される周期が発光光の波長以上の場合には、孔部の形状はその内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はされない。孔部内側面導波モード光をより基板21側に屈折させる観点からは、孔部内側面被覆部23aと誘電体層27の屈折率の大小関係によらず、孔部27Aの内側面27aと基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図3で示した例では、内側面は基板面に対して垂直に配置される構成であるが、かかる構成である必要はない。孔部27Aの内側面27aと孔部27Aの基板21側の底面がなす角度で、孔部27Aの内側の角度は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ が好ましく、 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ がより好ましく、 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ がより一層好ましい。

[0068] 一方で、隣接する孔部27Aが配置される周期が発光光の波長と同等以下においては、孔部27Aの形状は、回折の効果やフォトニック結晶による効果を奏するものであれば特に限定はない。発光した光をより基板側に取り出

す観点からは、孔部内側面被覆部 23 a と誘電体層 27 の屈折率の大小関係によらず、孔部 27 A の内側面 27 a は基板面に対して垂直であることが好ましい。

これは孔部 27 A の内側面 27 a が基板面に対して垂直又は垂直に近い界面であることによって、誘電体層孔部の内側面 27 a を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトリソグラフィでは基板面内方向に光が伝播できなくなるフォトリソグラフィバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層 23 で発光した光を外部へ取り出すことができる。回折格子でも基板面への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

上記のように、孔部 27 A を誘電体島状部 27 B としても形状に関して、同様のことが言える。

[0069] 本発明の有機 EL 素子は、ボトムエミッション型、トップエミッション型、いずれの有機 EL 素子でも適用できる。ボトムエミッション型に適用する場合には、基板 21 の材料及び厚さは、第 1 の実施形態の基板 11 と同様のものを利用することができる。

トップエミッション型の有機 EL 素子に適用する場合には、上記記載と同様なものの他に、不透明なものも使用できる。具体的には、例えば銅 (Cu)、銀 (Ag)、金 (Au)、白金 (Pt)、タングステン (W)、チタン (Ti)、タンタル (Ta)、ニオブ (Nb)、アルミニウム (Al) の単体金属、またはこれらを含んだ合金、あるいはステンレスなどからなる材料からなる基板、その他のトップエミッション型の有機 EL 素子で通常用いられる基板を用いることができる。

[0070] 図 4 (a) のように、誘電体層 27 の複数の孔部 27 A の内側面 27 a が有機層 23 (図 5 の孔部内側面被覆部 23 a) によって被覆されている場合は、孔部内側面被覆部 23 a が内側面 27 a を被覆していれば、有機層 23 が孔部 27 A を充填する構成でも、一部を埋める構成でもよい。

図 4 (b) のように、誘電体島部 27 B の外側面 27 b が有機層 23 (図示

しない凸部外側面被覆部)によって被覆されている場合は、凸部外側面被覆部が外側面27bを被覆していれば、誘電体島部27Bの全表面を覆う構成でも、その一部を覆う構成でもよい。

上記のように誘電体層27の周辺の構造について屈折率の比較を行う場合には、有機層の屈折率とは、孔部内側面被覆部23aの屈折率をいう。

[0071] 有機層23は、有機EL材料からなる発光層3を含み、発光層3と陰極22との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含み、さらに正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層を備える。有機層23は、前記孔部27Aの内側面27aを被覆する孔部内側面孔部内側面被覆部23aと、前記誘電体層27及び前記孔部内側面孔部内側面被覆部23aと前記陰極24との間に配置される層状部23bを有している。

[0072] 陰極24、陽極22、誘電体層27の材質等は、第1の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0073] 次に、本実施形態の有機EL素子の作用効果を、図3を用いて模式的に説明する。図3に矢印で示した光の伝播の仕方は、作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。

まず、本実施形態の有機EL素子は、有機厚膜層18が80nm以上の厚さを有し、発光層3と陰極24との間の距離が大きいので、発光点BPから陰極24へのエネルギー移動がしにくく、陰極24と厚膜層18界面におけるSPPモード光の発生自体が抑制されている。

[0074] 有機層の孔部内側面被覆部23aの屈折率が誘電体層27の屈折率より高い場合、有機層23に含まれる発光層のBP点で発光した光のうち、光BP1は基板に対して垂直方向に基板側に進む光である。そのため、有機層23と陽極22との界面及び陽極22と基板21との界面でも屈折することなく、陽極22内、基板21内を進み、外部に取り出される。

[0075] 光BP2は孔部27Aの内側面27aにおいて基板21側に屈折し、有機層23、陽極22、基板21内を通過して外部に取り出されうる。この界面(内

側面 27 a) がない構成では基板 21 と陽極 22 の界面及び基板 21 の外表面で全反射を生じ得るが、この界面（内側面 27 a）を有することにより、孔部 27 A の内側面 27 a での屈折により有機層内伝播光の基板 21 への入射角がより小さい角度に変わる。そのため、基板 21 と陽極 22 の界面及び基板 21 の外表面で全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。すなわち、孔部 27 A の内側面 27 a を備える構成を有することにより、光取り出し効率が向上する。

光 B P 3 も同様に、孔部 27 A の内側面 27 a において、基板 21 側に屈折することにより、導波モード光および基板モード光とならず、有機層 23、陽極 22、基板 21 内を通して外部に取り出されうる。

[0076] 図 3 において、誘電体層 27 の屈折率が有機層の孔部内側面孔部内側面被覆部 23 a の屈折率より高い場合、光 B Q 1 は B P 1 と同様である。光 B Q 2、B Q 3 は B P 2、B P 3 と逆に、誘電体層 27 から孔部内側面被覆部 23 a へ進む際、誘電体層 27 と孔部内側面被覆部 23 a との界面における屈折により、有機層 23 から基板 21 への入射角および基板 21 から空気への入射角が小さい角度に変わる。これにより、基板と空気との界面での全反射を避けられる光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0077] 第 2 の実施形態の有機 E L 素子 20 において、孔部 27 A が基板 21 の面内の少なくとも 1 方向に発光光の波長と同等以下の周期で周期的に配置されることによって生じる、回折格子による作用効果およびフォトニック結晶による作用効果は、第 1 の実施形態と回折格子およびフォトニック結晶を構成するものが異なるだけであるため同様である。

第 1 の実施形態において、回折格子およびフォトニック結晶を構成するのは、陽極孔部 12 A、孔部 17 A および凹部 11 A と孔部内側面被覆部 13 a、陽極孔部内側面被覆部 13 b および凹部内側面被覆部 13 c であるのに対し、第 2 の実施形態においては、孔部 27 A と孔部内側面被覆部 23 a である。

[0078] （有機 E L 素子（第 3 の実施形態））

図5は、本発明の第3の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための断面模式図である。第3の実施形態に係る有機EL素子は、いわゆるボトムエミッション構造でもトップエミッション構造でも、いずれを適用してもよい。

本発明の第3の実施形態に係る有機EL素子30は、陽極32と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層33と、陰極34とを順に具備する。前記有機層33は、前記発光層3と前記陰極34との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記陽極32と前記陰極34との間には、前記有機層33の屈折率と異なる屈折率を有すると共に複数の孔部37A（図20（a）参照）を備えた誘電体層37を具備する。前記有機層33は、前記孔部37Aの内側面37aを被覆する孔部内側面孔部内側面被覆部33aを有するものである。前記陽極32は、前記孔部37Aに連通する陽極孔部32Aを備える。前記有機層はさらに、前記陽極孔部32Aの内側面32aを被覆する陽極孔部内側面孔部内側面被覆部33bを備える。

図5に示す例では、前記有機層33はさらに、前記誘電体層37及び前記孔部内側面孔部内側面被覆部33aと前記陰極34との間に配置される層状部33dを有するものである。層状部33cは、発光層3及び有機厚膜層18を含む。図5に示す有機層33はさらに、発光層3より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層を備える。

孔部内側面被覆部33a及び陽極孔部内側面被覆部33bは、有機層を構成する層のうちの一部によって構成されていてもよい。

[0079] 本発明の有機EL素子は、上記のようにトップエミッション型、ボトムエミッション型の有機EL素子のいずれにも適用できる。基板31の材料及び厚さとしては、トップエミッション型、ボトムエミッション型それぞれについて、第2の実施形態の基板21と同様なものを用いることができる。

[0080] 陽極32は第1の実施形態と同様に、複数の陽極孔部32Aを備えている。その陽極孔部32Aの内側面32aが有機層33によって被覆されており

(陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 33b)、その上面が誘電体層 37 によって被覆されている。陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 33b は内側面 32a を被覆していれば、陽極孔部 32A を充填する構成でも、一部を埋める構成でもよい。

[0081] 誘電体層 37 は、有機層の屈折率より低い屈折率を有すると共に複数の孔部 37A を備えている。この孔部 37A の内側面 37a は有機層 33 (孔部内側面孔部内側面被覆部 33a) によって被覆されている。孔部内側面孔部内側面被覆部 33a は内側面 37a を被覆していれば、孔部 37A を充填する構成でも、一部を埋める構成でもよい。

[0082] 有機層 33 は、有機 EL 材料からなる発光層 3 を含み、発光層 3 と陰極 32 との間に、膜厚が 80 nm 以上 1500 nm 以下の有機厚膜層 18 を含み、正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層 19 を備える。有機層 33 は、前記孔部 37A の内側面 37a を被覆する孔部内側面孔部内側面被覆部 33a と、陽極孔部 32A の内側面を被覆する陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 33b と、前記誘電体層 37 及び前記孔部内側面孔部内側面被覆部 33a と前記陰極 34 との間に配置される層状部 33d を有している。

[0083] 図 6 (a)、(b) はどちらも本発明の第 3 の実施形態に係る有機 EL 素子の一例を説明するための斜視図である。図 6 (a) は平面視で誘電体層孔部 37A とこれに連通する陽極孔部 32A が配列した場合である。図 6 (b) は互いに連結された陽極凸部 32B が突起状に配列し、その陽極凸部パターン上に、平面視で同形状の、誘電体膜を島状に形成した誘電体島状部 37B を有する場合である。

[0084] 図 6 (a) では、誘電体層 37 および陽極 32 が海状部を形成し、連通する孔部 37A および陽極孔部 32A を被覆する孔部内側面被覆部 33a および陽極孔部内側面被覆部 33b が島状部を形成する。図 6 (b) では、誘電体層島状部 37B および陽極凸部 32B が島状部を形成し、誘電体島状部外側面被覆部 33s および陽極凸部外側面被覆部 33t が海状部を形成している。

。

[0085] 図6（b）における陽極凸部32Bは、図6（a）における、陽極孔部32Aと同様に、陽極32Aと陽極孔部内側面孔部内側面被覆部33bとの界面で光を基板31の法線寄りの方向に屈折させる効果を奏する。したがって、図6（a）のみならず、陽極32及び誘電体膜37の積層体と有機層33の海島の関係が図6（a）とは逆である図6（b）を用いることもできる。ただしこの場合は、各陽極凸部32Bが電氣的に接続されるように、平面視した場合に基板31上で陽極凸部32Bを形成しない領域にも陽極の層状部を形成する必要がある。

従って、誘電体層37が海島構造の海部であっても島部であっても同様の効果を奏するため、以下の説明は図6（a）の構造について行う。

[0086] 連通する孔部37A及び陽極孔部32Aが基板面内の少なくとも一方向に配置される周期（ピッチ）が発光光の波長以上の場合には、孔部37Aの形状はそれらの内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はされない。孔部内側面導波モード光をより基板31側に屈折させる観点から、孔部37Aの内側面37aと基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図5で示した例では、孔部37Aの内側面37aが基板面に対してほぼ垂直に配置される構成であるが、かかる構成である必要はない。孔部37Aの内側面37aと基板面がなす角度で、孔部37Aの内側の角度は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ が好ましく、 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ がより好ましく、 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ がより一層好ましい。

[0087] 一方で、隣接する孔部37A及び陽極孔部32A間のピッチが発光光の波長と同等以下においては、孔部37A及び陽極孔部32Aの形状は、回折の効果やフォトニック結晶による効果を奏するものであれば特に限定はない。発光した光をより基板側に取り出す観点からは、孔部及び陽極孔部の内側面は基板面に対してほぼ垂直であることが好ましい。

これは孔部及び陽極孔部の内側面が基板面に対してほぼ垂直であることによって、孔部37Aの側面を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急

峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトニック結晶では基板面内方向に光が伝播できなくなるフォトニックバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層 33 から外部へ取り出すことができる。回折格子でも基板方向への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

上記のように、孔部及び陽極孔部を誘電体島状部及び陽極凸部としても形状に関して、同様のことが言える。

[0088] 陰極 34、陽極 32、誘電体層 37 の材質等は、第 1 の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0089] 次に、本実施形態の有機 EL 素子の作用効果を、図 5 を用いて模式的に説明する。図 5 に矢印で示した光の伝播の仕方は、作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。

まず、本実施形態の有機 EL 素子は、有機厚膜層 18 が 80 nm 以上の厚さを有し、発光層 3 と陰極 34 との間の距離が大きいので、エネルギー移動がしにくく、SPPモード光の発生自体が抑制されている。

[0090] この構成においては、陰極 34 と陽極 32 との間の最短距離近傍が最も電流密度が高く、発光量が多くなる。有機層 33 に含まれる発光層の CP 及び CQ 点での発光はこの発光量が多い点での発光を模式的に示すものである。有機層の孔部内側面孔部内側面被覆部 33a の屈折率が誘電体層 37 の屈折率より高い場合は、有機層 33 に含まれる発光層の CP 点で発光した光のうち、光 CP1 は基板に対して垂直方向に基板側に進む光であり、有機層 33 と基板 31 との界面で屈折することなく、基板 31 内を進み、外部に取り出される。

光 CP2 は、孔部 37A の内側面 37a で基板 31 側に屈折し、誘電体層 37 を透過し、誘電体層 37 と陽極 32 との界面で屈折して陽極 32 内を進み、陽極 32 と基板 31 との界面で屈折した後、基板 31 内を通過して外部に取り出されうる。

ここで、光 CP2 が有機層 33 から誘電体層 37 へ進む際、有機層 33 と誘

電体層 37 との界面（孔部 37 A の内側面 37 a）における屈折により、基板 31 への入射角がより小さい角度に変わる。陽極 32 と基板 31 との基板（例えば、ガラス）の外表面に臨界角以上の入射角で入射すると全反射となるが、この孔部 37 A の内側面 37 a での屈折により陽極 32 と基板 31 との界面及び基板 31 の外表面への入射角がより小さい角度に変わる。そのため、これらの界面で全反射をしない光が増えて光取り出し効率が向上する。光 CR3 についても同様の効果が得られる。

[0091] 図 5 において、有機層の孔部内側面孔部内側面被覆部 33 a の屈折率が誘電体層 37 の屈折率より低い場合、光 CQ1 は CP1 と同様である。光 CQ2、CQ3 は CP2、CP3 と逆に、誘電体層 37 から孔部内側面孔部内側面被覆部 33 a へ進む際、誘電体層 37 と孔部内側面孔部内側面被覆部 33 a との界面における屈折により、有機層 33 から基板 31 への入射角および基板 31 から空気への入射角が小さい角度に変わる。これにより、基板と空気との界面での全反射を避けられる光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0092] 第 3 の実施形態の有機 EL 素子 30 において、連通する孔部 37 A および陽極孔部 32 A が基板 31 の面内の少なくとも 1 方向に発光光の波長と同等以下の周期で周期的に配置されることによって生じる。回折格子による作用効果およびフォトリソニック結晶による作用効果は、第 1 の実施形態と回折格子およびフォトリソニック結晶を構成するものが異なるだけであるため同様である。第 1 の実施形態において、回折格子およびフォトリソニック結晶を構成するのは、陽極孔部 12 A、孔部 17 A および凹部 11 A と孔部内側面被覆部 13 a、陽極孔部内側面被覆部 13 b および凹部内側面被覆部 13 c であるのに対し、第 3 の実施形態においては、陽極孔部 32 A 及び孔部 37 A と陽極孔部内側面被覆部 33 b 及び孔部内側面被覆部 33 a である。

[0093] （有機 EL 素子（第 4 の実施形態））

図 7 は、本発明の第 4 の実施形態に係る有機 EL 素子の一例を説明するための断面模式図である。第 4 の実施形態に係る有機 EL 素子は、いわゆるボトムエミッション構造でもトップエミッション構造でも、いずれを適用して

もよい。

本発明の第4の実施形態に係る有機EL素子40は、陽極42と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層43と、陰極44とを順に具備する。前記有機層43は、前記発光層3と前記陰極44との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記陽極42は、その陽極42の屈折率と異なる屈折率を有する誘電体層47によってその内側面42aを被覆された複数の陽極孔部42A（図21（e）参照）を備える。

[0094] 図8（a）、（b）はどちらも本発明の第4の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための斜視図である。図8（a）は平面視で陽極孔部が配列した場合である。図8（b）は互いに連結された陽極凸部42Bが突起状に配列した有機EL素子のその他の例を説明するための斜視図である。

[0095] 図8（a）では、陽極42が海状部を、誘電体層47が島状部を形成している。図8（b）では、誘電体層47が海状部を、陽極42が島状部を形成している。陽極凸部42Bは図8（a）における、陽極孔部42Aと同様に、有機層43側から入射する光を基板41の法線寄りの方向に屈折させる効果を奏する。この陽極凸部42Bは、図8（a）における陽極孔部42Aと同様に、その誘電体層47と陽極42bとの界面で光を基板側に屈折させる効果を奏する。したがって、図8（a）と陽極と誘電体層の海島構造の関係が互いに反転した図8（b）を用いることもできる。

ただしこの場合、各陽極凸部42Bが電氣的に接続されるように、平面視した場合に、陽極凸部42Bを形成しない領域にも陽極の層状部を形成する必要がある。誘電体層47が海島構造の海部であっても島部であっても同様の効果を奏するため、以下の説明は図8（a）の構造について行う。

[0096] 隣接する陽極孔部42Aが基板面内の少なくとも一方向に配置される周期（ピッチ）が発光光の波長以上の場合には、陽極孔部の形状はその内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はない。導波モード光をより垂直に屈折させる観点からは、陽極孔部42Aの内側面42aと基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図7で示した例では、その

内側面は基板面に対して垂直に配置される構成であるが、かかる構成に限定されない。

陽極孔部42Aの内側面42aが基板面に対する角度は45～135が好ましく、60～120°がより好ましく、75～105°がより一層好ましい。

[0097] 一方で、隣接する陽極孔部42Aが配置される周期（ピッチ）が発光光の波長と同等以下においては、陽極孔部42Aの形状は、回折の効果やフォトリソニック結晶による効果を奏するものであれば特に限定はない。発光した光をより基板側に取り出す観点からは、孔部及び陽極孔部の内側面は基板面に対してほぼ垂直であることが好ましい。

これは陽極孔部42Aの内側面が基板面に対してほぼ垂直であることによって、陽極孔部42Aの側面を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトリソニック結晶では基板面内方向に光が伝播できなくなるバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層43から外部へ取り出すことができる。また回折格子でも基板方向への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

上記のように、陽極孔部を陽極凸部としても形状に関して、同様のことが言える。

[0098] 本発明の有機EL素子は、上記のようにトップエミッション型、ボトムエミッション型の有機EL素子のいずれにも適用できる。基板41の材料及び厚さとしては、トップエミッション型、ボトムエミッション型それぞれについて、第2の実施形態の基板21と同様なものを用いることができる。

[0099] 陰極44、陽極42、誘電体層47の材質等は、第1の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0100] 陽極42は、複数の陽極孔部42A（図21（e）参照）を備えている。その陽極孔部42Aの内側面42aは陽極42の屈折率より低い屈折率を有する誘電体層47によって被覆されている。誘電体層47は内側面42aを

被覆していれば、陽極孔部 4 2 A を充填する構成でも、一部を埋める構成でもよい。

[0101] 誘電体層 4 7 は、陽極 4 2 の陽極孔部 4 2 A の内側面 4 2 a を被覆しており、陽極 4 2 の屈折率より低い屈折率を有する材料からなる。

誘電体層 4 7 をかかる構成及び材料としたのは、陽極孔部 4 2 A の内側面 4 2 a に入射する光を、この界面において基板 4 1 側に屈折させて、導波モード光の入射角を小さい角度に変えることで全反射を生じる光の割合を低減させ、光取り出し効率を向上させるためである。

[0102] 有機層 4 3 は、有機 E L 材料からなる発光層 3 を含み、発光層 3 と陰極 4 2 との間に、膜厚が 8 0 n m 以上 1 5 0 0 n m 以下の有機厚膜層 1 8 を含む。図 7 に示す有機層 4 3 はさらに、発光層 3 より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層 1 9 を備える。

[0103] 次に、本実施形態の有機 E L 素子の作用効果を、図 7 を用いて模式的に説明する。図 7 に矢印で示した光の伝播の仕方は、作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。

まず、本実施形態の有機 E L 素子は、有機厚膜層 1 8 が 8 0 n m 以上の厚さを有し、発光層 3 と陰極 4 4 との間の距離が大きいので、エネルギー移動がしにくく、SPPモード光の発生自体が抑制されている。

[0104] 陽極 4 2 の屈折率が誘電体層 4 7 の屈折率より高い場合、有機層 4 3 に含まれる発光層の D P 点で発光した光のうち、光 D P 1 は基板に対して垂直に基板側に進む光であり、基板 4 1 との界面で屈折することなく基板 4 1 内を進み、外部に取り出される。

光 D P 2 は、陽極孔部 4 2 A の内側面 4 2 a（基板 4 1 の基板面に対して垂直に延びる、陽極 4 2 と誘電体層 4 7 との界面）で屈折し、誘電体層 4 7 を透過し、誘電体層 4 7 と基板 4 1 との界面で屈折した後、基板 4 1 内を通過して外部に取り出される。

ここで、光 D P 2 が陽極 4 2 から誘電体層 4 7 へ進む際、陽極孔部 4 2 A の内側面 4 2 a での屈折により、基板 4 1 への入射角がより小さい角度に変わ

る。基板（例えば、ガラス）の外表面では臨界角以上の入射角で入射する光はと全反射するが、この内側面42aでの屈折により基板41への入射角がより小さい角度に変わる。そのため、基板の外表面で全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。光CR3についても同様の効果が得られる。

[0105] 図7において、陽極42の屈折率が誘電体層47の屈折率より低い場合、光DQ1はDP1と同様である。光DQ2、DQ3はDP2、DP3と逆に、誘電体47から陽極42へ進む際、陽極42と誘電体47との界面における屈折により、有機層43から基板41への入射角および基板41の外表面への入射角がより小さい角度に変わる。これにより、基板の外表面で全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0106] 第4の実施形態の有機EL素子40において、陽極孔部42Aが陽極42の面内の少なくとも1方向に発光光の波長と同等以下の周期で周期的に配置されることによって生じる、回折格子による作用効果およびフォトリック結晶による作用効果は、第1の実施形態と回折格子およびフォトリック結晶を構成するものが異なるだけであるため同様である。

第1の実施形態において、回折格子およびフォトリック結晶を構成するのは、陽極孔部12A、孔部17Aおよび凹部11Aと孔部内側面被覆部13a、陽極孔部内側面被覆部13bおよび凹部内側面被覆部13cであるのに対し、第3の実施形態においては、陽極42と誘電体層47である。

[0107] （有機EL素子（第5の実施形態））

図9は、本発明の第5の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための断面模式図である。第5の実施形態に係る有機EL素子は、いわゆるボトムエミッション構造でもトップエミッション構造でも、いずれを適用してもよい。

本発明の第5の実施形態に係る有機EL素子50は、陽極52と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層53と、陰極54とを順に具備する。前記有機層53は、前記発光層3と前記陰極54との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記陽極52は、複数の陽極孔

部 5 2 A (図 2 2 (e) 参照) を備える。前記有機層 5 3 は、前記陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a を被覆する陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 5 3 a と、前記陽極 5 2 及び前記陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 5 3 a と前記陰極 5 4 との間に配置される層状部 5 3 b とを有するものである。

図 9 に示す有機層 5 3 では、発光層 3 より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層 1 9 を備える。

[0108] 図 1 0 (a)、(b) はどちらも本発明の第 5 の実施形態に係る有機 E L 素子の一例を説明するための斜視図である。図 1 0 (a) は平面視で陽極孔部が配列した有機 E L 素子である。図 1 0 (b) は互いに連結された陽極凸部 5 2 B が突起状に配列した有機 E L 素子である。

つまり、図 1 0 (a) では、陽極 5 2 が海状部を形成し、陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 5 3 a が島状部を形成している。図 1 0 (b) では、陽極凸部 5 2 B が島状部を形成し、誘電体島状部外側面被覆部 5 3 s が海状部を形成している。図 1 0 (b) における陽極凸部 5 2 B の外側面部は、図 1 0 (a) における、陽極孔部 5 2 A の内側面と同様に、有機層 5 3 から入射する光を屈折させる効果を奏する。

したがって、図 1 0 (a) と陽極と有機層の海島構造の関係が互いに反転した図 1 0 (b) を用いることもできる。ただしこの場合、各陽極凸部 5 2 B が電氣的に接続されるように、平面視した場合に陽極凸部 5 2 B を形成しない領域にも陽極の層状部を形成する必要がある。陽極 5 2 が海島構造の海部であっても島部であっても同様の効果を奏するため、以下の説明は図 1 0 (a) の構造について行う。

[0109] 隣接する陽極孔部 5 2 A が基板面内の少なくとも一方向に配置される周期が発光光の波長以上の場合には、陽極孔部 5 2 A の形状はその内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はされない。導波モード光をより基板 5 1 側に屈折させる観点から、陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a と基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図 9 で示した例では、陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a が基板面に対してほぼ垂直に配置される構

成であるが、かかる構成である必要はない。陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a と基板面がなす角度で、陽極孔部 5 2 A の内側の角度は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ が好ましく、 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ がより好ましく、 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ がより一層好ましい。

[0110] 一方で、隣接する陽極孔部 5 2 A が配置される周期（ピッチ）が光の実効波長と同等以下においては、陽極孔部 5 2 A の形状は、回折の効果やフォトリソニック結晶による効果を奏するものであれば特に限定はない。発光した光をより基板側に取り出す観点からは、孔部及び陽極孔部の内側面は基板面に対してほぼ垂直であることが好ましい。

これは陽極孔部の内側面が基板面に対してほぼ垂直であることによって、陽極孔部 5 2 A の側面を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトリソニック結晶では基板面内方向に光が伝播できなくなるバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層 5 3 から外部へ取り出すことができる。回折格子でも基板面に垂直な方向への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

上記のように、陽極孔部を陽極凸部としても形状に関して、同様のことが言える。

[0111] 本発明の有機 EL 素子は、上記のようにトップエミッション型、ボトムエミッション型の有機 EL 素子のいずれにも適用できる。基板 5 1 の材料及び厚さとしては、トップエミッション型、ボトムエミッション型それぞれについて、第 2 の実施形態の基板 2 1 と同様なものを用いることができる。

[0112] 陰極 5 4、陽極 5 2 の材質等は、第 1 の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0113] 次に、本実施形態の有機 EL 素子の作用効果を、図 9 を用いて模式的に説明する。図 9 に矢印で示した光の伝播の仕方は、作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。

まず、本実施形態の有機 EL 素子は、有機厚膜層 1 8 が 80 nm 以上の厚

さを有し、発光層 3 と陰極 5 4 との間の距離が大きいので、エネルギー移動がしにくく、SPPモード光の発生自体が抑制されている。

[0114] 陽極 5 2 の屈折率が有機層 5 3 の屈折率より高い場合、有機層 5 3 に含まれる発光層の E P 点で発光した光のうち、光 E P 1 は基板に対して垂直に基板側に進む光であり、有機層 5 3 と陽極 5 2 との界面及び陽極 5 2 と基板 5 1 との界面でも屈折することなく、陽極 5 2 内、基板 5 1 内を進み、外部に取り出される。

光 E P 2 は、有機層 5 3 と陽極 5 2 との界面で屈折して陽極 5 2 に入り、陽極 5 2 を透過して、陽極 5 2 と有機層 5 3 a との界面（陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a）で屈折して進み、陽極 5 2 内、基板 5 1 内を通過して外部に取り出されうる。

光 E P 2 は陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a において基板 5 1 側に屈折し、有機層 5 3、基板 5 1 を通って外部に取り出されうる。この界面（内側面 5 2 a）がない構成では基板 5 1 と陽極 5 2 または有機層 5 3 の界面および基板 5 1 の外表面で全反射を生じ得る。しかし、この界面（内側面 5 2 a）を有することにより、陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a での屈折により有機層内伝播光の基板 5 1 への入射角がより小さい角度に変わる。そのため、全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。すなわち、陽極孔部 5 2 A の内側面 5 2 a を備える構成を有することにより、光取り出し効率が向上する。光 E P 3 についても同様の効果が得られる。

[0115] 図 9 において、陽極 5 2 の屈折率が有機層 5 3 の屈折率より低い場合、光 E Q 1 は光 E P 1 と同様である。光 E Q 2、光 E Q 3 は光 E P 2、光 E P 3 と逆に、有機層 5 3 から陽極 5 2 へ進む際、陽極 5 2 と有機層 5 3 との界面における屈折により、有機層 5 3 と基板 5 1 の界面への入射角および基板 5 1 の外表面への入射角が小さい角度に変わる。これにより、基板との外表面での全反射を避けられる光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0116] 第 5 の実施形態の有機 EL 素子 5 0 において、陽極孔部 5 2 A が基板 5 1 の面内の少なくとも 1 方向に発光光の波長と同等以下の周期で周期的に配置さ

れることによって生じる、回折格子による作用効果およびフォトリソグラフィによる作用効果は、第1の実施形態と回折格子およびフォトリソグラフィを構成するものが異なるだけであるため同様である。

第1の実施形態において、回折格子およびフォトリソグラフィを構成するのは、陽極孔部12A、孔部17Aおよび凹部11Aと孔部内側面被覆部13a、陽極孔部内側面被覆部13bおよび凹部内側面被覆部13cであるのに対し、第3の実施形態においては、陽極52と孔部内側面被覆部53aである。

[0117] (有機EL素子(第6の実施形態))

図11は、本発明の第6の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための断面模式図である。第6の実施形態に係る有機EL素子は、いわゆるボトムエミッション構造でもトップエミッション構造でも、いずれを適用してもよい。

本発明の第6の実施形態に係る有機EL素子60は、誘電体層67と、陽極62と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層63と、陰極64とが順に具備する。前記有機層63は、前記発光層3と前記陰極64との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層18を含む。前記誘電体層67は、前記陽極62の屈折率と異なる屈折率を有すると共に前記基板61が露出するように開口部67Aを有するパターンで形成されている。前記陽極62の両表面と、前記有機層63の陽極62側表面は、前記誘電体層67のパターンを追従するように形成されている。

図11に示す有機層63はさらに、発光層3より陽極側に正孔輸送層や正孔注入層等の少なくとも正孔を輸送する機能を有する有機層19を備える。

前記誘電体層67のパターンを追従する陽極62の有機層63側に、平坦化膜を形成してもよい。平坦化膜は、前記有機層63の陽極62側表面を平坦にする膜であり、陽極62の孔部を埋めるように形成される。

[0118] 平坦化膜は、陽極62表面の一部覆う場合は、導電性を有していてもいなくても、可視光で透明であればよく、誘電体層67および陽極62と同様の

材料などを用いることができる。一方、陽極 6 2 表面を全て覆う場合は、導電性を有している必要があり、陽極 6 2 と同様の材料などの、各種の導電性材料を用いることができる。平坦化層の形成方法としては、例えば、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD 法などの乾式プロセス法のほか、塗布法などの湿式プロセスも用いることができる。

[0119] 図 1 2 は本発明の第 6 実施形態に係る有機 EL 素子の一例を説明するための斜視図である。

図 1 2 (a) は、海島構造が 2 箇所形成されている。第 1 の海島構造の部分では、誘電体層 6 7 の開口部を充填する陽極 6 2 の部分が平面視で互いに分離した島状部を形成し、開口部を有する誘電体層 6 7 が海状部を形成する。第 2 の海島構造の部分では、陽極孔部 6 2 A を充填する陽極孔部内側面被覆部 6 3 a が平面視で互いに分離した島状部を形成し、開口部を有する陽極 6 2 の部分が海状部を形成する。

一方、図 1 2 (b) も海島構造が 2 箇所形成されている。第 1 の海島構造では、誘電体層凸部 6 7 B が島状部を形成し、誘電体層凸部 6 7 B を被覆する陽極 6 2 の部分が海状部を形成する。第 2 の海島構造では、陽極凸部 6 2 B が島状部を形成し、陽極凸部 6 2 B を被覆する陽極凸部外側面被覆部が海状部を形成する。

この陽極凸部 6 2 B は、図 1 2 (a) における陽極孔部 6 2 A と同様に、光を基板側に屈折させる効果を奏する。従って、誘電体 6 7 が海島構造の海部であっても島部であっても同様の効果を奏するため、以下の説明は図 1 2 (a) に示す構造について行う。

[0120] 陰極 6 4、陽極 6 2、誘電体層 6 7 の材質等は、第 1 の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0121] 隣接する誘電体層 6 7 の開口部が基板面内の少なくとも一方向に配置される周期が発光光の波長以上の場合には、誘電体層 6 7 の開口部の形状はその内側面で光を基板側へ屈折させる効果を奏するものであれば特に限定はされ

ない。導波モード光をより基板 6 1 側に屈折させる観点からは、開口部 6 7 A の内側面 6 7 a と基板面がなす角度は垂直に近いことが好ましい。図 1 1 で示した例では、開口部 6 7 A の内側面 6 7 a が基板面に対してほぼ垂直に配置される構成であるが、かかる構成である必要はない。孔部 6 7 A の内側面 6 7 a と基板面がなす角度で、孔部 6 7 A の内側の角度は $45^{\circ} \sim 135^{\circ}$ が好ましく、 $60^{\circ} \sim 120^{\circ}$ がより好ましく、 $75^{\circ} \sim 105^{\circ}$ がより一層好ましい。

[0122] 一方で、隣接する誘電体層 6 7 の開口部が配置される周期が光の波長と同等以下の場合には、誘電体層 6 7 の開口部の形状は、回折の効果やフォトリソグラフィによる効果を奏するものであれば特に限定はない。発光した光をより基板側に取り出す観点からは、孔部及び陽極孔部の内側面は基板面に対してほぼ垂直であることが好ましい。

これは孔部及び陽極孔部の内側面が基板面に対してほぼ垂直であることによって、誘電体層 6 7 の開口部の側面を横切る基板面内方向において、屈折率の変調が急峻になるためである。屈折率の変調が急峻の場合、フォトリソグラフィでは基板面内方向に光が伝播できなくなるバンドギャップの周波数域が広くなり、より効率的に有機層 6 3 から外部へ取り出すことができる。回折格子でも基板方向への光の回折効率が向上するため、同様に素子外部への光取り出しが向上する。

上記のように、誘電体層の開口部を誘電体凸部としても形状に関して、同様のことが言える。

[0123] 次に、本実施形態の有機 EL 素子の作用効果を、図 1 1 を用いて模式的に説明する。図 1 1 に矢印で示した光の伝播の仕方は、作用効果の原理をわかりやすく説明するために模式的に示したものである。

[0124] 誘電体層 6 7 の屈折率が陽極 6 2 の屈折率より高い場合、有機層 6 3 に含まれる発光層の F P 点で発光した光のうち、光 F P 1 は基板に対して垂直方向に基板側に進む光であり、基板 6 1 との界面で屈折することなく基板 6 1 内を進み、外部に取り出される。

光F P 2は、陽極6 2と誘電体層6 7との界面（誘電体層6 7の開口部6 7 Aの内側面6 7 a）で屈折し、誘電体層6 7を透過し、誘電体層6 7と基板6 1との界面で屈折した後、基板6 1内を通過して外部に取り出されうる。

ここで、光F P 2が陽極6 2から誘電体層6 7へ進む際、陽極6 2と誘電体層6 7との界面（誘電体層6 7の開口部6 7 Aの内側面6 7 a）における屈折により、基板6 1への入射角が小さい角度に変わる。陽極6 2と基板（例えば、ガラス）6 1の界面、及び、基板6 1との外表面では臨界角以上の入射角で入射すると全反射となるが、この陽極6 2と誘電体層6 7との界面（誘電体層6 7の開口部6 7 Aの内側面6 7 a）での屈折により基板6 1への入射角がより小さい角度に変わる。そのため、その全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。光F P 3についても同様の効果が得られる。

[0125] 図1 1において、誘電体層6 7の屈折率が陽極6 2の屈折率より低い場合、光F Q 1はF P 1と同様である。光F Q 2、光F Q 3は光F P 2、光F P 3と逆に、陽極6 2から誘電体層6 7へ進む際、誘電体層6 7と陽極6 2との界面における屈折により、陽極6 2から基板6 1への入射角および基板6 1の外表面への入射角が小さい角度に変わる。これにより、基板の外表面での全反射しない光が増えて光取り出し効率が向上する。

[0126] 第5の実施形態の有機E L素子6 0において、開口部6 7 Aが基板6 1の面内の少なくとも1方向に発光光の波長と同等以下の周期で周期的に配置されることによって生じる、回折格子による作用効果およびフォトニック結晶による作用効果は、第1の実施形態と回折格子およびフォトニック結晶を構成するものが異なるだけであるため同様である。

第1の実施形態において、回折格子およびフォトニック結晶を構成するのは、陽極孔部1 2 A、孔部1 7 Aおよび凹部1 1 Aと孔部内側面被覆部1 3 a、陽極孔部内側面被覆部1 3 bおよび凹部内側面被覆部1 3 cであるのに対し、第6の実施形態においては、誘電体6 7と陽極6 2、または陽極6 2と陽極孔部内側面被覆部6 3 aである。

[0127] （有機E L素子（第7の実施形態））

図13は、本発明の第7の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための断面模式図である。

本発明の第7の実施形態に係る有機EL素子70は、基板71上に、陽極72と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層73と、陰極74とを順に具備する。前記有機層73は、前記発光層3と前記陰極74との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記基板71と前記陽極72の間に高屈折率層77を具備し、前記高屈折率層77はその基板側に隣接する材料よりも高い屈折率を有する材料からなり、正面視して基板側に頂点が向いた三角形形状を有する凸部77aを複数備えるものである。

ここで、「正面視して基板側に頂点が向いた三角形形状を有する」とは、素子面に対して垂直な面における断面形状が三角形形状を有するという意味である。

高屈折率層は陽極に接しているか、陽極との間に他の層を挟んで配置される構成等でもよいが、本実施形態は基板と陽極との間に配置される構成である。

図13に示す高屈折率層77は陽極側に有する層状部77bと、その層状部77b上に、正面視して基板側に頂点が向いた三角形形状を有する凸部77aを備える構成である。

各層の材質等は、第1の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0128] 発光点から陽極側へ、大きな(90度に近い)伝播角 θ で伝播する光の振幅を1とする。このとき、発光点から陰極側へ伝播角 θ で伝播し、陰極で反射されて陽極側へ伝播する光の振幅は、陰極での振幅反射率を r として、 $r \times \exp(2ik_z d)$ となる。ここで、 d は厚膜層の膜厚である。 k_z は有機層中の波数の垂直成分で、有機層の屈折率 n 、光の各周波数 ω 、真空中の光速 c を用いて $nd(\omega/c)\cos\theta$ と表される。 θ が90度に近い場合は $r=-1$ となるので、有機層内を角度 θ で伝播する光は、発光点から放射される光と、陰極で反射した光を足し合わせることであり

[0129] [数6]

$$|1 + r \exp(2ik_z d)|^2 = 4 \sin^2(nk_0 d \cos \theta) \quad \dots (5)$$

となる。ここで、 $k_0 = \omega / c$ である。式(5)より、有機層内を伝播する光は、 θ が

[0130] [数7]

$$\cos \theta_m = \frac{\pi}{nk_0 d} \left(m + \frac{1}{2} \right) \quad (m = 0, 1, 2, \dots) \quad \dots (6)$$

[0131] を満たす角度 θ_m となるとき強度が極大となる。 θ_m で有機層中を伝播する光の、高屈折率層 77 中での伝播角は、高屈折率層の屈折率を n_h とすると、屈折の法則より

[0132] [数8]

$$\theta_h = \arcsin \left(\frac{n}{n_h} \sin \theta_m \right) = \arcsin \left[\frac{n}{n_h} \sqrt{1 - \frac{1}{n^2 k_0^2 d^2} \left(m + \frac{1}{2} \right)^2} \right] \quad \dots (7)$$

となる。ここで m は非負整数である。

[0133] したがって、この角度 θ_h で高屈折率層中を伝播する光が、高屈折率層の陽極と反対側の表面での全反射を抑えるように、前記凸部の頂角を調整することで、導波モード光を外部へ効率よく取り出すことが可能となる。具体的には、ある非負整数 m に対し、上記三角形形状の低角（基板側を向いていない頂点の角度） α が以下の範囲にあることが好ましい。

[0134] [数9]

$$\arcsin \left[\frac{n}{n_h} \sqrt{1 - \frac{1}{n^2 k_0^2 d^2} \left(m + \frac{5}{8} \right)^2} \right] < \alpha < \arcsin \left[\frac{n}{n_h} \sqrt{1 - \frac{1}{n^2 k_0^2 d^2} \left(m + \frac{3}{4} \right)^2} \right] \quad \dots (8)$$

[0135] 尚、本実施形態以外の上記の各実施形態においても、それぞれの実施形態における屈折率変調構造が周期的であって回折格子として機能する場合には、これらの回折格子の周期を上記式(6)で表される有機層内での伝搬光の

放射光に適合させることにより、光取り出し効率が向上する。

すなわち、上記式（６）を満たす角度 θ_m で有機層中を伝播する光の波数の面内方向成分

[数10]

$$nk_0 \sin \theta_m = \sqrt{n^2 k_0^2 - \frac{1}{d^2} \left(m + \frac{1}{2} \right)^2} \cdots (9)$$

と、（ 2π ／屈折率変調構造の周期）の整数倍が等しくなるように上記各実施形態における屈折率変調構造の周期を設定することにより、導波モード光を法線方向に回折させて取り出すことが可能となる。

[0136]（有機ＥＬ素子（第８の実施形態））

図１４は、本発明の第８の実施形態に係る有機ＥＬ素子の一例を説明するための断面模式図である。

本発明の第８の実施形態に係る有機ＥＬ素子８０は、基板８１上に、陽極８２と、有機ＥＬ材料からなる発光層３を含む有機層８３と、陰極８４とを順に具備する。前記有機層８３は、前記発光層３と前記陰極８４との間に、膜厚が８０ｎｍ以上１５００ｎｍ以下の有機厚膜層１９を含む。前記陽極８２と基板８１の間に内に透過型の回折格子８８を備える。

回折格子８８は基板８１の外表面８１Ａから有機層８３との間のいずれの位置に配置される構成でもよいが、本実施形態は基板８１と陽極８２の間に形成されてなる構成である。

回折格子８８を構成する格子部８８ａと格子部８８ｂのそれぞれは、互いに異なる屈折率を有し、発光光を透過させる誘電体材料からなる。

回折格子８８は基板８１の表面に対する法線寄りに回折させる（導波モード光の入射角を小さい角度に変える）ことで全反射を生じる光の割合を低減させ、光取り出し効率を向上させる。

各層の材質等は、第１の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0137]（有機ＥＬ素子（第９の実施形態））

図15は、本発明の第9の実施形態に係る有機EL素子の一例を説明するための断面模式図である。

本発明の第9の実施形態に係る有機EL素子90は、基板91上に、陽極92と、有機EL材料からなる発光層3を含む有機層93と、陰極94とを順に具備する。前記有機層93は、前記発光層3と前記陰極94との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層18を含む。前記基板91と陽極92との間には基板側に突出するレンズ構造98を備える。

レンズ構造98は基板91の外表面91Aから有機層93との間のいずれの位置に配置される構成でもよいが、本実施形態は基板91と陽極92との間に備える構成である。

レンズ構造98は、発光光を、基板面の法線方向により近い方向へ屈折させることができ、基板と外部（例えば空気）の界面で全反射を生じる光の割合を低減させ、光取り出し効率を向上させる。

各層の材質等は、第1の実施形態と同様のものを用いることができる。

[0138] （画像表示装置）

次に、上記の有機EL素子10を備えた画像表示装置について説明を行う。上記の有機EL素子20～90を備えた画像表示装置についても同様なので説明は省略する。

図16は、上記の有機EL素子を備えた画像表示装置の一例を説明した図である。

図16に示した画像表示装置100は、いわゆるパッシブマトリクス型の画像表示装置である。有機EL素子10の他に、陽極配線104、陽極補助配線106、陰極配線108、絶縁膜110、陰極隔壁112、封止プレート116およびシール材118を備えている。

[0139] 本実施の形態において、有機EL素子10の基板1上には、複数の陽極配線104が形成されている。陽極配線104は、一定の間隔を隔てて平行に配置される。陽極配線104は、透明導電膜により構成され、例えばITO（Indium Tin Oxide）を用いることができる。陽極配線104の厚さは例えば、

100nm～150nmとすることができる。そして、それぞれの陽極配線104の端部の上には、陽極補助配線106が形成される。陽極補助配線106は陽極配線104と電氣的に接続されている。このように構成することにより、陽極補助配線106は、基板1の端部側において外部配線と接続するための端子として機能し、外部に設けられた図示しない駆動回路から陽極補助配線106を介して陽極配線104に電流を供給することができる。陽極補助配線106は、例えば、厚さ500nm～600nmの金属膜によって構成される。

[0140] 有機EL素子10上には、複数の陰極配線108が設けられている。複数の陰極配線108は、それぞれが平行となるよう、かつ、陽極配線104と直交するように配設されている。陰極配線108には、Al又はAl合金を使用することができる。陰極配線108の厚さは、例えば、100nm～150nmである。陰極配線108の端部には、陽極配線104に対する陽極補助配線106と同様に、図示しない陰極補助配線が設けられ、陰極配線108と電氣的に接続されている。よって、陰極配線108と陰極補助配線との間に電流を流すことができる。

[0141] 更に基板1上には、陽極配線104を覆うように絶縁膜110が形成される。絶縁膜110には、陽極配線104の一部を露出するように矩形状の開口部120が設けられている。複数の開口部120は、陽極配線104の上にマトリクス状に配置されている。この開口部120において、陽極配線104と陰極配線108の間に有機EL素子10が設けられる。すなわち、それぞれの開口部120が画素となる。従って、開口部120に対応して表示領域が形成される。ここで、絶縁膜110の膜厚は、例えば、200nm～100nmとすることができ、開口部120の大きさは、例えば、100 μ m $\times$ 100 μ mとすることができる。

[0142] 有機EL素子10は、開口部120において陽極配線104と陰極配線108の間に位置している。そしてこの場合、有機EL素子10の陽極2が陽極配線104と接触し、陰極4が陰極配線108と接触する。有機EL素子1

0の厚さは、例えば、150nm～200nmとすることができる。

[0143] 絶縁膜110の上には、複数の陰極隔壁112が陽極配線104と垂直な方向に沿って形成されている。陰極隔壁112は、陰極配線108の配線同士が導通しないように、複数の陰極配線108を空間的に分離するための役割を担っている。従って、隣接する陰極隔壁112の間にそれぞれ陰極配線108が配置される。陰極隔壁112の大きさとしては、例えば、高さが2 μ m～3 μ m、幅が10 μ mのものをを用いることができる。

[0144] 基板1は、封止プレート116とシール材118を介して貼り合わせられている。これにより、有機EL素子10が設けられた空間を封止することができる。有機EL素子10が空気中の水分により劣化するのを防ぐことができる。封止プレート116としては、例えば、厚さが0.7mm～1.1mmのガラス基板を使用することができる。

[0145] このような構造の画像表示装置100において、図示しない駆動装置により、陽極補助配線106、図示しない陰極補助配線を介して、有機EL素子10に電流を供給し、発光層を発光させることができる。そして基板1から基板1を通し、光を出射させることができる。そして、上述の画素に対応した有機EL素子10の発光、非発光を制御装置により制御することにより、画像表示装置100に画像を表示させることができる。

[0146] (照明装置)

次に、上記の有機EL素子10を用いた照明装置について説明を行う。上記の有機EL素子20～90を備えた照明装置についても同様なので説明は省略する。

図17は、上記の有機EL素子10を備える照明装置の一例を説明した図である。

図17に示した照明装置200は、上述した有機EL素子10と、有機EL素子10の基板1(図1参照)に隣接して設置され陽極2(図1参照)に接続される端子202と、陰極4(図1参照)に接続される端子203と、端子202と端子203とに接続し有機EL素子10を駆動するための点灯

回路 201 とから構成される。

[0147] 点灯回路 201 は、図示しない直流電源と図示しない制御回路を内部に有し、端子 202 と端子 203 を通して、有機 EL 素子 10 の陽極層 2 と陰極 4 との間に電流を供給する。そして、有機 EL 素子 10 を駆動し、発光層を発光させて、基板 1 から支持基板 101 を通し、光を出射させ、照明光として利用する。発光層は白色光を出射する発光材料より構成されていてもよく、また緑色光（G）、青色光（B）、赤色光（R）を出射する発光材料を使用した有機 EL 素子 10 をそれぞれ複数個設け、その合成光が白色となるようにしてもよい。

[0148] （有機 EL 素子の製造方法）

以下では、本発明の各実施形態の有機 EL 素子の製造方法についてそれぞれ一例に挙げて説明する。特に言及しなくても、一実施形態の有機 EL 素子の製造方法の工程や手法を他の実施形態の有機 EL 素子の製造方法に適用することもできるは言うまでもない。

[0149] はじめに、本発明の第 1 の実施形態の有機 EL 素子の製造方法について図 18 を参照して説明する。

まず、図 18（a）に示すように、基板 11 上に、陽極 12、誘電体層 17 を順に形成する。この陽極 12、誘電体層 17 の形成には限定するものではないが、例えば、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD 法などの乾式プロセスのほか、塗布法などの各種の湿式プロセスも用いることができる。

陽極 12 を形成した後に、陽極 12 の表面処理を行うことで、オーバーコートされる層の性能（陽極 12 との密着性、表面平滑性、ホール注入障壁の低減化など）を改善することができる。表面処理の具体的な方法としては、高周波プラズマ処理を始めとしてスパッタリング処理、コロナ処理、UV オゾン照射処理、紫外線照射処理、または酸素プラズマ処理などがある。

[0150] 更に、陽極 12 の表面の表面処理を行う代わりに、もしくは表面処理に追加して、図示しない陽極バッファ層を形成することで表面処理と同様の効果が

期待できる。そして、陽極バッファ層をウェットプロセスにて作製することができ、具体的な成膜方法としてはスピコート法、キャスト法、マイクログラビアコート法、グラビアコート法、バーコート法、ロールコート法、ワイアーバーコート法、ディップコート法、スプレーコート法、スクリーン印刷法、フレキソ印刷法、オフセット印刷法、インクジェットプリント法等の塗布法、浸漬法、電気化学的方法などが挙げられる。

[0151] 次に、図 18 (a) の工程で形成した陽極 12 及び誘電体層 17 を貫通する形で、互いに連通する陽極孔部 12 A 及び孔部 17 A の形成を行うが、陽極孔部 12 A 及び孔部 17 A を形成するには、例えば、フォトリソグラフィを用いた方法が使用できる。これを行うには、図 18 (b) に示すように、まず誘電体層 17 の上にポジ型レジスト液を塗布し、スピコート等により余分なレジスト液を除去して、レジスト層 29 を形成する。

[0152] そして、陽極孔部 12 A 及び孔部 17 A を形成するための所定のパターンが描画されたマスク（図示せず）をかぶせ、紫外線（UV）、電子線（EB）等により露光を行う。すると、図 18 (c) に示すように、レジスト層 29 に孔部 17 A（図 18 (f) 参照）に対応した所定のパターンが露光される（露光された部分 29 a）。そして現像液を用いてレジスト層 29 の露光されたパターンの部分のレジスト層 29 a を除去する。これにより露光されたパターンの部分に対応して、誘電体層 17 の表面が露出する（図 18 (d)）。

[0153] 残存するレジスト層 29 をマスクとして、図 18 (e) に示すように、露出した誘電体層 17 の部分をエッチング除去する。エッチングとしては、ドライエッチングとウェットエッチングの何れをも使用することができる。この際に等方性エッチングと異方性エッチングを組合せることで、孔部 17 A の形状の制御を行うことができる。ドライエッチングとしては、誘導結合プラズマや容量結合プラズマを用いた反応性イオンエッチング（RIE : Reactive Ion Etching）等が利用できる。ウェットエッチングとしては、希塩酸、希硫酸、塩化鉄水溶液への浸漬を行う方法などが利用できる。このエッチング

により上記パターンに対応して、陽極 1 2 の表面が露出する。

[0154] 次に残ったレジスト層をレジスト除去液等により除去し（図 1 8（f））、図 1 8（g）に示すように、誘電体層 1 7 をマスクとして、露出した陽極 1 2 の部分をエッチング除去する。エッチングとしては、図 1 8（e）で説明した方法と同様の方法を用いることができる。エッチング条件の変更により、誘電体層 1 7 がエッチングされるのを抑えながら、陽極 1 2 を選択的にエッチングすることができる。これにより、上記パターンに対応して、基板 1 1 の表面が露出し、陽極孔部 1 2 A が形成される。図 1 8（f）および図 1 8（g）で説明した各工程は、陽極 1 2 および誘電体層 1 7 を貫通し、連通する孔部 1 7 A 及び陽極孔部 1 2 A を形成する工程として捉えることができる。

[0155] 次に、図 1 8（h）に示すように、残存する誘電体 1 7 及び陽極 1 2 の部分をマスクとして、露出した基板 1 1 の部分をエッチング除去する。エッチング法としては、図 1 8（e）および図 1 8（g）で説明した方法と同様の方法を用いることができる。エッチング条件の変更により、誘電体層 1 7 及び陽極 1 2 にあまり影響を及ぼさずに、基板 1 1 を選択的にエッチングすることができる。これにより、上記パターンに対応して、孔部 1 7 A 及び陽極孔部 1 2 A に連通する凹部 1 1 A を形成することができる。逆に、凹部 1 1 A 以外の部分は凸部 1 1 B となる。この方法によれば、陽極孔部 1 2 A および基板孔部 1 1 A を形成するのに別途マスクを用意してフォトリソグラフィを行なう必要がないため、より容易に凹部 1 1 A を形成することが可能となる。

[0156] 誘電体層 1 7 として光硬化性の樹脂を用いた場合は、孔部 1 7 A を直接露光により形成することも可能である。この場合例えば、誘電体層 1 7 をウェットプロセスにより形成後、所定のパターンが描画されたマスクをかぶせ、紫外線（UV）、電子線（EB）等により露光し、その後現像液による現像を行うと、図 1 8（f）のように孔部 1 7 A を形成することができる。

誘電体層 1 7 が紫外～赤外域に吸収波長域を有する場合は、直接レーザー加

工により孔部 17 A を形成することもできる。この場合例えば、誘電体層 17 をウェットプロセスまたはドライプロセスにより形成後、誘電体層 17 に上記波長域内の波長を持つレーザーを照射して孔部の誘電体層を除去することで孔部 17 A を形成することができる。レーザーの波長として陽極の吸収波長域にあるものを用いると 17 A および陽極孔部 12 A を同時に形成することも可能である。加工に用いるレーザーとしては、例えば、パルス炭酸ガスレーザーの他、Q スイッチ Nd : YAG レーザーやその高調波、チタンサファイアレーザー、エキシマレーザー等を用いることができる。このように、フォトリソによるマスク形成を必要としないため、リソグラフィ法に比べて加工工程数が減少する。尚、レーザー照射による誘電体層 17 または陽極 12 の損傷を防ぐために表面保護膜を使用してもよい。

[0157] 次に、図 18 (i) に示すように、有機層 13 で孔部 17 A の内側面 17 a、陽極孔部 12 A の陽極孔部内側面 12 a、凹部 11 A の基板凹部内側面 11 a を被覆すると共に、誘電体層 17 及び孔部内側面孔部内側面被覆部 13 a 上を覆う、有機 EL 材料からなる発光層を含む有機層 13 を形成する。有機層 13 は、孔部内側面孔部内側面被覆部 13 a と、陽極孔部内側面孔部内側面被覆部 13 b と、凹部内側面被覆部 13 c と、層状部 13 d とを有する。有機層 13 は発光層 3 (図 1 参照)、膜厚が 80 nm 以上 1500 nm 以下の有機厚膜層 18 (図 1 参照) 及び正孔輸送層等の有機層を有する。有機層 13 の形成には従来公知の方法を用いることができ、特に限定はされないが、例えば、真空蒸着法、スピンコート法、キャスト法、LB 法等の方法を用いることができる。

[0158] 次に、図 18 (j) に示すように、有機層 13 上に陰極 14 を形成する。陰極 14 の形成も陽極 12 の形成と同様の方法を用いることができ、特に限定はされないが、例えば、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD 法などを用いることができる。

[0159] 以上の工程により、有機 EL 素子 10 を製造することができる。これら一連の工程後、有機 EL 素子 10 を長期安定的に駆動し、有機 EL 素子 10 を外

部の水分、酸素等から保護するための保護層や保護カバー（図示せず）を装着することが好ましい。保護層としては、高分子化合物、金属酸化物、金属フッ化物、金属ホウ化物、窒化ケイ素、酸化ケイ素等のシリコン化合物などを用いることができる。また、亜鉛等の比較的イオン化傾向の比較的大きな金属を犠牲層（その後の工程で除去する保護層）として用いることも可能である。そして、これらの積層体も用いることができる。また、保護カバーとしては、ガラス板、表面に低透水率処理を施したプラスチック板、金属などを用いることができる。この保護カバーは、熱硬化性樹脂、光硬化性樹脂、フリットガラスで基板 11 と貼り合わせて密閉する方法を採ることが好ましい。この際に、保護カバーと基板 11 との間にスペーサを用いることで所定の空間を維持することができ、外部からの力により保護カバーが接触し有機 EL 素子 10 が傷つくのを防止できるため好ましい。そして、この空間に窒素、アルゴン、ヘリウムのような不活性なガス、またはパーフルオロカーボンなどの各種の不活性液体を封入すれば、上側の金属層 14 の酸化を防止しやすくなる。特にヘリウムを用いた場合、熱伝導が高いため、電圧印加時に有機 EL 素子 10 より発生する熱を効果的に保護カバーに伝えることができるため、好ましい。更に酸化バリウム等の乾燥剤をこの空間内に設置することにより上記一連の製造工程で吸着した水分が有機 EL 素子 10 にダメージを与えるのを抑制しやすくなる。

[0160] 以上の有機 EL 素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。

[0161] 次に、本発明の第 2 の実施形態の有機 EL 素子の製造方法は、図 19 を参照して説明する。

誘電体層 17 をエッチングして孔部 17A を形成するまでの工程は、第 1 の実施形態の有機 EL 素子の製造方法（以下、第 1 の製造方法という。）の図 18 (a) ～図 18 (e) と同じである。そこで、孔部 17A が形成された後の工程から説明する。図 19 (a) は、基板 21 上に陽極 22 と誘電体層 27 を順に成膜し、所定のパターンを形成したレジスト層をマスクとして、

誘電体層 27 をエッチング除去して孔部 27 A を形成した状態を示す（第 1 の製造方法の図 18（f）に相当）。この実施形態の場合も第 1 の製造方法の場合と同様、誘電体層 27 として光感光性樹脂を用いた直接露光や、誘電体層 27 として光吸収物質を用いたレーザー直接加工を利用することが可能である。

誘電体 27 をエッチングして、誘電体島部 27 B を形成する場合は、マスクのパターンを変えればよい。具体的には、マスクとして開口部と遮光部を反転させたものを用いればよい。

[0162] 次に、図 19（b）に示すように、孔部 27 A の内側面 27 a を被覆する孔部内側面孔部内側面被覆部 23 a を形成すると共に、誘電体層 27 及び孔部内側面孔部内側面被覆部 23 a と陰極 24 との間に配置される層状部 23 b を形成して、有機 EL 材料からなる発光層を含む有機層 23 を形成する。有機層 23 の形成には第 1 の製造方法と同様な方法を用いることができる。

[0163] 次に、図 19（c）に示すように、有機層 23 の上に、陰極 24 を形成する。これらの層の形成には第 1 の製造方法と同様な方法を用いることができる。

以上の有機 EL 素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。陰極から作製する場合は、有機層の層状部を形成後に、誘電体層および誘電体孔部を形成し、その孔部に有機層を形成する手順で形成する。

[0164] 次に、本発明の第 3 の実施形態の有機 EL 素子の製造方法は、図 20 を参照して説明する。

誘電体層孔部及び陽極孔部を形成するまでの工程は、第 1 の製造方法の図 18（a）～（f）と同じである。そこで、陽極孔部が形成された後の工程から説明する。

図 20（a）は、基板 31 上に陽極 32、誘電体層 37 を順に成膜し、エッチングにより連通する孔部 37 A 及び陽極孔部 32 A を形成した状態を示す（第 1 の実施形態の場合の図 18（g）に相当）。但し、陽極凸部 32 B を

形成する場合は、上記陽極凸部 3 2 B を形成する工程とマスクのパターンを変える（開口部と遮光部を反転させる）以外は、第 1 の製造方法の場合と同じで構わない。ただし陽極をエッチングする際に、陽極凸部 3 2 B が孤立しないように、全膜厚にわたってエッチングせずに、膜厚方向の途中の深さでエッチングを止めて層状部を残す必要がある。これは、陽極 3 2 の層状部の部分によって陽極凸部間の導通をとるためである。本製造方法の場合も第 1 の製造方法の場合と同様、孔部 3 7 A の形成方法として光感光性樹脂を用いた直接露光や、誘電体層 3 7 として光吸収物質を用いたレーザー直接加工を利用することが可能である。

[0165] 次に、図 2 0 (b) に示すように、孔部 3 7 A の内側面 3 7 a を被覆する孔部内側面被覆部 3 3 a、及び、陽極孔部 3 2 A の内側面を被覆する陽極孔部内側面被覆部 3 3 b を形成すると共に、誘電体層 3 7 及び前記孔部内側面被覆部 3 3 a と前記陰極 3 4 との間に配置される層状部 3 3 c とを形成して、有機 E L 材料からなる発光層を含む有機層 3 3 を形成する。有機層 3 3 の形成には第 2 の実施形態の有機 E L 素子の製造方法と同様な方法を用いることができる。

[0166] 次に、図 2 0 (c) に示すように、有機層 3 3 の上に、陰極 3 4 を形成する。これらの層の形成には第 2 の製造方法と同様な方法を用いることができる。

以上の有機 E L 素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。陰極から作製する場合は、有機層の層状部を形成後に、誘電体層および陽極を積層した後、孔部および陽極孔部を形成し、その孔部および陽極孔部に有機層を形成する手順で形成する。孔部の形成は前述のフォトリソグラフィを用いることができる。

[0167] 次に、本発明の第 4 の実施形態である有機 E L 素子の製造方法について図 2 1 を参照して説明する。

まず、図 2 1 (a) に示すように、基板 4 1 上に、陽極 4 2 を形成する。この陽極 4 2 の形成には特に限定はされないが、例えば、抵抗加熱蒸着法、電

子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法などの乾式プロセスのほか、塗布法などの各種の湿式プロセスも用いることができる。

[0168] 次に、陽極孔部42Aを形成するには例えば、フォトリソグラフィを用いた方法が使用できる。これを行うには、図21(b)に示すように、まず陽極42の上にポジ型レジスト液を塗布し、スピコート等により余分なレジスト液を除去して、レジスト層49を形成する。

[0169] そして、陽極孔部42Aを形成するための所定のパターンが描画されたマスク（図示せず）をかぶせ、紫外線（UV）、電子線（EB）等により露光を行うと、図21(c)に示すように、レジスト層49に陽極孔部42Aに対応した所定のパターンが露光される（露光された部分49a）。そして現像液を用いて露光されたパターンの部分のレジスト層49を除去する。これにより露光されたパターンの部分に対応して、陽極42の表面が露出する（図21(d)）。

[0170] 図21(e)に示すように、残存したレジスト層49をマスクとして、露出した陽極42の部分をエッチング除去して陽極孔部42Aを形成する。

[0171] 次に、レジスト層49を除去した後、図21(f)に示すように、誘電体層47を形成する。図21(f)において誘電体層47は陽極孔部42Aを充填して陽極孔部42Aの内側面42aを被覆する構成であるが、一部だけ埋めて陽極孔部42Aの内側面42aを被覆する構成でもよい。

誘電体層47は陽極孔部42Aの内側面42aを被覆していれば、陽極孔部42Aを完全に埋めるか、一部を埋めるかによって形成条件を調整する。

[0172] 次に、図21(g)に示すように、陽極42及び誘電体層47上に、有機EL材料からなる発光層を含む有機層43を形成する。

[0173] 次に、図21(h)に示すように、有機層43上に陰極44を形成する。陰極44の形成も陽極42の形成と同様の方法を用いることができ、特に限定はされないが、例えば、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム蒸着法、スパッタリング法、イオンプレーティング法、CVD法などを用いることができる。

以上の工程により、有機ＥＬ素子４０を製造することができる。

以上の有機ＥＬ素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。陰極から作製する場合は、有機層を形成後に、誘電体層および孔部を形成し、その孔部に陽極を形成する手順で形成する。孔部の形成は前述のフォトリソグラフィを用いることができる。

[0174] 次に、本発明の第５の実施形態である有機ＥＬ素子の製造方法について図２２を参照して説明する。

[0175] まず、図２２（ａ）に示すように、基板５１上に、陽極５２を形成する。

次に、陽極孔部５２Ａを形成するには例えば、フォトリソグラフィを用いた方法が使用できる。これを行うには、図２２（ｂ）に示すように、まず陽極５２の上にポジ型レジスト液を塗布し、スピコート等により余分なレジスト液を除去して、レジスト層５９を形成する。

[0176] そして、陽極孔部５２Ａを形成するための所定のパターンが描画されたマスク（図示せず）をかぶせ、紫外線（ＵＶ）、電子線（ＥＢ）等により露光を行うと、レジスト層５９に陽極孔部５２Ａに対応した所定のパターンが露光される（図２２（ｃ））。そして現像液を用いて露光されたパターンの部分のレジスト層５９を除去する。これにより露光されたパターンの部分に対応して、陽極５２の表面が露出する（図２２（ｄ））。

[0177] 図２２（ｅ）に示すように、残存したレジスト層５９をマスクとして、露出した陽極５２の部分のエッチング除去して陽極孔部５２Ａを形成する。

次に、レジスト層５９を除去した後、図２２（ｆ）において、有機層５３の陽極孔部内側面孔部内側面被覆部５３ａは陽極孔部５２Ａを充填して陽極孔部５２Ａの内側面５２ａを被覆する構成であるが、一部だけ埋めて陽極孔部５２Ａの内側面５２ａを被覆する構成でもよい。

陽極孔部内側面孔部内側面被覆部５３ａは陽極孔部５２Ａの内側面５２ａを被覆していれば、陽極孔部５２Ａを完全に埋めるか、一部を埋めるかによって形成条件を調整する。

上記のように有機層５３の陽極孔部内側面孔部内側面被覆部５３ａを形成す

ると共に、さらに、有機層 5 3 の層状部 5 3 b も形成して、有機層 5 3 の形成を行い、図 2 2 (g) に対応する構造を作製する。

次に、図 2 2 (h) に示すように、有機層 5 3 上に陰極 5 4 を形成する。

以上の工程により、有機 E L 素子 5 0 を製造することができる。

以上の有機 E L 素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。陰極から作製する場合は、有機層の層状部を形成後に、陽極を積層した後、陽極孔部を形成し、その陽極孔部に誘電体層を形成する手順で形成する。孔部の形成は前述のフォトリソグラフィを用いることができる。

[0178] 次に、本発明の第 6 の実施形態である有機 E L 素子の製造方法について図 2 3 を参照して説明する。

[0179] 図 2 3 に示すように、基板 6 1 の上に、誘電体層 6 7、レジスト膜 6 9 を形成する (図 2 3 (a), (b))。

次に、誘電体の開口部 6 7 A を形成するために、所定のパターンが描画されたマスクを用いて、レジスト 6 9 を第 1 の実施形態のレジスト露光と同じように露光 (図 2 3 (c)) し、不要なレジストを除去する (図 2 3 (d))。

[0180] 次にエッチングを行い、誘電体 6 7 に開口部 6 7 A を形成する (図 2 3 (e))。形成されたパターンを追従するように、陽極 6 2 を成膜する。その上に、有機層 6 3 と陰極 6 4 を形成する (図 2 3 (f) ~ (h))。各膜の形成手段は第 1 の製造方法と同様である。

以上の有機 E L 素子の製造方法では陽極側から作製する方法を説明したが、陰極側から作製してもよい。陰極から作製する場合は、有機層の層状部を形成後に、陽極を積層し陽極孔部を形成する。この孔部に有機層を形成した後、陽極の層状部を形成する。さらに陽極層状部に陽極孔部を形成し、その陽極孔部に誘電体を形成するという手順で形成する。孔部の形成は前述のフォトリソグラフィを用いることができる。

[0181] 本発明の第 7 と第 9 の実施形態である有機 E L 素子は、基板を準備する段階

で、基板に三角形形状およびレンズ形状を作製しておけばよい。ガラス表面にレーザー描画や湿式エッチング等の方法を用いることで作製することができる。陽極、有機層、陰極に関しては、第1の製造方法と同様の方法を用いることができる。

[0182] 本発明の第8の実施形態である有機EL素子は、回折格子を導入している。これは第4の実施形態と同様の方法で作製することができる。また基板外表面（空気界面側）に用いる場合は、回折格子を基板外表面に圧着すればよい。

実施例

[0183] 以下、本発明を実施例に基づいて具体的に説明する。しかし、本発明はこれらの実施例のみに限定されるものではない。

[0184] （実施例1）

実施例1は本発明の第1の実施形態の一例である。

ガラス基板上に、陽極として150nmのITO層、誘電体層として150nmのSiO₂膜、層状部のうち正孔注入層の厚さ20nmのpTmTDMPD:F4TCNQ(100:5からなる有機層（正孔注入層）、20nmのm-TTAからなる有機層（正孔輸送層）、20nmのPH-2:BFA-1T(10:90)からなる発光層A（発光層）、10nmのPH-1:PyTMB(10:90)からなる発光層B（発光層）、20nmのAlq₃からなる電子輸送層（有機厚膜層の一部）、100nmのBCP:Cs(50:50)からなる電子注入層（有機厚膜層の一部）、陰極として100nmのAg層を積層してサンプルを作製した。このサンプルでは、有機厚膜層は120nmであった。

得られたサンプルについて輝度100cd/m²を得るのに要する駆動電圧は5.0Vであった。

外部量子効率の後述する比較例2を1とすると、1.3であった。

[0185] （比較例1）

実施例1と比較すると、実施例1の陽極側構造（図5の陽極32の陽極孔部32A、誘電体層37の孔部37A、並びにそれらを被覆する陽極孔部内

側面孔部内側面被覆部 3 3 b 及び孔部内側面孔部内側面被覆部 3 3 a) を備えていない点異なる。

ガラス基板上に、陽極として 150 nm の ITO 膜、40 nm の pTmTDMPD : F4TCNQ(100:5) からなる有機層 (正孔注入層)、20 nm の m-TTA からなる有機層 (正孔輸送層)、20 nm の PH-2 : BFA-1T(10:90) からなる発光層 A、10 nm の PH-1 : PyTMB(10:90) からなる発光層 B、20 nm の Alq₃ からなる電子輸送層、100 nm の BCP : Cs(50:50) からなる電子注入層、陰極として 100 nm の Ag 層を、層状に順に積層してサンプルを作製した。得られたサンプルについて輝度 100 cd/m² を得るのに要する駆動電圧は 4.9 V であった。

外部量子効率の後述する比較例 2 を 1 とすると、1.0 であった。

実施例 1 は比較例 1 に比べると陽極側構造を備えていることにより、導波モードの光の進む方向を変え、基板への入射角が小さくすることができた結果、光取出し効率が向上し、外部量子効率が向上した。

[0186] (比較例 2)

比較例 1 と比較すると、電子注入層の厚さが 20 nm である点異なる。

すなわち、ガラス基板上に、陽極として 150 nm の ITO 膜、40 nm の pTmTDMPD : F4TCNQ(100:5) からなる有機層 (正孔注入層)、20 nm の m-TTA からなる有機層 (正孔輸送層)、20 nm の PH-2 : BFA-1T(10:90) からなる発光層 A、10 nm の PH-1 : PyTMB(10:90) からなる発光層 B、20 nm の Alq₃ からなる電子輸送層 (有機厚膜層の一部)、20 nm の BCP : Cs(50:50) からなる電子注入層 (有機厚膜層の一部)、陰極として 100 nm の Ag 層を積層してサンプルを作製した。

得られたサンプルについて輝度 100 cd/m² を得るのに要する駆動電圧は 4.6 V であった。

外部量子効率は上述の通り、比較例 2 を 1 とした。

比較例 1 は比較例 2 に比べると電子注入層が厚くなっている。そのことにより駆動電圧が若干高くなった。また発光層と金属電極間の距離が離れて SPP が

抑制されたが、その反面、発光光の光線経路が長くなったため導波モードになる光が増え、光取出し効果があまり向上しなかった。

一方実施例 1 は比較例 2 と比べると、電子注入層が厚くなっているため比較例 1 と同様に駆動電圧が若干高くなったが、外部取出し効率が向上している。これは陽極側構造を備えているため、導波モードを前述の通り発光光の進む方向を変えることにより、取り出した結果だと言える。実施例 1 の陽極側構造は、電子注入層を厚膜化した結果増加した分以上の導波モードの光を取り出すことができると言える。

[0187] (比較例 3)

実施例 1 と比較すると、電子注入層としての CP : Cs(50:50) 層の厚さが 300 nm である点が異なる。

すなわち、ガラス基板上に、陽極として 150 nm の ITO 膜、誘電体層として 150 nm の SiO₂ 膜、層状部のうち正孔注入層の 20 nm の pTmTMDPD : F4TCNQ(100:5) からなる有機層 (正孔注入層)、20 nm の m-TTA からなる有機層 (正孔輸送層)、20 nm の PH-2 : BFA-1T(10:90) からなる発光層 A、10 nm の PH-1 : PyTMB(10:90) からなる発光層 B、20 nm の Alq₃ からなる電子輸送層 (有機厚膜層の一部)、300 nm の BCP : Cs(50:50) からなる電子注入層 (有機厚膜層の一部)、陰極として 100 nm の Ag 層を積層してサンプルを作製した。

得られたサンプルについて輝度 100 cd/m² を得るのに要する駆動電圧は 5.5 V であった。

外部量子効率の後述する比較例 2 を 1 とすると、0.7 であった。

比較例 3 は実施例 1 と比べると電子注入層が厚くなっている。そのことにより駆動電圧が非常に高くなった。また発光層と金属電極間の距離が離れて SPP が抑制されたが、その反面、発光光の光線経路が長くなったため導波モードになる光が非常に増えた結果、SPP 抑制効果以上に導波モードが増え、光取出し効果がかなり低下した。

[0188] 本発明の有機 EL 素子を用いて、有限差分時間領域法 (FDTD (Finite Dif

ference Time Domain) Method) を用いて、光取り出し効率の発光点と陰極間距離の依存性をコンピュータシミュレーションした。FDTD法は、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、空間の各点における電磁界の時間変化を追跡するものである。より具体的には、発光層における発光を微小ダイポールからの放射と捉えて、その放射(電磁界)の時間変化を追跡するというものである。シミュレーション結果は、基板まで光取り出しを行った結果を示すものである。横軸の λ は真空中の波長、縦軸の η は光取り出し効率(ダイポールからの全放射強度に対する基板取り出し光強度の割合)である。以下の図においても同じである。

計算は、現実に近い発光現象をシミュレートするために、発光源であるダイポールをランダム(ダイポールのモーメントが x 、 y 、 z 方向にランダム)として、FDTD法を用いて、光取り出し効率をシミュレーションした結果を示す。ここで、 X 及び Y 方向は、基板面に平行な方向であり、 Z 方向は基板面に垂直な方向である。

[0189] 計算に用いた屈折率の値は以下の通りである。基板はガラスからなるとして、屈折率としては1.45を用いた。陽極はITOからなるとして、屈折率としては550nmで $1.82 + 0.009i$ を用い、その他の波長はローレンツモデルで外挿した。有機層の屈折率としては1.72を用いた。陰極はアルミニウム(Al)からなるとして、屈折率としては550nmで $0.649 + 4.32i$ を用い、その他の波長はドルーデモデルで外挿した。誘電体層はSOGからなるとして、屈折率としては1.25を用いた。

[0190] 図24(a)は、第1の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50nm、100nm、200nm、300nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図24(b)は、第1の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500nm、700nm、1000nm、1500nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。誘電体17の膜厚を120nm、陽極12の膜厚を150nm、基板凹部11Aの深さを100nmとした。さらに発光点は、図1のA

P点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5 nmの位置とした。

[0191] 図24（a）、（b）から、各膜厚で屈折率変調構造を有さない構造（基板上に陰極、有機層、陽極を順に積層した構造：図ではベタと記載）と比較して、屈折率変調構造を有する第1の実施形態の有機EL素子は、全ての発光点から陰極までの距離の実験結果において、光取り出し効率が向上していることが分かる。

特に、発光点から陰極までの距離が50 nmの従来の有機EL素子に対して、発光点から陰極までの距離が100 nm～1500 nmといった光取り出し効率が向上していることが分かる。これは、発光点から陰極までの距離を離すことにより、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上したためと考えられる。特に500 nm以上の波長の光に対して、その効果が確認できる。発光点から陰極までの距離が500 nm以上になると、距離が遠くなるにしたがい光取り出し効率が少しずつ低下している。これは、有機層の膜厚が厚くなれば、相対的に有機EL素子における屈折率変調構造の占める割合が減少し、SPPモード光自体の発生は抑制することができるが、光が導波モード光として閉じ込められる割合が増えているためと考えられる。

[0192] 図25（a）は、第2の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50 nm、100 nm、200 nm、300 nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図25（b）は、第2の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500 nm、700 nm、1000 nm、1500 nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。誘電体27の膜厚を120 nm、陽極22の膜厚を150 nmとした。さらに発光点は、図3のBP点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5 nmの位置とした。

[0193] 図25（a）、（b）から、各膜厚で屈折率変調構造を有さない構造（基板上に陰極、有機層、陽極を順に積層した構造：図ではベタと記載）と比較し

て、屈折率変調構造を有する第2の実施形態の有機EL素子は、全ての発光点から陰極までの距離の実験結果において、光取り出し効率が向上していることが分かる。

特に、発光点から陰極までの距離が50nmの従来の有機EL素子に対して、発光点から陰極までの距離が100nm～1500nmといった光取り出し効率が向上していることが分かる。これは、発光点から陰極までの距離を離すことにより、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上したためと考えられる。特に500nm以上の波長の光に対して、その効果が確認できる。発光点から陰極までの距離が500nm以上になると、距離が遠くなるにしたがい光取り出し効率が少しずつ低下している。これは、有機層の膜厚が厚くなれば、相対的に有機EL素子における屈折率変調構造の占める割合が減少し、SPPモード光自体の発生は抑制することができるが、光が導波モード光として閉じ込められる割合が増えているためと考えられる。

[0194] 図26(a)は、第3の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50nm、100nm、200nm、300nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図26(b)は、第3の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500nm、700nm、1000nm、1500nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。誘電体37の膜厚を120nm、陽極32の膜厚を150nmとした。さらに発光点は、図5のCP点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5nmの位置とした。

[0195] 図26(a)、(b)から、各膜厚で屈折率変調構造を有さない構造（基板上に陰極、有機層、陽極を順に積層した構造：図ではベタと記載）と比較して、屈折率変調構造を有する第3の実施形態の有機EL素子は、全ての発光点から陰極までの距離の実験結果において、光取り出し効率が向上していることが分かる。

特に、発光点から陰極までの距離が50nmの従来の有機EL素子に対して

、発光点から陰極までの距離が100nm～1500nmといった光取り出し効率が向上していることが分かる。これは、発光点から陰極までの距離を離すことにより、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上したためと考えられる。特に500nm以上の波長の光に対して、その効果が確認できる。発光点から陰極までの距離が500nm以上になると、距離が遠くなるにしたがい光取り出し効率が少しずつ低下している。これは、有機層の膜厚が厚くなれば、相対的に有機EL素子における屈折率変調構造の占める割合が減少し、SPPモード光自体の発生は抑制することができるが、光が導波モード光として閉じ込められる割合が増えているためと考えられる。

[0196] 図27(a)は、第4の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50nm、100nm、200nm、300nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図27(b)は、第4の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500nm、700nm、1000nm、1500nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。陽極孔部42Aの深さを150nmとし、孔部を埋めるように誘電体層47を充填した。さらに発光点は、図7のDP点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5nmの位置とした。

[0197] 図27(a)、(b)から、各膜厚で屈折率変調構造を有さない構造（基板上に陰極、有機層、陽極を順に積層した構造：図ではベタと記載）と比較して、屈折率変調構造を有する第4の実施形態の有機EL素子は、全ての発光点から陰極までの距離の実験結果において、光取り出し効率が向上していることが分かる。

特に、発光点から陰極までの距離が50nmの従来の有機EL素子に対して、発光点から陰極までの距離が100nm～1500nmといった光取り出し効率が向上していることが分かる。これは、発光点から陰極までの距離を離すことにより、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及

び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上したためと考えられる。特に650nm以下の波長の光に対して、その効果が確認できる。発光点から陰極までの距離が500nm以上になると、距離が遠くなるにしたがい光取り出し効率が少しずつ低下している。これは、有機層の膜厚が厚くなれば、相対的に有機EL素子における屈折率変調構造の占める割合が減少し、SPPモード光自体の発生は抑制することができるが、光が導波モード光として閉じ込められる割合が増えているためと考えられる。

[0198] 図28(a)は、第5の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50nm、100nm、200nm、300nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図28(b)は、第5の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500nm、700nm、1000nm、1500nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。陽極孔部42Aの深さを150nmとした。さらに発光点は、図9のEP点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5nmの位置とした。

[0199] 図28(a)、(b)から、発光点から陰極までの距離が50nmの従来の有機EL素子に対しては、650nm以下の波長の光の取り出し効率が向上していることが分かる。

[0200] 図29(a)は、第6の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、50nm、100nm、200nm、300nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。図27(b)は、第6の実施形態の有機EL素子を用いて、発光点から陰極までの距離が、500nm、700nm、1000nm、1500nmとした際のFDTDシミュレーションの結果を示す。誘電体層の厚みを100nm、陽極の層状部の厚みを50nm、陽極孔部の深さを100nmとして計算を行った。

さらに発光点は、図11のFP点であり、屈折率変調構造（キャビティ部分）の陰極側表面から、47.5nmの位置とした。

[0201] 図29(a)、(b)から、各膜厚で屈折率変調構造を有さない構造（基板

上に陰極、有機層、陽極を順に積層した構造：図ではベタと記載）と比較して、屈折率変調構造を有する第2の実施形態の有機EL素子は、全ての発光点から陰極までの距離の実験結果において、光取り出し効率が向上していることが分かる。

特に、発光点から陰極までの距離が50nmの従来の有機EL素子に対して、発光点から陰極までの距離が100nm～1500nmといった光取り出し効率が向上していることが分かる。これは、発光点から陰極までの距離を離すことにより、SPPモード光の発生自体が抑制され、かつ、SPPモード光及び導波モード光を効果的に取り出して光取り出し効率が向上したためと考えられる。特に650nm以下の波長の光に対して、その効果が確認できる。

[0202] 図24から図29の各実施形態の有機EL素子の光取り出し効率の結果を比較すると、第1～第3の実施形態においては、特に600nm以上の波長の光を取り出す場合において有利である。第4～第6の実施形態においては、特に650nm以下の波長の光を取り出す場合において有利である。つまり、赤色側の光を主に取り出したい場合は、第1～第3の実施形態の有機EL素子を利用することができる。一方、青色側の光を主に取り出したい場合は、第4～第6の実施形態を利用することができる。すなわち、用途により屈折率変調構造を利用する変更することで、その用途において最も有利な有機ELを選択することができる。これは、本発明の検討により分かった事項であり、非常に優れた効果であると言える。

符号の説明

[0203] 10、20、30、40、50、60、70、80、90 有機EL素子
 11、21、31、41、51、61、71、81、91 基板
 11A 凹部
 11B 基板凸部
 11a、12a、32a、42a、52a 内側面
 12、22、32、42、52、62、72、82、92 陽極
 12A、32A、42A、52A、62A 陽極孔部

3 2 B、4 2 B、5 2 B、6 2 B 陽極凸部

3 発光層

1 3、2 3、3 3、4 3、5 3、6 3、7 3、8 3、9 3 有機層

1 3 a、2 3 a、3 3 a 孔部内側面被覆部

1 3 b、3 3 b、5 3 b、6 3 b 陽極孔部内側面被覆部

1 3 c 凹部内側面被覆部

1 3 d、2 3 d、3 3 d、5 3 d、6 3 d 層状部

2 3 s、3 3 s、5 3 s、6 3 s 誘電体島状部外側面被覆部

3 3 t、6 3 t 陽極凸部外側面被覆部

1 4、2 4、3 4、4 4、5 4、6 4、7 4、8 4、9 4 陰極

1 7、2 7、4 7、6 7 誘電体

1 7 a、2 7 a、3 7 a、6 7 a 内側面

1 7 A、2 7 A、3 7 A 孔部

2 7 b 外側面

2 7 B、3 7 B、6 7 B 誘電体島状部

6 7 A 開口部

7 7 高屈折率層

7 7 a 凸部

7 7 b 層状部

1 8 有機厚膜層

1 9 層

8 8 回折格子

9 8 レンズ構造

8 1 A、9 1 A 外表面

1 0 0 画像表示装置

1 0 4 陽極配線

1 0 6 陽極補助配線

1 0 8 陰極配線

- 1 1 0 絶縁層
- 1 1 2 陰極隔壁
- 1 1 6 封止プレート
- 1 1 8 シール材
- 2 0 0 照明装置
- 2 0 1 点灯回路
- 2 0 2、2 0 3 端子
- 2 9、4 9、5 9、6 9 レジスト層

請求の範囲

- [請求項1] 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記第1電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率より低い屈折率を有すると共に複数の孔部を備えた誘電体層を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記孔部の内側面を被覆する孔部内側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項2] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率と異なる屈折率を有すると共に複数の孔部を備えた誘電体層を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記孔部の内側面を被覆する孔部内側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項3] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極と前記第2電極との間に、前記有機層の屈折率と異なる屈折率を有すると共に平面視で互いに独立した島状の誘電体島状部を具備し、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記誘電体島状部の外側面を被覆する誘電体島状部外側面被覆部を有するものである、ことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項4] 前記第1電極は、前記孔部に連通する第1電極孔部を備え、前記有機

層はさらに、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部側面被覆部を有することを特徴とする請求項2に記載の有機EL素子。

[請求項5] 前記第1電極は、前記誘電体島状部に連結されかつ互いに連なった第1電極凸部を備え、
前記有機層はさらに、前記第1電極凸部の外側面を被覆する第1電極凸部外側面被覆部を有す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6] 前記第1電極の、前記有機層とは反対側の面に基板を備え、
前記基板は、前記第1電極孔部に連通する凹部を備え、前記有機層はさらに、前記凹部の内側面を被覆する凹部内側面被覆部を有することを特徴とする請求項4に記載の有機EL素子。

[請求項7] 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記第1電極は、該第1電極の屈折率より低い屈折率を有する誘電体層によってその内側面を被覆された複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項8] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、この第1電極の屈折率と異なる屈折率を有する誘電体層によってその内側面を被覆された複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項9] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極で

ある有機EL素子であって、前記第1電極は互いに連結された複数の第1電極凸部を備え、前記第1電極凸部は、該第1電極の屈折率と異なる屈折率を有する誘電体層によってその外側面を被覆されており、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項10] 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記第1電極は、複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部内側面被覆部を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項11] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、複数の第1電極孔部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極孔部の内側面を被覆する第1電極孔部内側面被覆部孔部内側面を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項12] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記第1電極は、互いに連結された複数の第1電極凸部を備え、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記有機層は、前記第1電極凸部の外側面を被覆する第1電極凸部外側面被覆部を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

- [請求項13] 基板上に誘電体層と、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記透明電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上300nm以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第1電極の屈折率より低い屈折率を有すると共に前記基板が露出するように開口部を有するパターンで形成されており、前記第1電極と、前記有機層、前記第2電極、前記低屈折率層及び前記金属層は、前記誘電体層のパターンを追従するように形成されている、ことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項14] 誘電体層と、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第1電極の屈折率と異なると共に、前記基板が露出するように開口部を有するパターンで形成されており、前記第1電極の両表面および前記有機層の第1電極側の表面は、前記誘電体層のパターンを追従するように形成されている、ことを特徴とする有機EL素子。
- [請求項15] 誘電体層と、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とが順に形成されてなり、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記誘電体層は、前記第1電極の屈折率と異なると共に、平面視で互いに独立した島状の誘電体島状部を有するパターンで形成されており、前記第1電極の両表面および前記有機層の第1電極側の表面は、前記誘電体層のパターンを追従するように形

成されている、ことを特徴とする有機EL素子。

- [請求項16] 基板上に、第1電極と、発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極であり、前記有機層及び／又は前記第1電極及び／又は前記基板の少なくとも一部に、誘電体層を備え、
その誘電体層と、前記有機層及び／又は前記第1電極及び／又は前記基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成されており、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

- [請求項17] 基板上に、第1電極と、発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極であり、
前記第1電極と、前記有機層又は前記基板とは、一方の少なくとも一部が規則的形状を有する複数の島状部をなし、他方の少なくとも一部がその島状部の周囲を埋めるように連続して海状部をなして、それらが海島構造をなすように形成されており、
前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含む、ことを特徴とする有機EL素子。

- [請求項18] 基板上に、第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極と第2電極のどちらか一方が透明電極で、もう一方が金属電極で、前記第1電極側から外部に光を取り出すように構成された有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、光取出し側の透明電極の光取出し側に回折格

子、レンズ構造、鋸歯状構造、散乱層のいずれかの構造を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項19] 第1電極と、有機EL材料からなる発光層を含む有機層と、第2電極とを順に具備し、第1電極が透明電極であり、第2電極が金属電極である有機EL素子であって、前記有機層は、前記発光層と前記金属電極との間に、膜厚が80nm以上1500nm以下の有機厚膜層を含み、前記第1電極の前記有機層と反対の面に回折格子、レンズ構造、鋸歯状構造、散乱層のいずれかの構造を有する、ことを特徴とする有機EL素子。

[請求項20] 前記有機厚膜層がn層（nは1以上の整数）のサブレイヤーからなり、i番目（iは1からnまでの整数）のサブレイヤーの膜厚と移動度をそれぞれ d_i 及び μ_i とすると、以下の式の間係を満たすことを特徴とする請求項1～19のいずれか一項に記載の有機EL素子。

[数1]

$$10^{-15} [\text{s} \cdot \text{V}] \leq \sum (d_i^2 / \mu_i) \leq 10^{-4} [\text{s} \cdot \text{V}] \cdots (1)$$

ここで、 Σ は、すべての前記サブレイヤーについての和をとることを示す。前記式の単位はSI単位系である。

[請求項21] 前記有機厚膜層がn層（nは1以上の整数）のサブレイヤーからなり、前記有機厚膜層における電圧降下量が、以下の式の間係を満たすことを特徴とする請求項1～20のいずれか一項に記載の有機EL素子。

[数2]

$$\sum_i \sqrt{\frac{8jd_i^3}{9\varepsilon_0\varepsilon_i\mu_i}} < 1 \quad [\text{V}] \cdots (2)$$

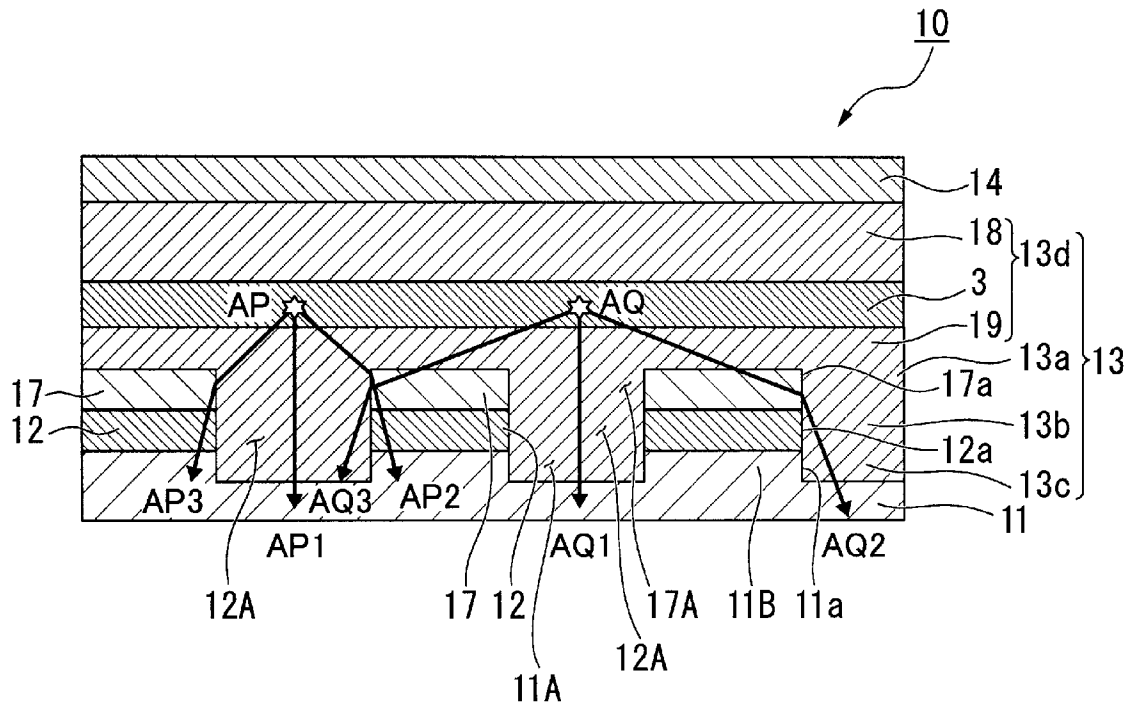
ここで、 d_i 、 ε_i 及び μ_i はi番目（iは1からnまでの整数）のサブレイヤーの膜厚、比誘電率及び移動度を示し、 ε_0 は真空の誘電率、 $j = 0.1 \text{ mA/cm}^2$ である。 Σ は、すべての前記サブレイヤー

についての和をとることを示す。前記式の単位はS I 単位系である。

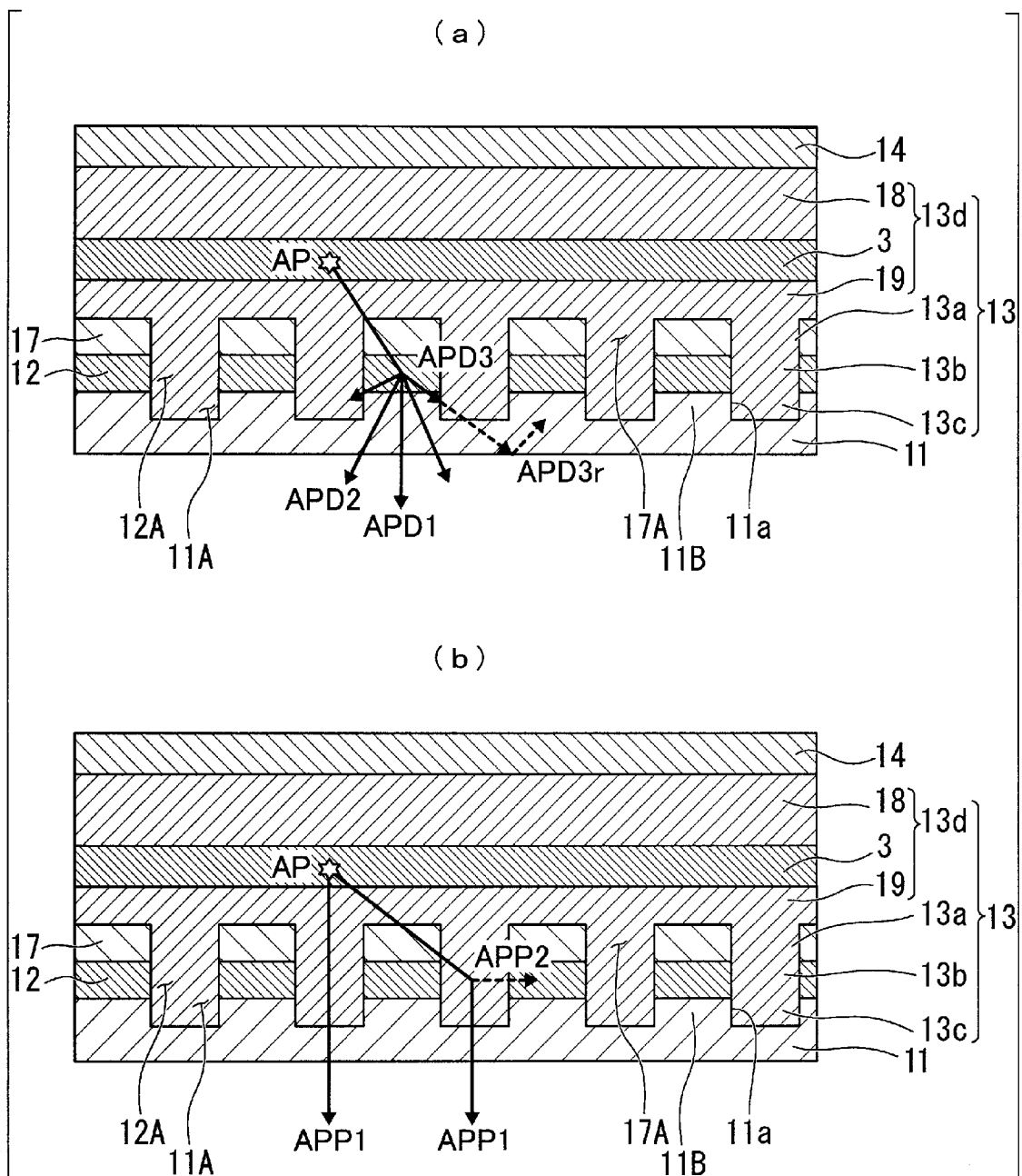
[請求項22] 請求項1～21のいずれか一項に記載の有機EL素子を備えたことを特徴とする画像表示装置。

[請求項23] 請求項1～21のいずれか一項に記載の有機EL素子を備えたことを特徴とする照明装置。

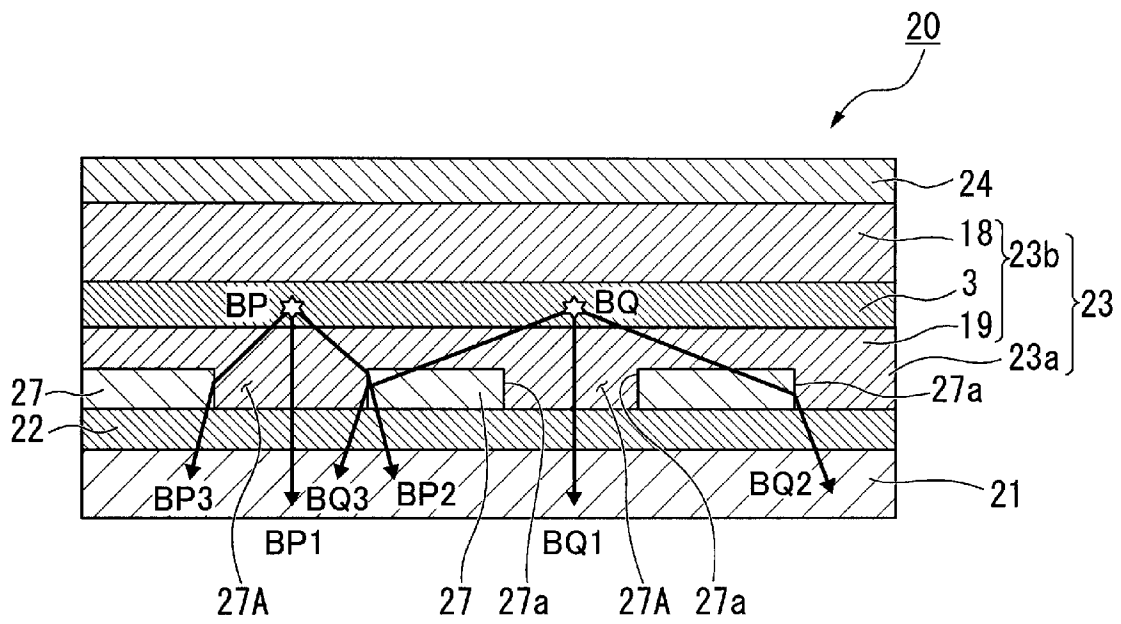
[図1]



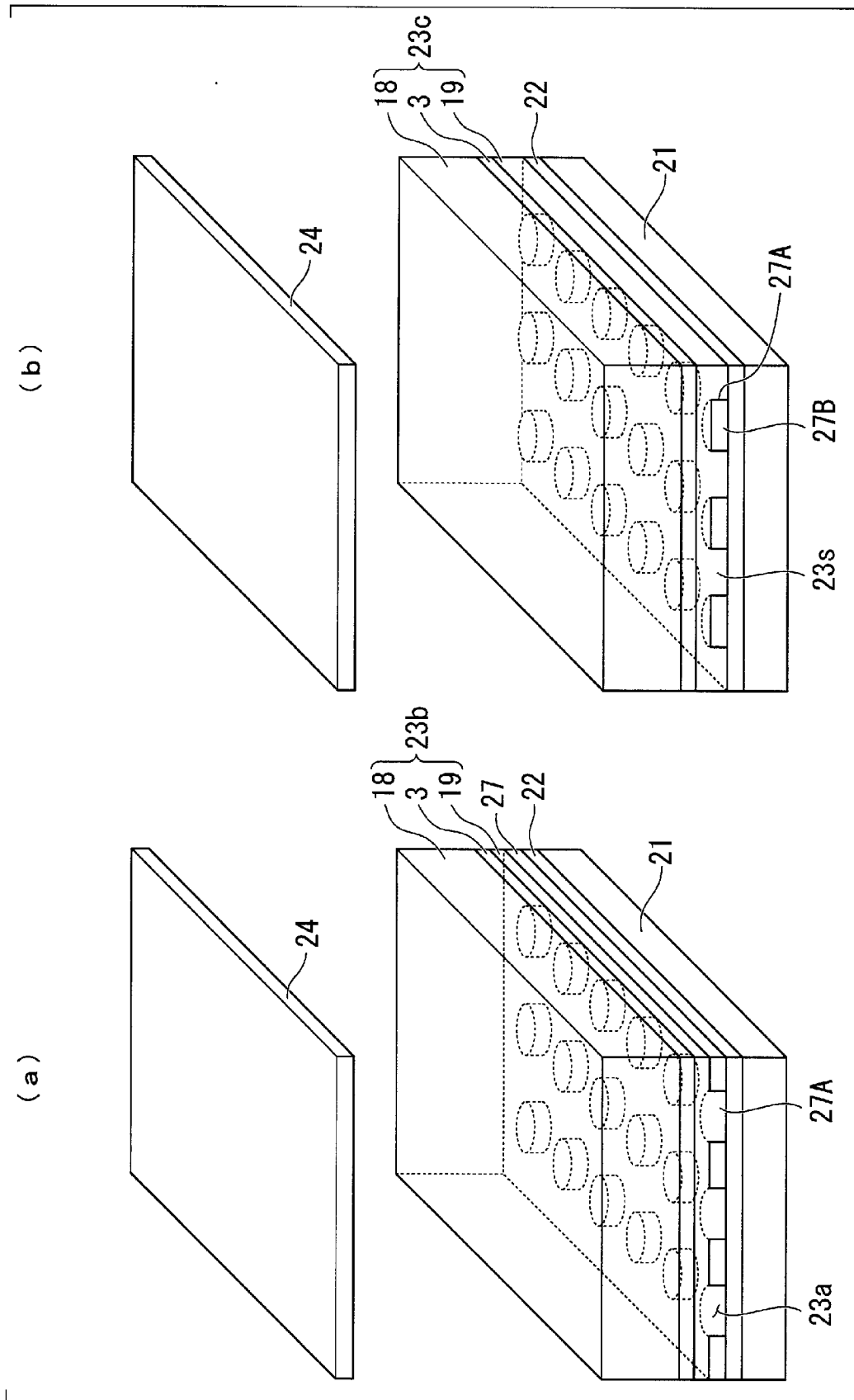
[図2]



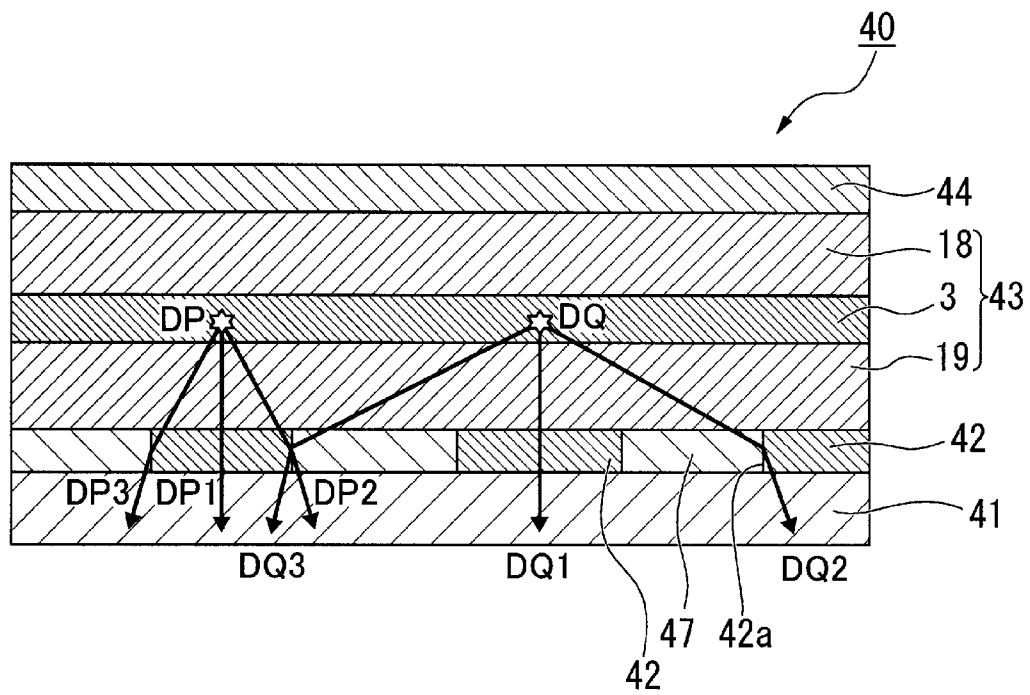
[図3]



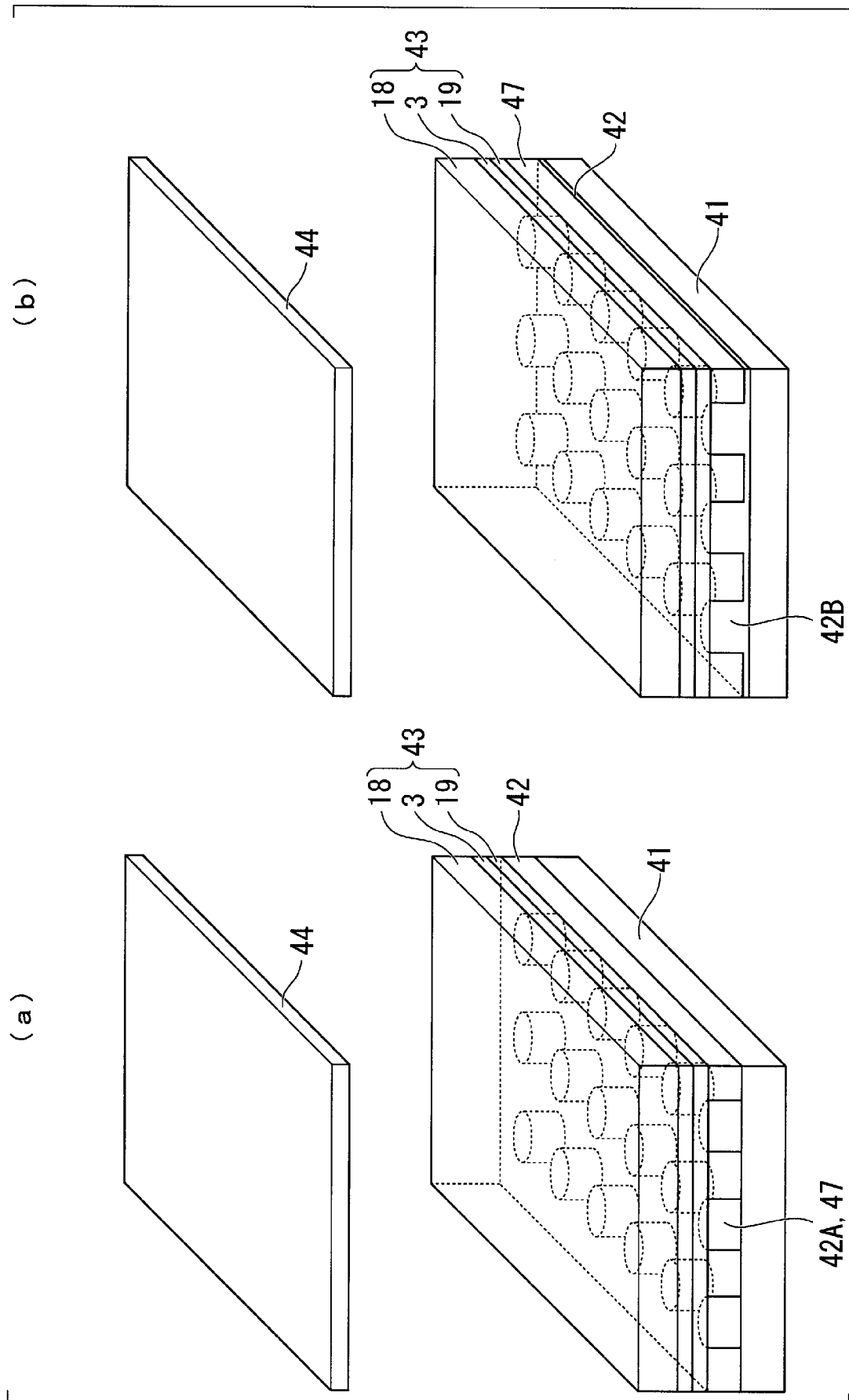
[図4]



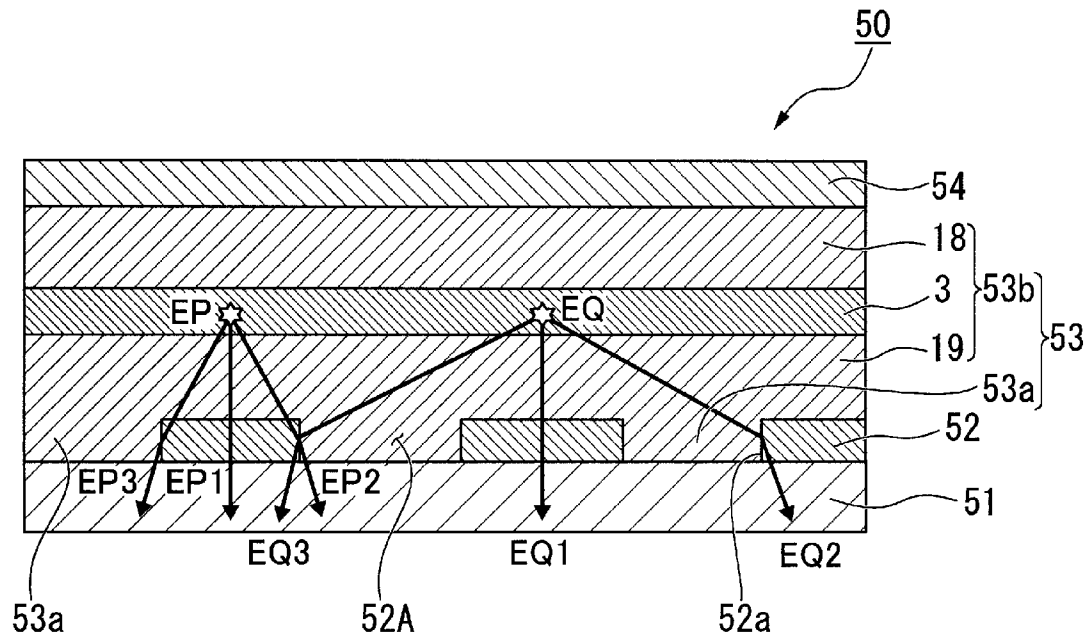
[図7]



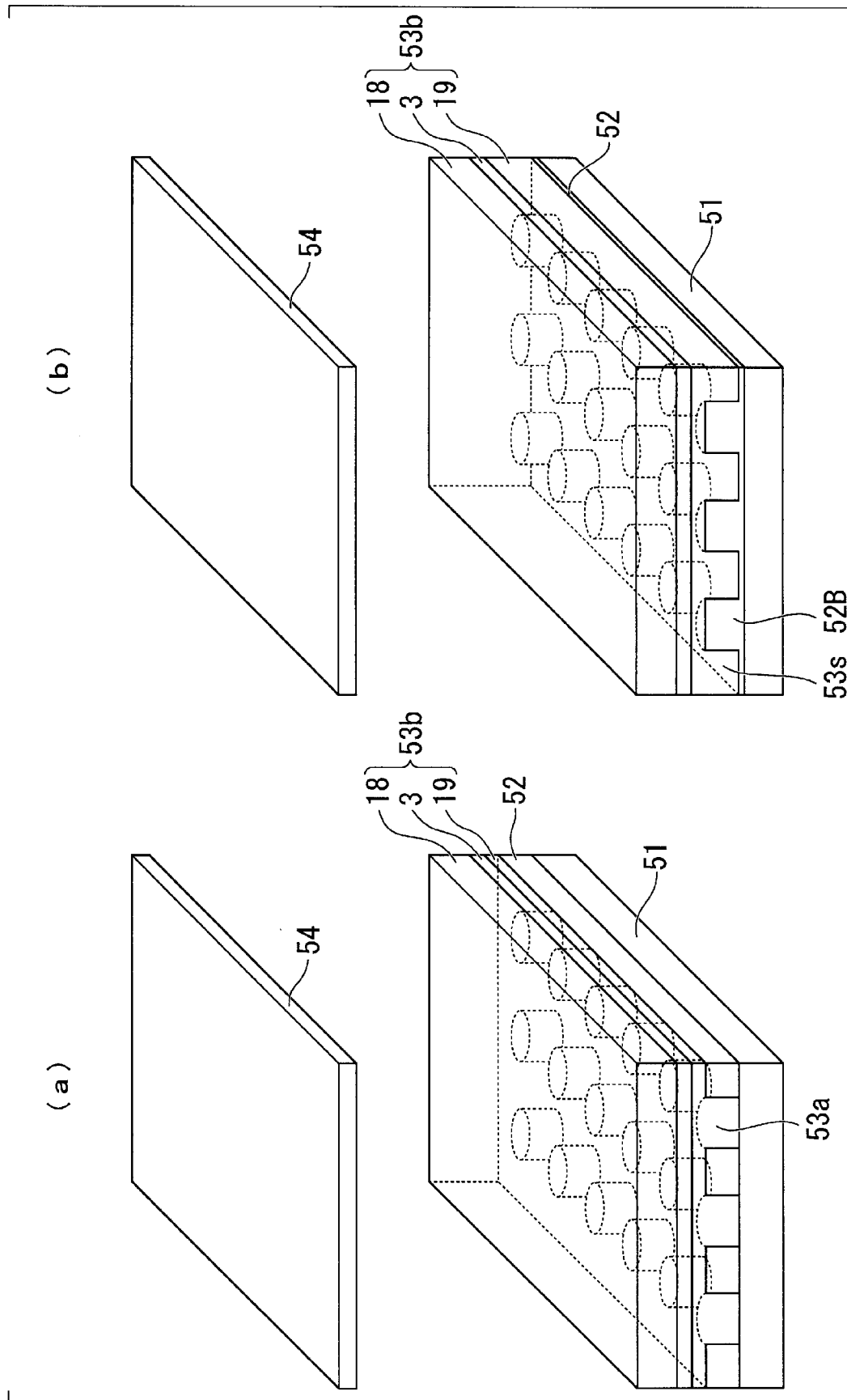
[図8]



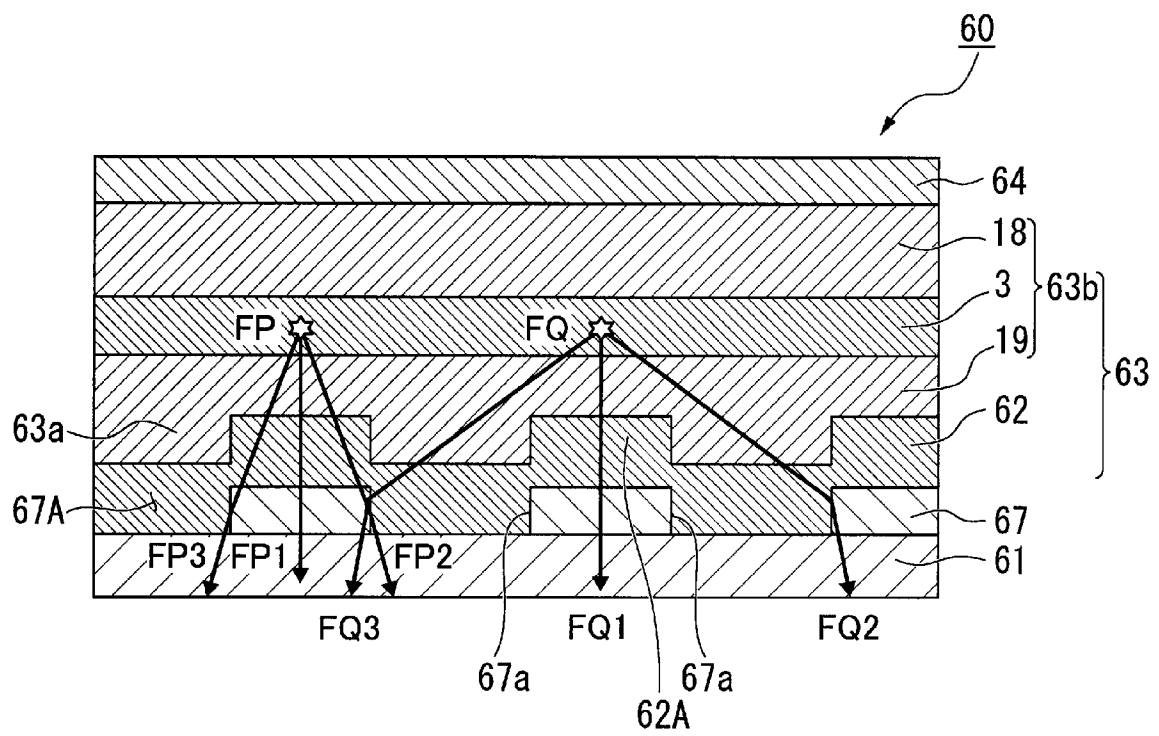
[図9]



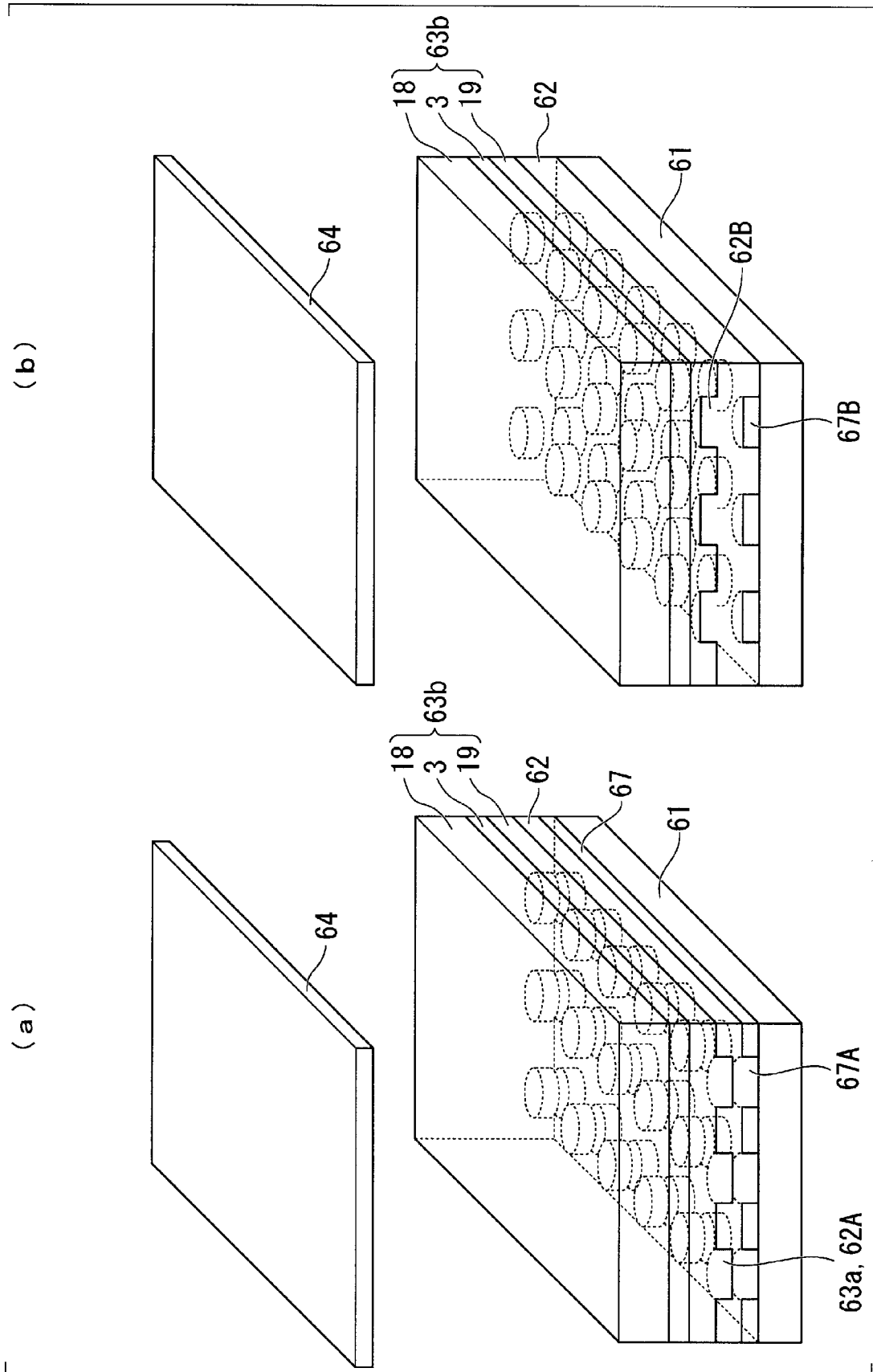
[図10]



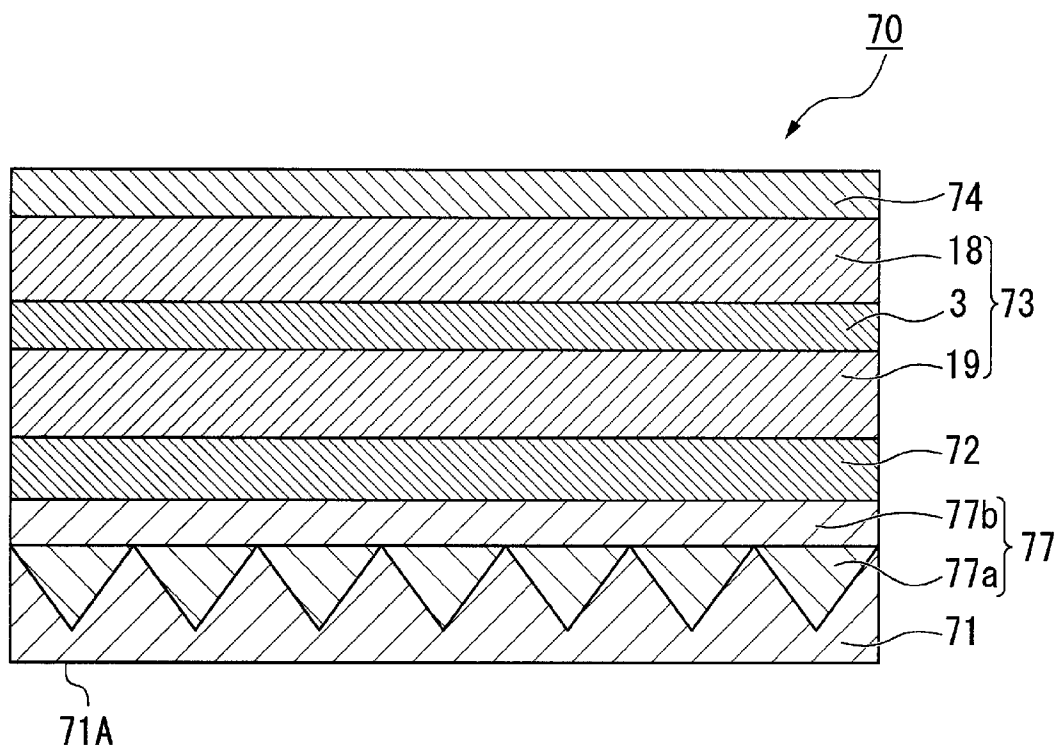
[図11]



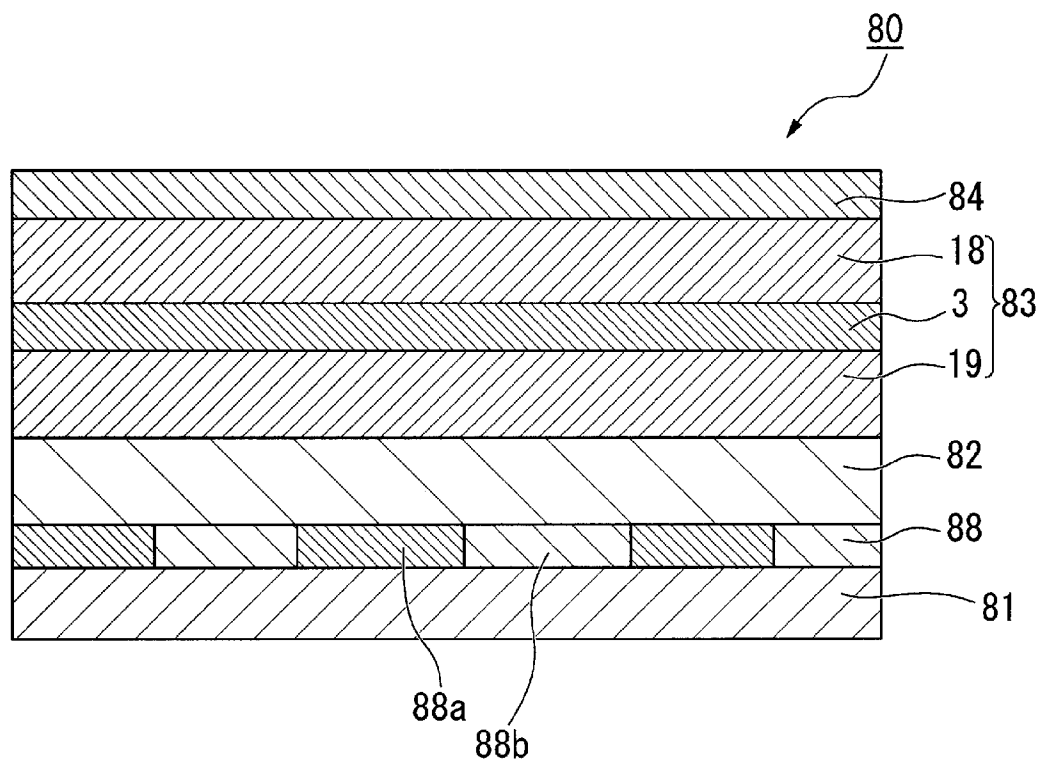
[図12]



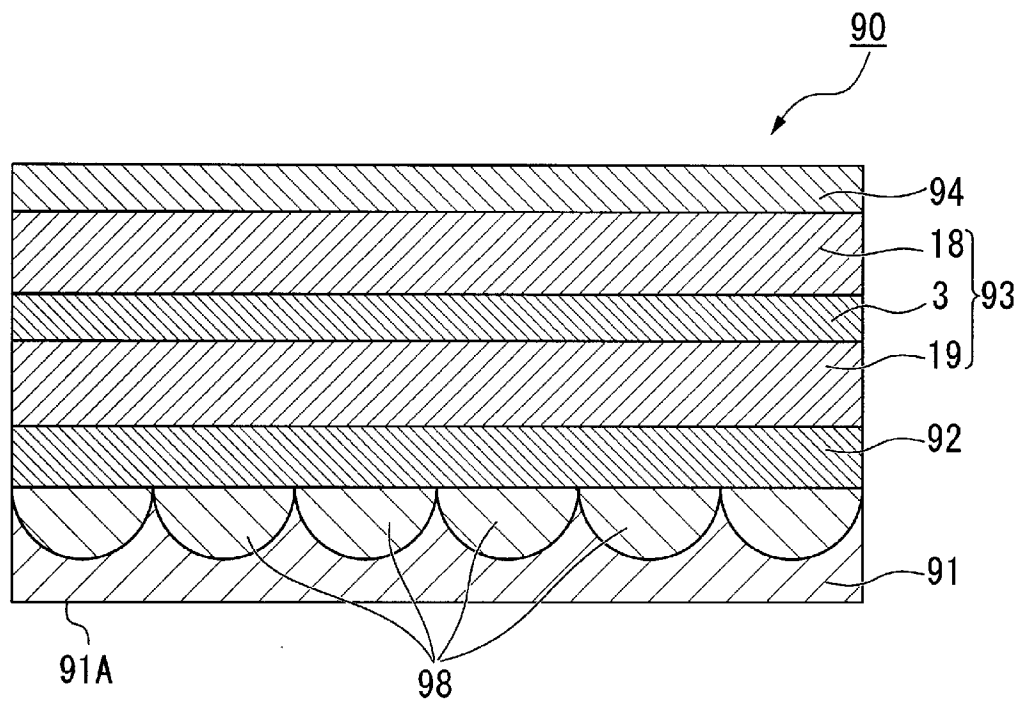
[図13]



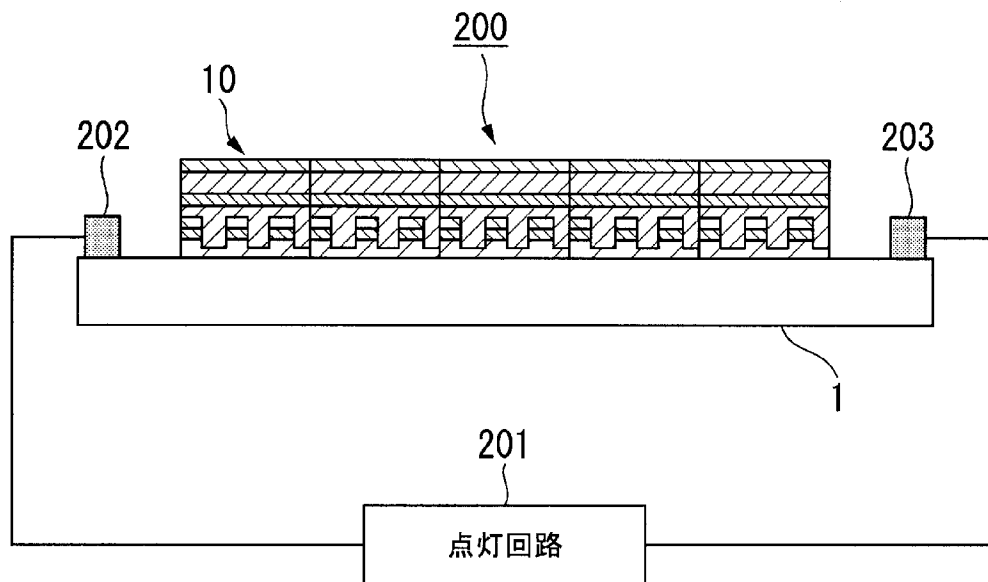
[図14]



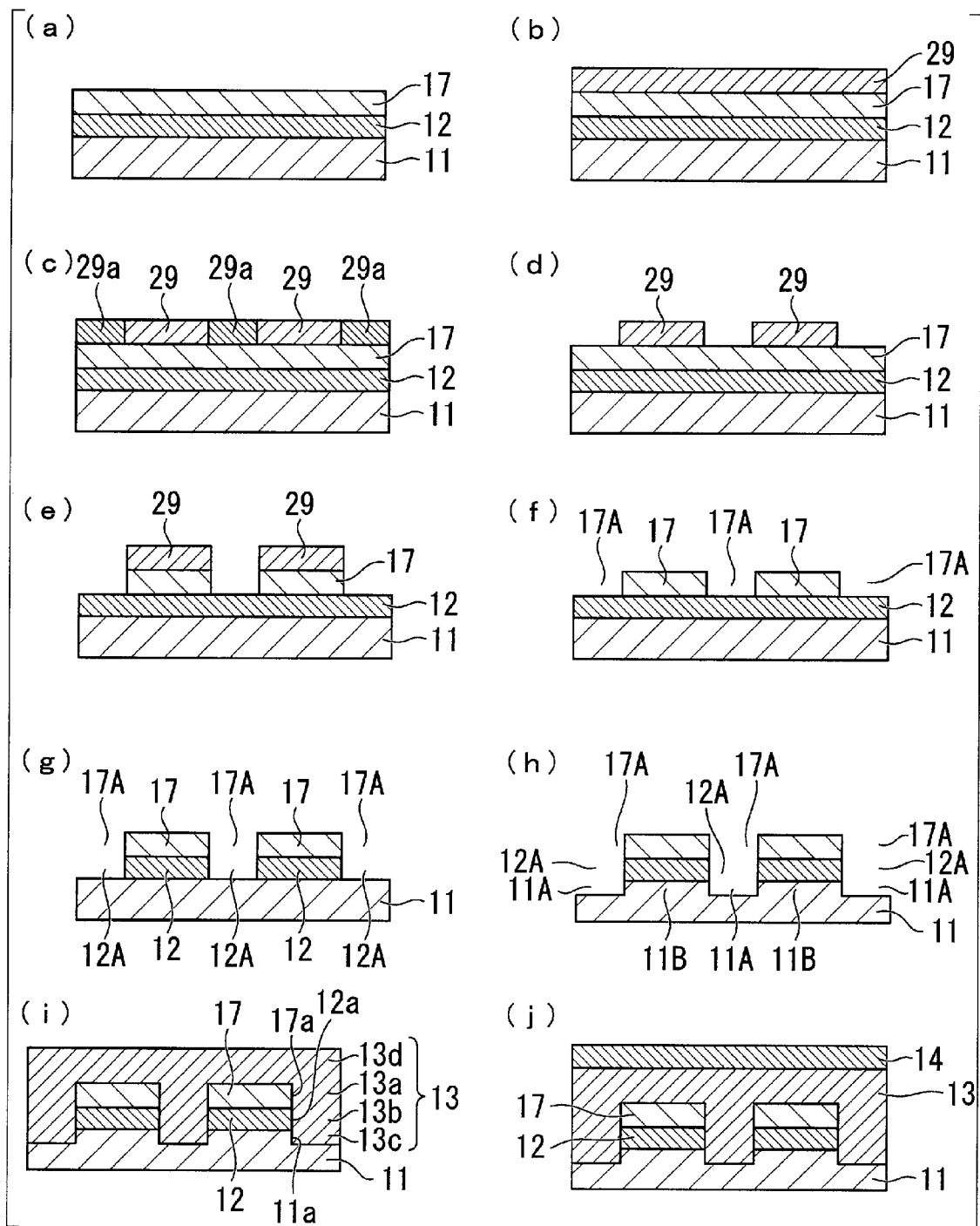
[図15]



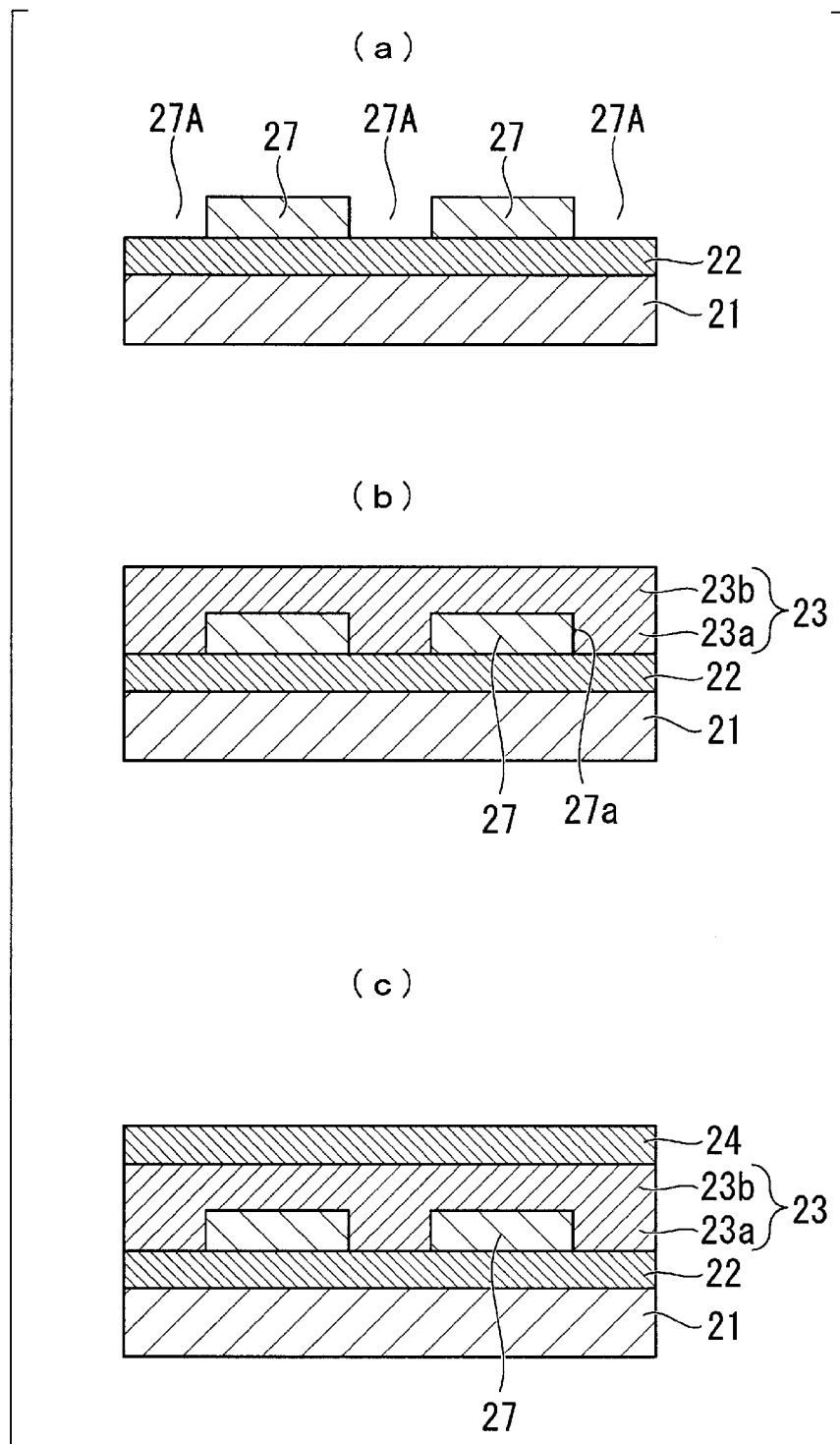
[図17]



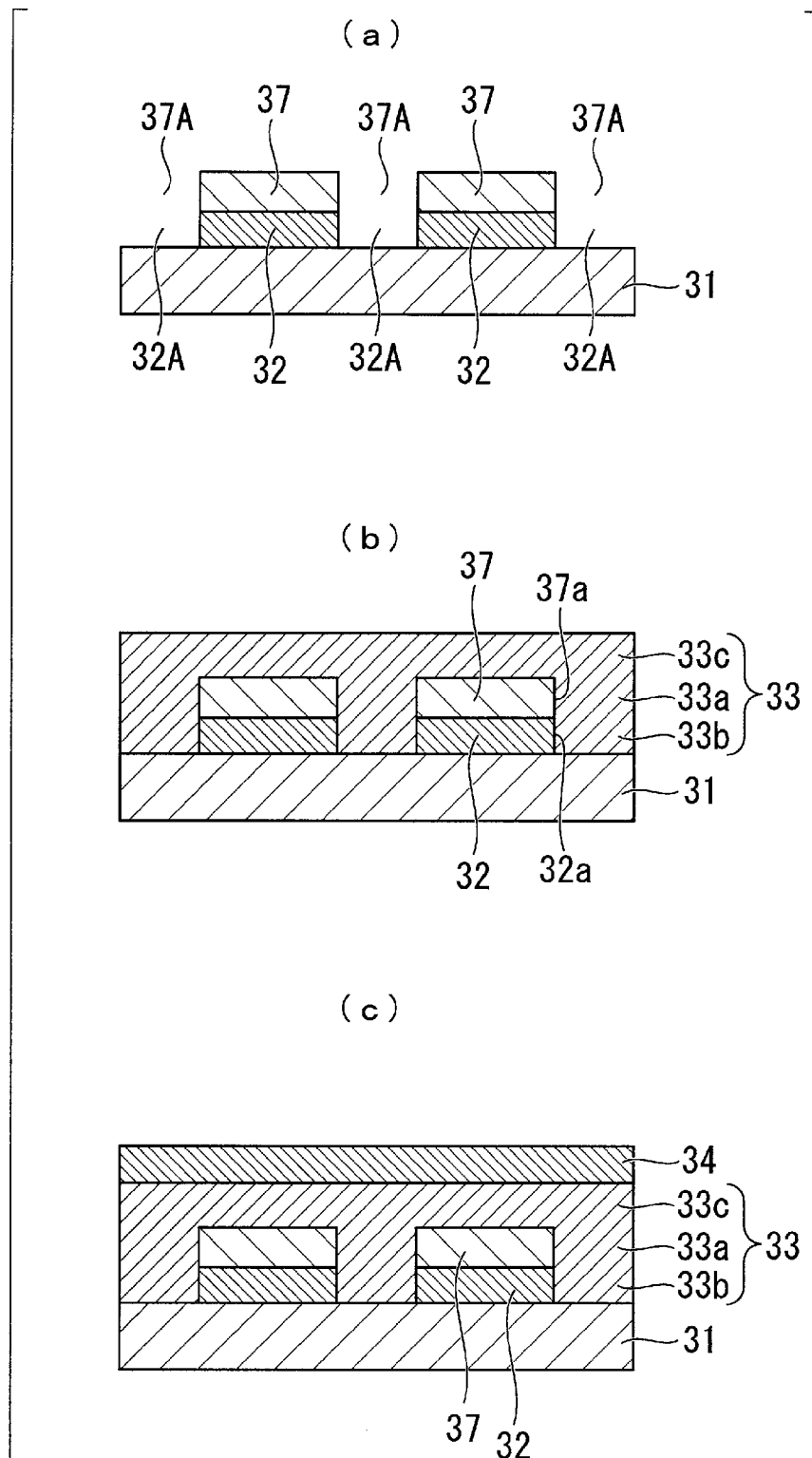
[図18]



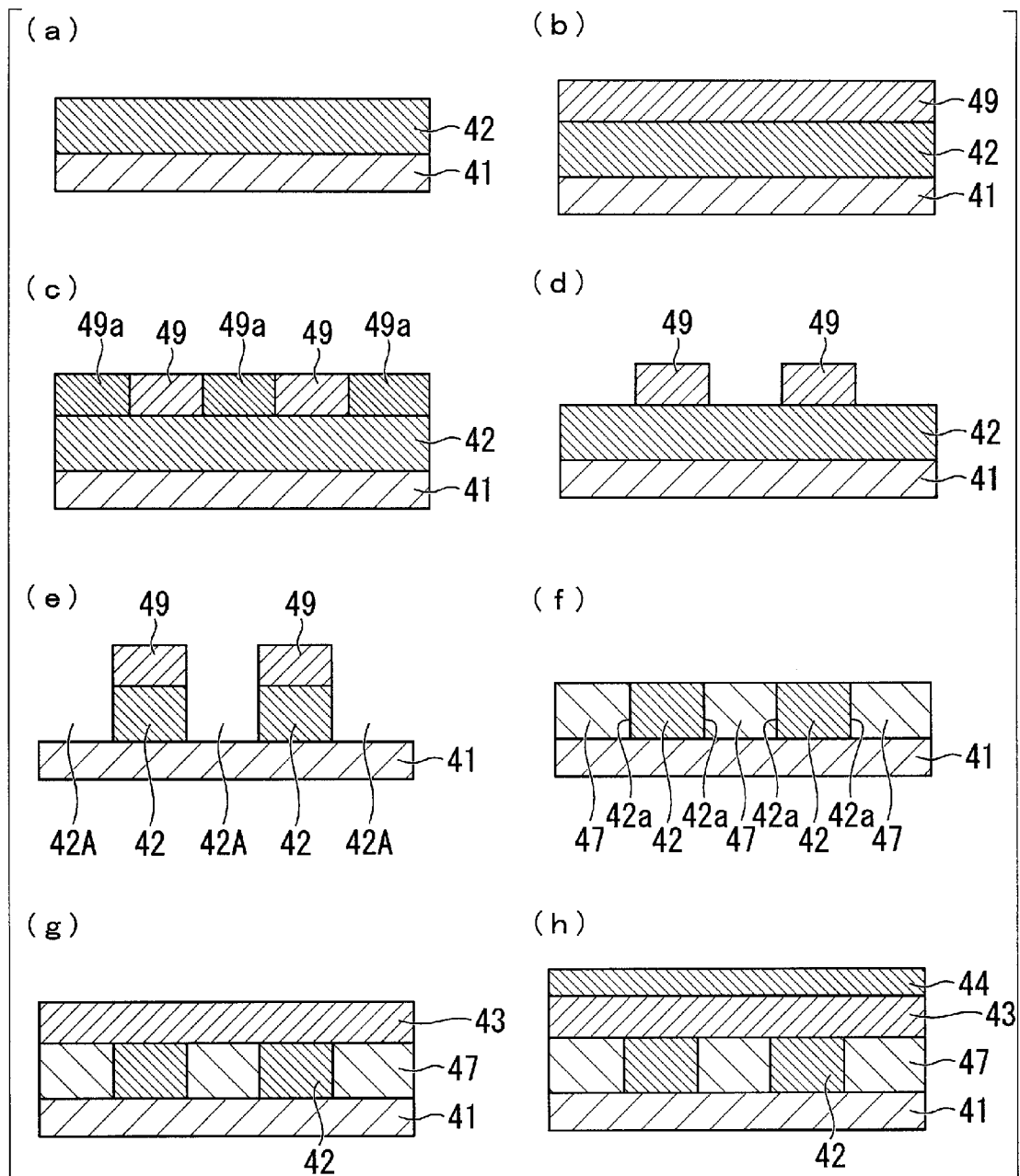
[図19]



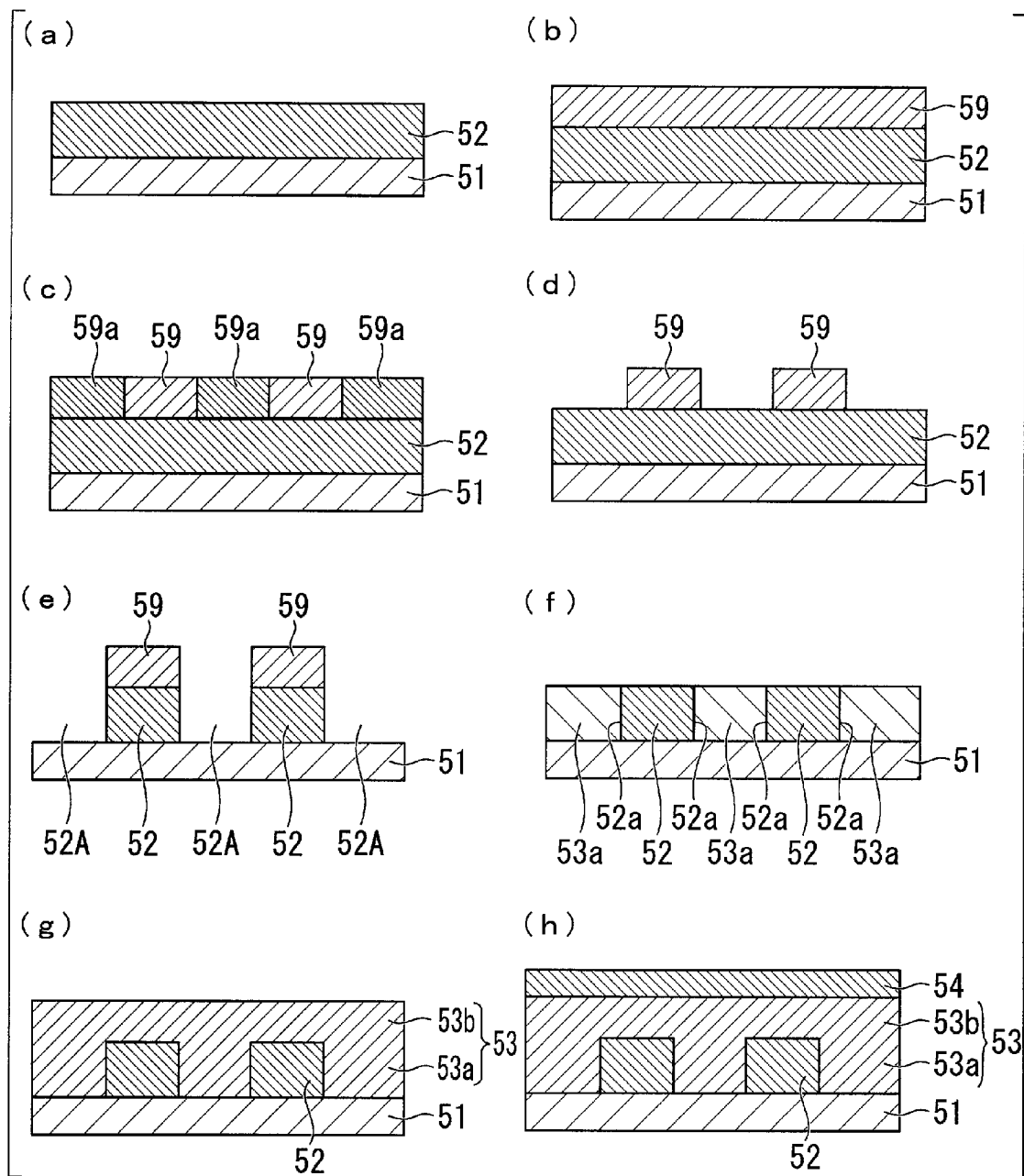
[図20]



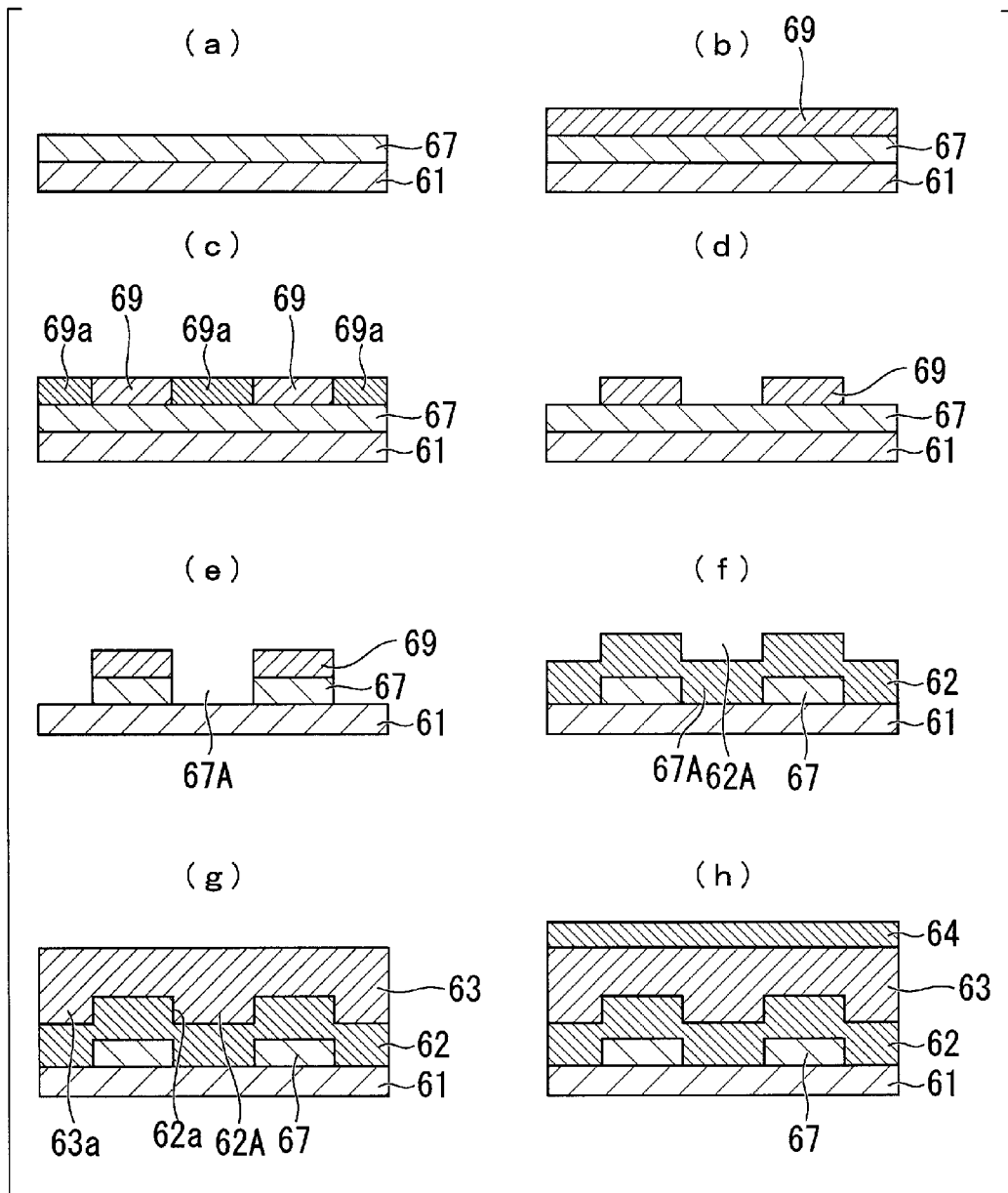
[図21]



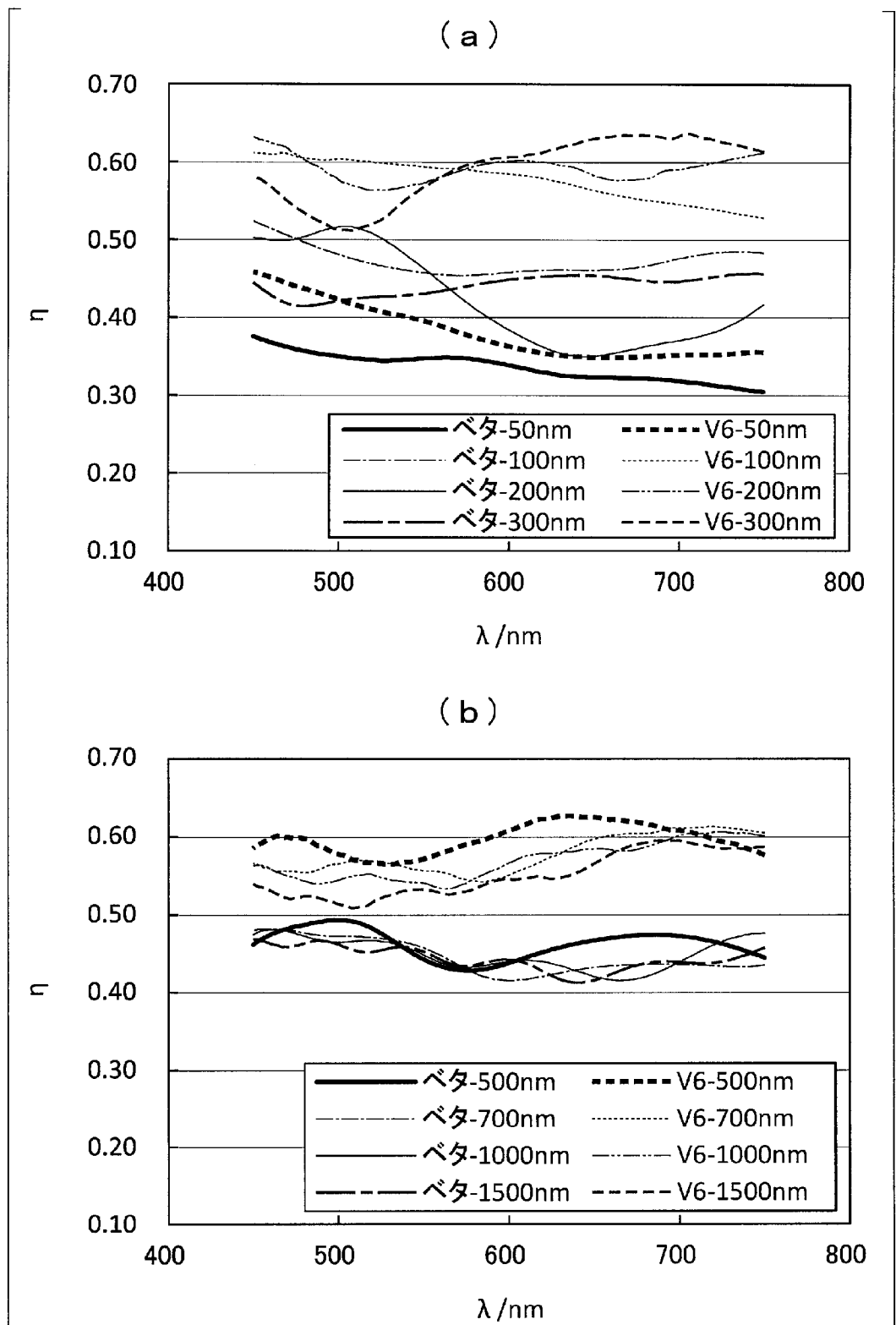
[図22]



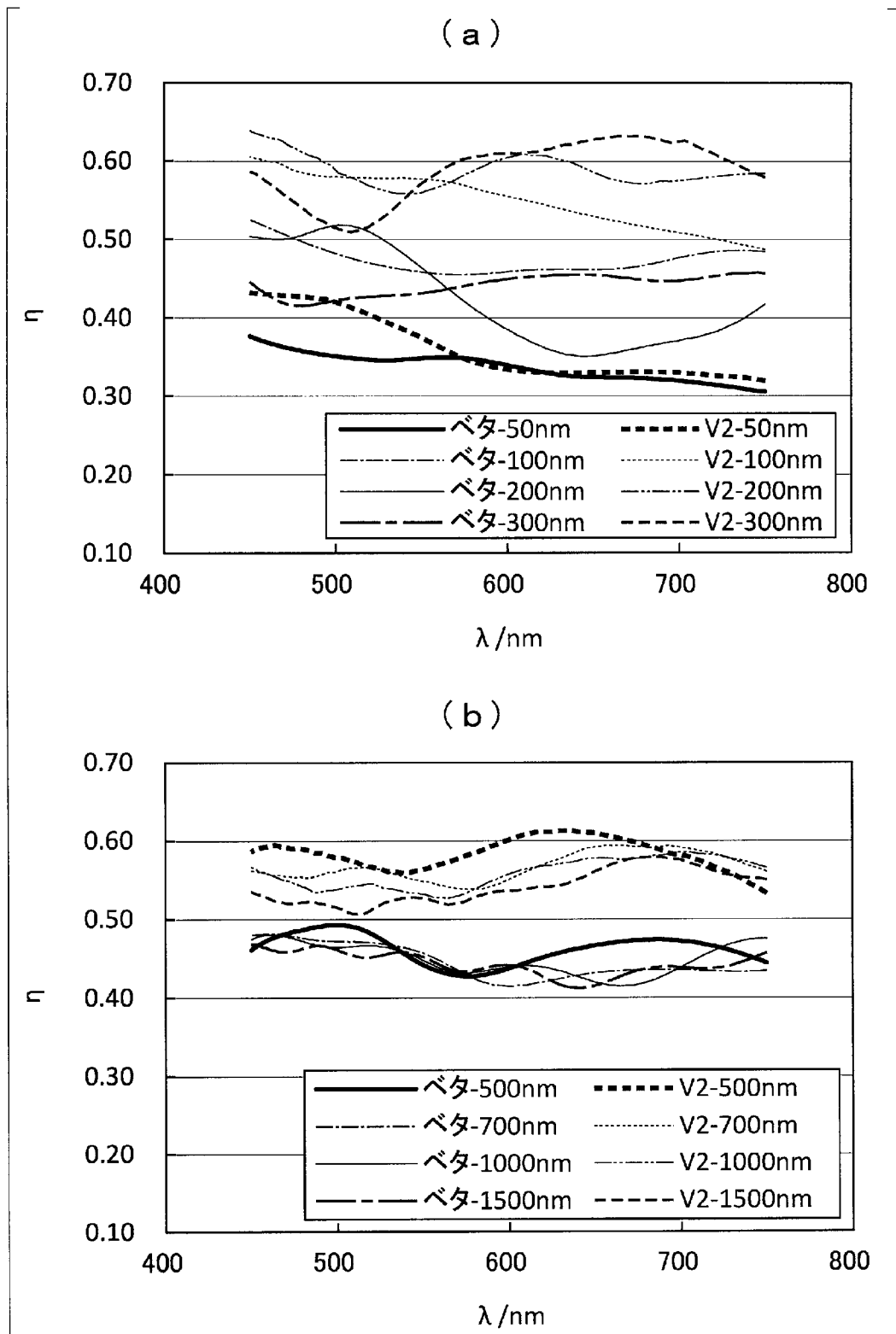
[図23]



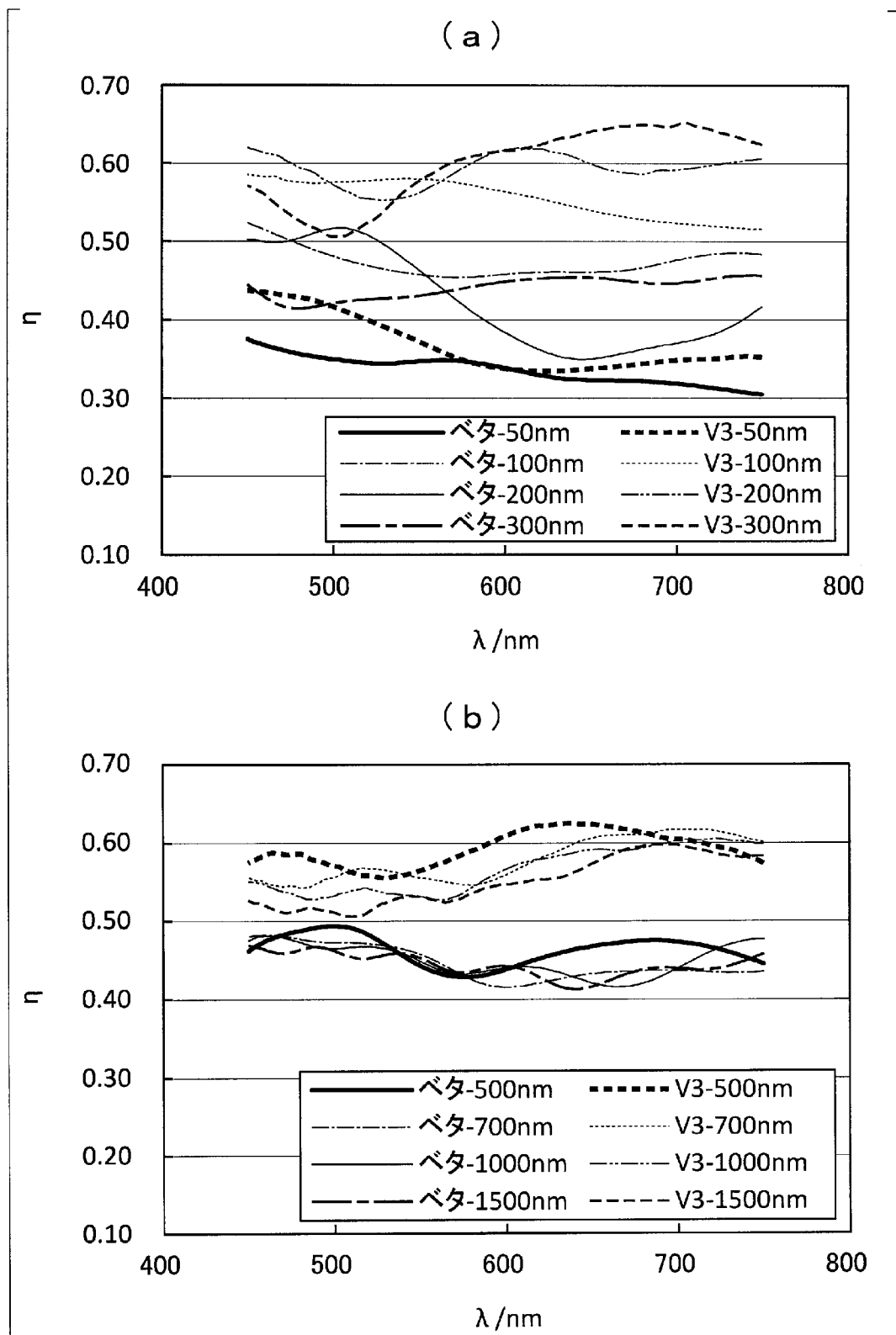
[図24]



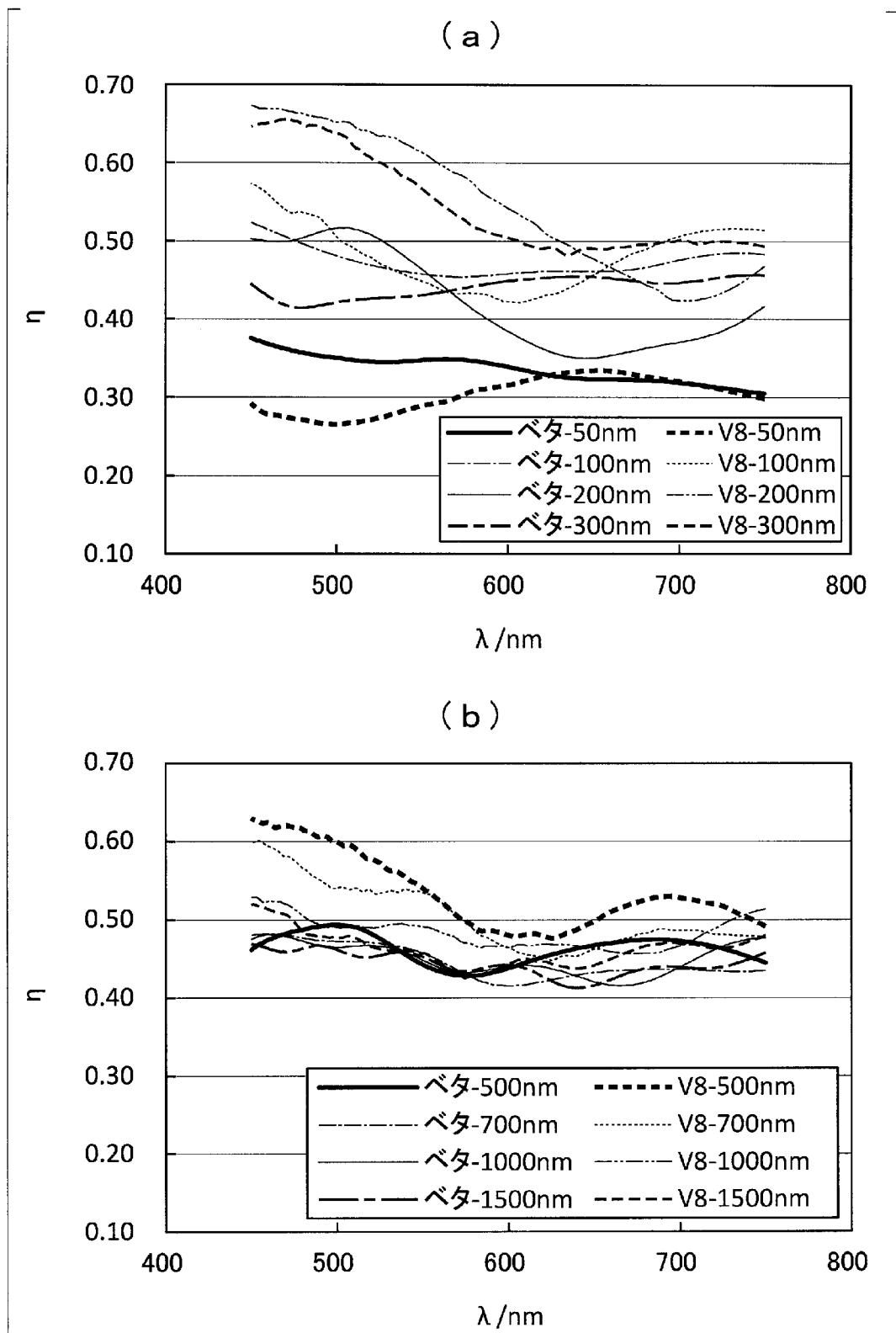
[図25]



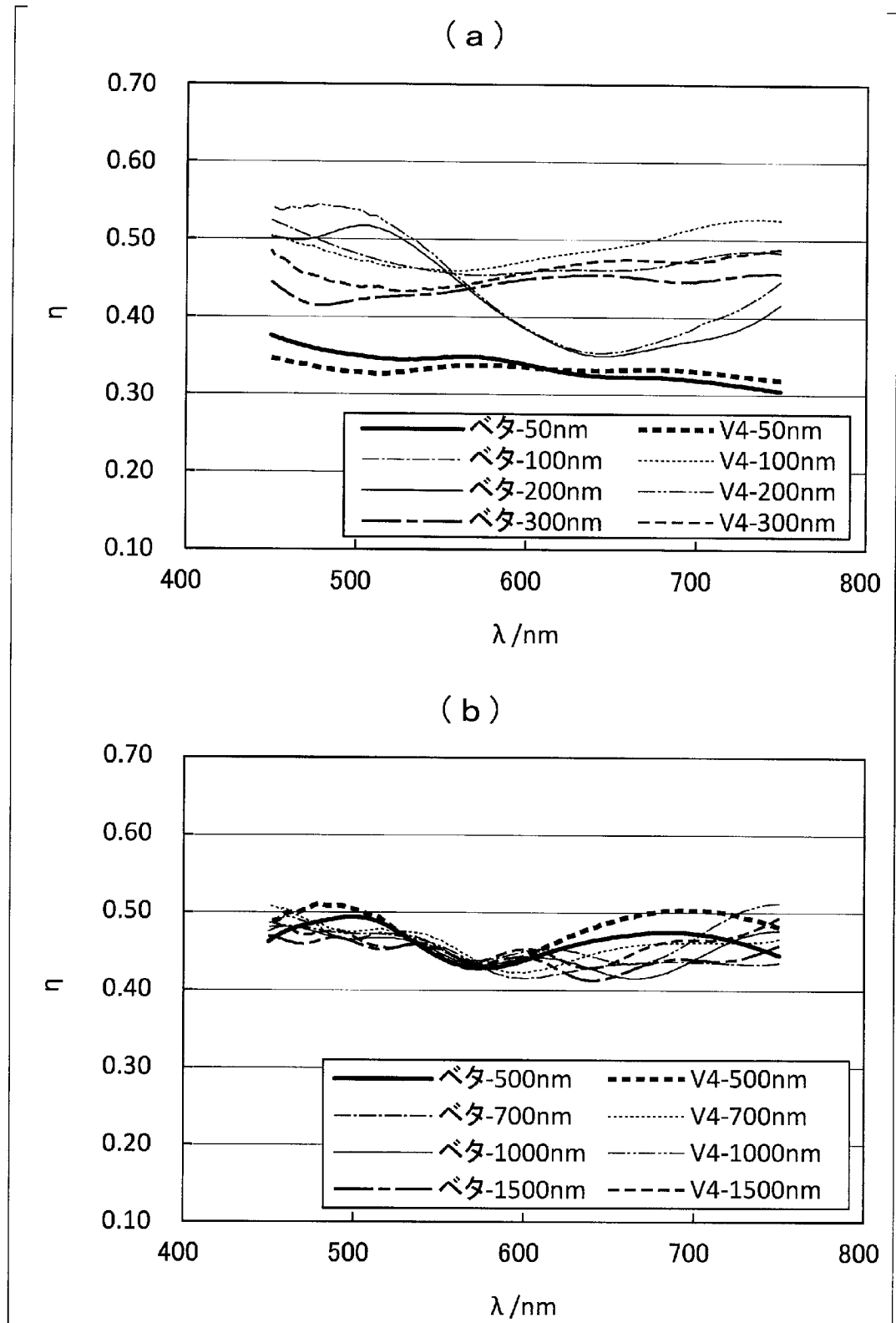
[図26]



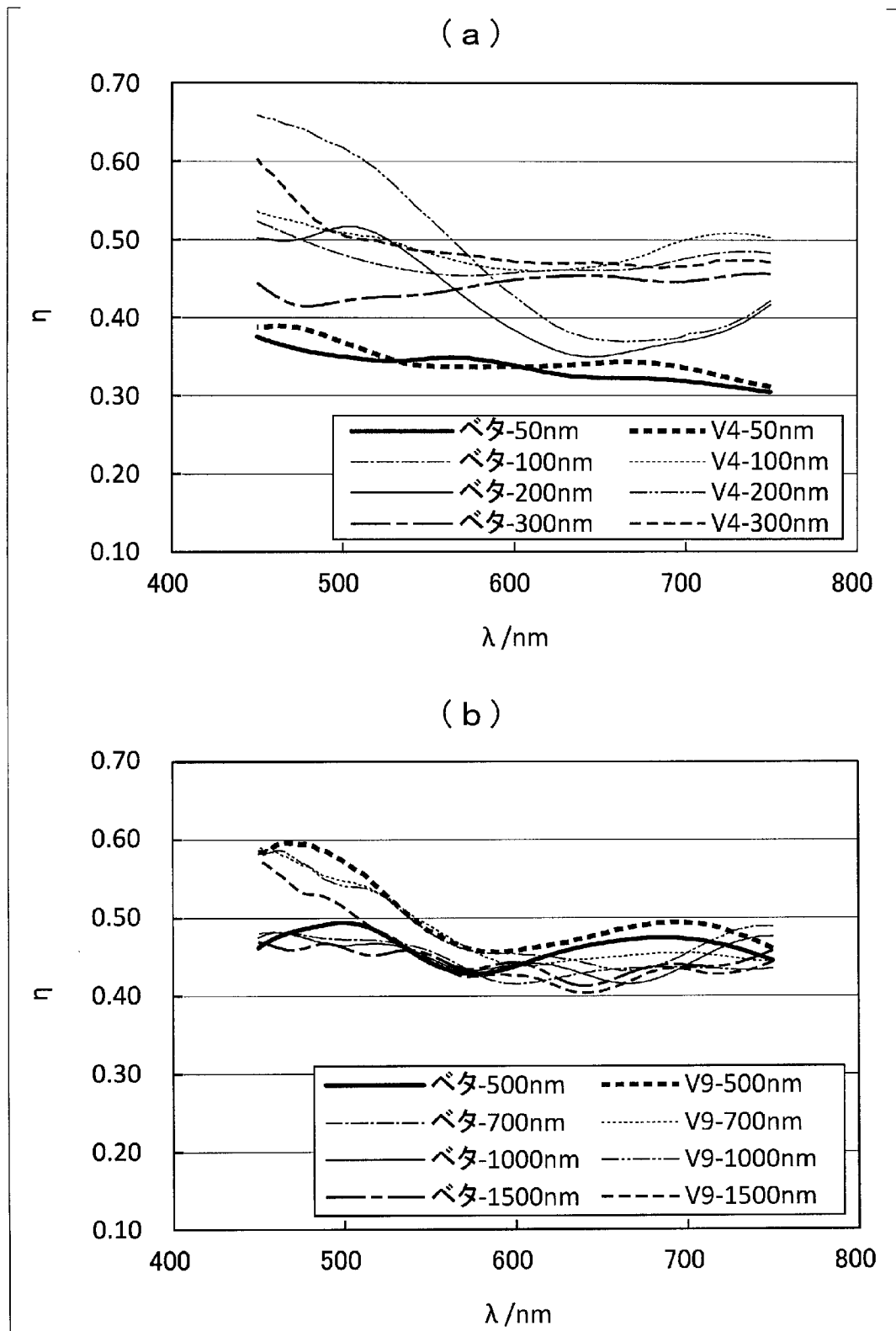
[図27]



[図28]



[図29]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082195

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L51/50(2006.01)i, G09F9/30(2006.01)i, H01L27/32(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)i, H05B33/22(2006.01)i, H05B33/26(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)

H01L51/50, G09F9/30, H01L27/32, H05B33/02, H05B33/22, H05B33/26, 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	1996-2014
Kokai Jitsuyo Shinan Koho	1971-2014	Toroku Jitsuyo Shinan Koho	1994-2014

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.
X Y A	JP 2012-186107 A (Toshiba Corp.), 27 September 2012 (27.09.2012), claim 1; paragraphs [0020], [0027] to [0042], [0080] to [0091]; fig. 1, 9 & US 2012/0229020 A1 & EP 2498580 A1 & CN 102683610 A & KR 10-2012-0102482 A & TW 201238109 A	18-23 1-4, 6-17 5
Y A	JP 2004-311419 A (Kyoto University), 04 November 2004 (04.11.2004), paragraphs [0003] to [0005], [0012] to [0013], [0064] to [0135]; fig. 4 to 52 & US 2007/0120136 A1 & EP 1615472 A1 & WO 2004/086821 A1 & KR 10-2005-0121691 A & CN 1781339 A	1-4, 6, 9, 12-17 5, 7-8, 10-11, 18-23

☒ 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
12 February, 2014 (12.02.14)

Date of mailing of the international search report
25 February, 2014 (25.02.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2013/082195

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y A	WO 2011/010503 A1 (Showa Denko Kabushiki Kaisha), 27 January 2011 (27.01.2011), paragraphs [0006], [0021] to [0023]; fig. 1 & JP 2011-82192 A & US 2012/0267614 A1 & EP 2458937 A1 & TW 201116150 A & CN 102474929 A	4, 6 1-3, 5, 7-23
Y A	JP 2007-234254 A (Sanyo Electric Co., Ltd.), 13 September 2007 (13.09.2007), claims 1 to 2; paragraphs [0016], [0116] to [0117]; fig. 11 to 12 (Family: none)	7-8 1-6, 9-23
Y A	JP 2002-202737 A (NEC Corp.), 19 July 2002 (19.07.2002), paragraphs [0006], [0045] to [0047]; fig. 1, 3 & US 2002/0084747 A1 & KR 10-2002-0055411 A & CN 1365247 A	10-11 1-9, 12-23

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H01L51/50(2006.01)i, G09F9/30(2006.01)i, H01L27/32(2006.01)i, H05B33/02(2006.01)i, H05B33/22(2006.01)i, H05B33/26(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. H01L51/50, G09F9/30, H01L27/32, H05B33/02, H05B33/22, H05B33/26, 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 4 年
日本国実用新案登録公報	1 9 9 6 - 2 0 1 4 年
日本国登録実用新案公報	1 9 9 4 - 2 0 1 4 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
X Y A	JP 2012-186107 A（株式会社東芝）2012.09.27, 【請求項1】，段落【0020】，【0027】 - 【0042】，【0080】 - 【0091】， 【図1】，【図9】 & US 2012/0229020 A1 & EP 2498580 A1 & CN 102683610 A & KR 10-2012-0102482 A & TW 201238109 A	18-23 1-4, 6-17 5

☒ 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

1 2 . 0 2 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

2 5 . 0 2 . 2 0 1 4

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100-8915
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）

素川 慎司

20

4844

電話番号 03-3581-1101 内線 3271

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 A	JP 2004-311419 A (国立大学法人京都大学), 2004. 11. 04, 段落【0003】 - 【0005】, 【0012】 - 【0013】, 【0064】 - 【0135】, 【図 4】 - 【図 52】 & US 2007/0120136 A1 & EP 1615472 A1 & WO 2004/086821 A1 & KR 10-2005-0121691 A & CN 1781339 A	1-4, 6, 9, 12-17 5, 7-8, 10-11, 18-23
Y A	WO 2011/010503 A1 (昭和電工株式会社) 2011. 01. 27, 段落 [0006], [0021] - [0023], [図 1] & JP 2011-82192 A & US 2012/0267614 A1 & EP 2458937 A1 & TW 201116150 A & CN 102474929 A	4, 6 1-3, 5, 7-23
Y A	JP 2007-234254 A (三洋電機株式会社), 2007. 09. 13, 【請求項 1】 - 【請求項 2】, 段落【0016】, 【0116】 - 【0117】, 【図 11】 - 【図 12】 (ファミリーなし)	7-8 1-6, 9-23
Y A	JP 2002-202737 A (日本電気株式会社), 2002. 07. 19, 段落【0006】, 【0045】 - 【0047】, 【図 1】, 【図 3】 & US 2002/0084747 A1 & KR 10-2002-0055411 A & CN 1365247 A	10-11 1-9, 12-23