

(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 10 月 30 日(30.10.2014)



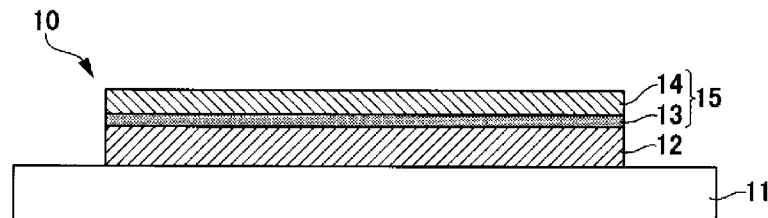
(10) 国際公開番号
WO 2014/175451 A1

- (51) 国際特許分類:
H05B 33/28 (2006.01) *H01L 51/50* (2006.01)
H01B 5/14 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2014/061790
- (22) 国際出願日: 2014 年 4 月 25 日(25.04.2014)
- (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 2013-093879 2013 年 4 月 26 日(26.04.2013) JP
- (71) 出願人: コニカミノルタ株式会社(KONICA MINOLTA, INC.) [JP/JP]; 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 Tokyo (JP).
- (72) 発明者: 吉田 和央(YOSHIDA Kazuhiro); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 波木井健(HAKII Takeshi); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 木下 敏幸(KINOSHITA Toshiyuki); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP). 小島茂(KOJIMA Shigeru); 〒1007015 東京都千代田区丸の内二丁目 7 番 2 号 コニカミノルタ株式会社内 Tokyo (JP).
- (74) 代理人: 特許業務法人信友国際特許事務所(SHIN-YU INTERNATIONAL PATENT FIRM); 〒1510073 東京都渋谷区笹塚 2-1-6 笹塚センタービル 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.
- (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))

(54) Title: TRANSPARENT CONDUCTOR AND ELECTRONIC DEVICE

(54) 発明の名称: 透明導電体、及び、電子デバイス

FIG. 1



(57) Abstract: A transparent conductor provided with an organic compound layer and a conduction layer are constituted in the present invention, the conduction layer being provided adjacent to the organic compound layer. In the transparent conductor, the conduction layer comprises a metal layer and a molybdenum-containing layer. The metal layer includes silver (Ag) as a main component. The molybdenum-containing layer includes molybdenum (Mo). The molybdenum layer is provided on the organic compound layer side in the conduction layer.

(57) 要約: 有機化合物層と、有機化合物層に隣接して設けられた導電層とを備える透明導電体を構成する。この透明導電体において、導電層は、銀 (Ag) を主成分とする金属層と、モリブデン (Mo) を含むモリブデン含有層とからなり、モリブデン含有層が、導電層において有機化合物層側に設けられている。

WO 2014/175451 A1

明 細 書

発明の名称：透明導電体、及び、電子デバイス

技術分野

[0001] 本発明は、透明導電体、及び、この透明導電体を備える電子デバイスに関する。

背景技術

[0002] 有機材料のエレクトロルミネッセンス（electroluminescence：以下ＥＬと記す）を利用した有機電界発光素子（いわゆる有機ＥＬ素子）は、数Ｖ～数十Ｖ程度の低電圧で発光が可能な薄膜型の完全固体素子であり、高輝度、高発光効率、薄型、軽量といった多くの優れた特徴を有する。このため、各種ディスプレイのバックライト、看板や非常灯等の表示板、照明光源等の面発光体として近年注目されている。

[0003] このような有機電界発光素子は、２枚の電極間に有機材料を用いて構成された発光層を挟持した構成であり、発光層で生じた発光光は電極を透過して外部に取り出される。このため、２枚の電極のうちの少なくとも一方は透明導電体として構成される。

[0004] 透明導電体としては、酸化インジウムスズ（Indium Tin Oxide：ＩＴＯ）等の酸化物半導体系の材料や、ＩＴＯと銀とを積層して低抵抗化を狙った材料が検討されている（例えば、下記特許文献１、特許文献２参照）。しかしながら、ＩＴＯはレアメタルのインジウムを使用しているため、材料コストが高く、また抵抗を下げるために形成後に３００℃程度でアニール処理する必要がある。そこで、銀にアルミニウムを混ぜることにより銀単独よりも薄い厚さで導電性を確保する構成も提案されている（例えば、下記特許文献３参照）。

先行技術文献

特許文献

[0005] 特許文献１：特開２００２－１５６２３号公報

特許文献2：特開2006-164961号公報

特許文献3：特開2009-151963号公報

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0006] しかしながら、銀とアルミニウムとを用いて構成された透明導電体であっても、十分な導電性と光透過性との両立を図ることは困難であった。

[0007] そこで本発明は、十分な導電性と光透過性とを兼ね備えた透明導電体を提供すること、及びこの透明導電体を用いることによって性能の向上が図られた電子デバイスを提供する。

課題を解決するための手段

[0008] 本発明の透明導電体は、有機化合物層と、有機化合物層に隣接して設けられた導電層とを備える。導電層は、銀（Ag）を主成分とする金属層と、モリブデン（Mo）を含むモリブデン含有層とからなり、モリブデン含有層が、導電層において有機化合物層側に設けられている。

また、本発明の電子デバイスは、上記透明導電体を備える。

[0009] 本発明の透明導電体によれば、モリブデン含有層に隣接して銀を主成分とする金属層が形成された導電層を有するため、モリブデンと銀との相互作用が得られ、薄いながらも均一な厚さの導電層が得られる。さらに、有機化合物層上に導電層が設けられることにより、導電層の均一性をより高めることができる。

従って、透明導電体において、導電性の向上と光透過性の向上との両立が可能となる。また、この透明導電体を用いて、導電性と光透過性に優れた電子デバイスを構成することができる。

発明の効果

[0010] 本発明によれば、導電性と光透過性に優れた透明導電体、及び、電子デバイスを提供することができる。

図面の簡単な説明

[0011] [図1]第1実施形態の透明導電体の概略構成を示す図である。

[図2]窒素原子の結合様式を説明するためのTBACと $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ の構造式を示す図である。

[図3]ピリジン環の構造式と分子軌道を示す図である。

[図4]ピロール環の構造式と分子軌道を示す図である。

[図5]イミダゾール環の構造式と分子軌道を示す図である。

[図6]δ-カルボリン環の構造式と分子軌道を示す図である。

[図7]第2実施形態の透明導電体の概略構成を示す図である。

[図8]基材上に導電層を形成した場合のアドミッタンス軌跡を示す図である。

[図9]第2実施形態の透明導電体のアドミッタンス軌跡を示す図である。

[図10]第3実施形態の透明導電体の概略構成を示す図である。

[図11]第3実施形態の透明導電体のアドミッタンス軌跡を示す図である。

[図12]第4実施形態の有機電界発光素子の概略構成を示す図である。

[図13]実施例2で作製したボトムエミッション型の有機電界発光素子の概略構成を示す図である。

発明を実施するための形態

[0012] 以下、本発明を実施するための最良の形態の例を説明するが、本発明は以下の例に限定されるものではない。

なお、説明は以下の順序で行う。

1. 透明導電体（第1実施形態）
2. 透明導電体（第2実施形態）
3. 透明導電体（第3実施形態）
4. 有機電界発光素子（第4実施形態）
5. 照明装置（第5実施形態）

[0013] 〈1. 透明導電体（第1実施形態）〉

本発明の第1実施形態について説明する。図1に、第1実施形態の透明導電体の概略構成図（断面図）を示す。

[0014] [透明導電体の構成]

図1に示すように、透明導電体10は、有機化合物層12と、導電層15とを備える。導電層15は、金属層14と、この金属層14に隣接するモリブデン含有層13とから構成されている。また、モリブデン含有層13は、導電層15において有機化合物層12側に設けられている。つまり、金属層14と有機化合物層12との間に、モリブデン含有層13が挟持された構成である。そして、有機化合物層12と、モリブデン含有層13及び金属層14からなる導電層15とを備える透明導電体10が、基材11上に設けられている。

従って、透明導電体10は、基材11上に、有機化合物層12、モリブデン含有層13、及び、金属層14がこの順に積層された構成である。そして、導電層15のモリブデン含有層13が、有機化合物層12と金属層14とに挟持された構成である。

[0015] 透明導電体10は、波長400nm～800nmの光の平均吸収率が15%以下、且つ、吸収率の最大値が25%以下であることが好ましい。

透明導電体10は、波長400nm～800nmの光の平均吸収率が15%以下、好ましくは12%以下であり、さらに10%以下であることが好ましい。また、波長400nm～800nmの光の吸収率の最大値は25%以下であり、好ましくは20%以下であり、さらに15%以下であることが好ましい。透明導電体10の光の吸収率は、導電層15のプラズモン吸収率や、各層を構成する材料の光吸収率を抑制することで、低減することができる。

[0016] また、透明導電体10の波長450nm～800nmの光の平均透過率は、50%以上であることが好ましく、より好ましくは70%以上であり、さらに好ましくは80%以上である。一方、透明導電体10の波長500nm～700nmの光の平均反射率は、20%以下であることが好ましく、より好ましくは15%以下であり、さらに好ましくは10%以下である。上記波長の光の平均透過率が50%以上であり、かつ平均反射率20%以下であると、高い透明性が要求される用途にも、透明導電体10を適用できる。

[0017] 上記吸収率、平均透過率及び平均反射率は、透明導電体の正面に対して5°傾けた角度から測定光を透明導電体に入射させて測定される値である。吸収率、平均透過率及び平均反射率は、分光光度計で測定される。

[0018] また、透明導電体10の表面抵抗は、 $30\ \Omega/\text{sq.}$ 以下であることが好ましく、さらに好ましくは $15\ \Omega/\text{sq.}$ 以下である。透明導電体10の表面抵抗値は、導電層15の厚み等によって調整できる。透明導電体10の表面抵抗値は、例えばJIS K7194、ASTM D257等に準拠して測定できる。また、市販の表面抵抗率計によっても測定できる。

[0019] 以下に、本例の透明導電体10について、基材11、有機化合物層12、導電層15の順に詳細な構成を説明する。なお、本例の透明導電体10において、透明とは波長550 nmでの光透過率が50%以上であることをいう。

[0020] [基材]

透明導電体10が形成される基材11は、この上に形成される各種素子の支持材である。基材11は、可視光に対する透明性が高いことが好ましい。基材11としては、例えばガラス、石英、透明樹脂フィルム等を挙げることができるが、これらに限定されない。

[0021] 基材11は、波長450～800 nmの光の平均透過率が70%以上であることが好ましく、80%以上であることがより好ましく、85%以上であることがさらに好ましい。基材11の光の平均透過率が低いと、透明導電体全体の光の平均透過率が低下する。また、基材11の波長450～800 nmの光の平均吸収率は10%以下であることが好ましく、より好ましくは5%以下、さらに好ましくは3%以下である。

[0022] 基材11の平均透過率は、基材11の正面に対して、5°傾けた角度から測定光を入射させて測定した値である。一方、平均吸収率は、平均透過率と同様の方法で基材11の平均反射率を測定し、 $[\text{平均吸収率} = 100 - (\text{平均透過率} + \text{平均反射率})]$ として算出される値である。平均透過率及び平均反射率は分光光度計で測定する。

- [0023] 基材11の屈折率は1.40～1.95であることが好ましく、より好ましくは1.45～1.75であり、さらに好ましくは1.45～1.70である。基材11の屈折率は、通常、基材11の材質によって定まる。基材11の屈折率は、波長510nmの光の屈折率であり、エリプソメーターで測定される。
- [0024] 基材11の厚みは、1 μ m～20mmであることが好ましく、より好ましくは10 μ m～2mmである。基材11の厚みが1 μ mより薄い場合には、基材11の強度が低くなり、基材11上に素子を形成する際に破損する可能性がある。また、基材11の厚みが厚すぎると、透明導電体の可撓性や光透過性が低下する原因となる場合がある。
- [0025] ガラスとしては、例えば、シリカガラス、ソーダ石灰シリカガラス、鉛ガラス、ホウケイ酸塩ガラス、無アルカリガラス等が挙げられる。これらのガラス材料の表面には、透明導電体10の積層構造との密着性、耐久性、平滑性の観点から、必要に応じて研磨等の物理的処理や、無機物又は有機物からなる被膜、これらの被膜を組み合わせたハイブリッド被膜が形成される。
- [0026] 樹脂フィルムとしては、例えば、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリエチレンナフタレート（PEN）等のポリエステル、ポリエチレン、ポリプロピレン、セロファン、セルロースジアセテート、セルローストリアセテート（TAC）、セルロースアセテートブチレート、セルロースアセテートプロピオネート（CAP）、セルロースアセテートフタレート、セルロースナイトレート等のセルロースエステル類又はそれらの誘導体、ポリ塩化ビニリデン、ポリビニルアルコール、ポリエチレンビニルアルコール、シンジオタクティックポリスチレン、ポリカーボネート、ノルボルネン樹脂、ポリメチルペンテン、ポリエーテルケトン、ポリイミド、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリフェニレンスルフィド、ポリスルホン類、ポリエーテルイミド、ポリエーテルケトンイミド、ポリアミド、フッ素樹脂、ナイロン、ポリメチルメタクリレート、アクリルあるいはポリアリレート類、アトロン（商品名JSR社製）又はアペル（商品名三井化学社製）といったシクロオ

レフィン系樹脂等が挙げられる。

[0027] 樹脂フィルムの表面には、無機物又は有機物からなる被膜や、これらの被膜を組み合わせたハイブリッド被膜が形成されていてもよい。このような被膜及びハイブリッド被膜は、J I S - K - 7 1 2 9 - 1 9 9 2 に準拠した方法で測定された、水蒸気透過度 ($25 \pm 0.5^{\circ}\text{C}$ 、相対湿度 $90 \pm 2\% \text{RH}$) が $0.01 \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ 時間})$ 以下のバリア性フィルム（バリア膜等ともいう）であることが好ましい。またさらには、J I S - K - 7 1 2 6 - 1 9 8 7 に準拠した方法で測定された酸素透過度が $10^{-3} \text{ ml} / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ 時間} \cdot \text{atm})$ 以下、水蒸気透過度が $10^{-5} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ 時間})$ 以下の高バリア性フィルムであることが好ましい。

[0028] 以上のようなバリア性フィルムを形成する材料としては、樹脂フィルムの劣化をもたらす水分や酸素等素子の浸入を抑制する機能を有する材料を用いる。例えば、酸化珪素、二酸化珪素、窒化珪素等を用いることができる。さらに当該バリア性フィルムの脆弱性を改良するために、これら無機層と有機材料からなる層（有機層）の積層構造を持たせることがより好ましい。無機層と有機層の積層順については特に制限はないが、両者を交互に複数回積層させることが好ましい。

[0029] バリア性フィルムの形成方法については特に限定はなく、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、分子線エピタキシー法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合法、大気圧プラズマ重合法、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、コーティング法等を用いることができる。特に、特開2004-68143号公報に記載の大気圧プラズマ重合法を好ましく用いることができる。

[0030] [有機化合物層]

有機化合物層12は、基材11の一主面側に設けられた層であり、導電層15に隣接して設けられた層である。有機化合物層12の厚さは、 $1 \mu\text{m}$ 以下、好ましくは 100 nm 以下である。

[0031] 有機化合物層12は、ルイス塩基を有する化合物により構成されている。

すなわち、有機化合物層 1 2 は、非共有電子対を有する原子を含む化合物を用いて構成されている。ルイス塩基を有する化合物としては、窒素含有化合物又は硫黄含有化合物が挙げられる。

[0032] 例えば、有機化合物層 1 2 は、窒素含有化合物及び硫黄含有化合物の少なくとも一方又は両方を用いて構成された層である。また、それぞれ複数種類の化合物を含有する層とすることもできる。有機化合物層 1 2 を構成する化合物は、窒素と硫黄の両方を含有した化合物であってもよい。

[0033] 有機化合物層 1 2 を構成する窒素含有化合物は、窒素原子 (N) を含んだ化合物であればよく、特に窒素原子が非共有電子対を有することが好ましい。また、有機化合物層 1 2 を構成する硫黄含有化合物は、硫黄原子 (S) を含んだ化合物であればよく、特に硫黄原子が非共有電子対を有することが好ましい。

[0034] また、有機化合物層 1 2 を構成する窒素含有化合物及び硫黄含有化合物が、導電層 1 5 を構成する主材料である金属材料と安定的に結合する、非共有電子対を有する窒素原子又は硫黄原子を含むとき、この窒素原子又は硫黄原子の非共有電子対を「有効非共有電子対」とする。有機化合物層 1 2 を構成する窒素含有化合物及び硫黄含有化合物は、この「有効非共有電子対」の含有率が所定範囲であることが好ましい。

[0035] ここで「有効非共有電子対」とは、化合物に含有される窒素原子又は硫黄原子が有する非共有電子対のうち、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない非共有電子対であることとする。ここでの芳香族性とは、 π 電子を持つ原子が環状に並んだ不飽和環状構造を言い、いわゆる「ヒュッケル則」に従う芳香族性であって、環上の π 電子系に含まれる電子の数が「 $4n + 2$ 」($n = 0$ 、又は自然数) 個であることを条件としている。

[0036] 以上のような「有効非共有電子対」は、その非共有電子対を備えた窒素原子又は硫黄原子自体が、芳香環を構成するヘテロ原子であるか否かにかかわらず、窒素原子又は硫黄原子が有する非共有電子対が芳香族性に関与しているか否かによって選択される。例えば、ある窒素原子が芳香環を構成するへ

テロ原子であっても、その窒素原子の非共有電子対が、芳香族性に必須要素として直接的に関与しない非共有電子対、すなわち共役不飽和環構造（芳香環）上の非局在化した π 電子系に、芳香族性発現のために必須のものとして関与していない非共有電子対であれば、その非共有電子対は「有効非共有電子対」の一つとしてカウントされる。これに対して、ある窒素原子が芳香環を構成するヘテロ原子でない場合であっても、その窒素原子の非共有電子対の全てが芳香族性に関与していれば、その窒素原子の非共有電子対は「有効非共有電子対」としてカウントされることはない。硫黄原子についても同様である。なお、各化合物において、上述した「有効非共有電子対」の数 n は、「有効非共有電子対」を有する窒素原子及び硫黄原子の数と一致する。

[0037] 次に、上述した「有効非共有電子対」について、具体例を挙げて詳細に説明する。

窒素原子は、第15族元素であり、最外殻に5個の電子を有する。このうち3個の対電子は他の原子との共有結合に用いられ、残りの2個は一对の非共有電子対となる。このため、通常、窒素原子の結合本数は3本である。

[0038] 例えば、窒素原子を有する基として、アミノ基（ $-\text{NR}^1\text{R}^2$ ）、アミド基（ $-\text{C}(=\text{O})\text{NR}^1\text{R}^2$ ）、ニトロ基（ $-\text{NO}_2$ ）、シアノ基（ $-\text{CN}$ ）、ジアゾ基（ $-\text{N}_2$ ）、アジド基（ $-\text{N}_3$ ）、ウレア結合（ $-\text{NR}^1\text{C}=\text{ONR}^2-$ ）、イソチオシアネート基（ $-\text{N}=\text{C}=\text{S}$ ）、チオアミド基（ $-\text{C}(=\text{S})\text{NR}^1\text{R}^2$ ）などが挙げられる。尚、 R^1 、 R^2 は、それぞれ水素原子（H）又は置換基である。

[0039] これらの基を構成する窒素原子の非共有電子対は、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していないため、「有効非共有電子対」に該当する。このうち、ニトロ基（ $-\text{NO}_2$ ）の窒素原子が有する非共有電子対は、酸素原子との共鳴構造に利用されているものの、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない「有効非共有電子対」として窒素上に存在すると考えられる。

[0040] また、窒素原子は、非共有電子対を利用することで4本目の結合を作り出すこともできる。図2を用いてこの場合の一例を説明する。図2は、テトラ

ブチルアンモニウムクロライド (TBAC) の構造式と、トリス (2-フェニルピリジン) イリジウム ($\text{Ir}(\text{ppy})_3$) の構造式である。

[0041] このうち、TBACは、四つのブチル基のうちの1つが窒素原子とイオン結合しており、対イオンとして塩化物イオンを有する第四級アンモニウム塩である。この場合、窒素原子の非共有電子対を構成する電子のうちの1つは、ブチル基とのイオン結合に供与される。このため、TBACの窒素原子は、そもそも非共有電子対が存在していないと同等になる。従って、TBACを構成する窒素原子の非共有電子対は、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない〔有効非共有電子対〕に、該当しない。

[0042] また、 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ は、イリジウム原子と窒素原子とが配位結合している中性の金属錯体である。この $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ を構成する窒素原子の非共有電子対は、イリジウム原子に配位していて、配位結合に利用されている。従って、 $\text{Ir}(\text{ppy})_3$ を構成する窒素原子の非共有電子対も、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない〔有効非共有電子対〕に、該当しない。

[0043] また、窒素原子は、芳香環を構成することのできるヘテロ原子として一般的であり、芳香族性の発現に寄与することができる。この「含窒素芳香環」としては、例えば、ピリジン環、ピラジン環、ピリミジン環、トリアジン環、ピロール環、イミダゾール環、ピラゾール環、トリアゾール環、テトラゾール環等が挙げられる。

[0044] 図3は、以上に例示した基のうちの一つであるピリジン環の構造式と分子軌道を示す図である。図3に示すとおり、ピリジン環は、6員環状に並んだ共役 (共鳴) 不飽和環構造において、非局在化した π 電子の数が6個であるため、 $4n+2$ ($n=0$ 又は自然数) のヒュッケル則を満たす。6員環内の窒素原子は、 $-\text{CH}=\text{}$ を置換したものであるため、1個の不対電子を6 π 電子系に動員するのみで、非共有電子対は芳香族性発現のために必須のものとして関与していない。

従って、ピリジン環を構成する窒素原子の非共有電子対は、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない〔有効非共有電子対〕に、該当する。

[0045] 図4は、ピロール環の構造式と分子軌道を示す図である。図4に示すとおり、ピロール環は、5員環を構成する炭素原子のうちの一つが窒素原子に置換された構造であるが、やはり π 電子の数は6個であり、ヒュッケル則を満たした含窒素芳香環である。ピロール環の窒素原子は、水素原子とも結合しているため、非共有電子対が6 π 電子系に動員される。

[0046] 従って、ピロール環の窒素原子は、非共有電子対を有するものの、この非共有電子対は、芳香族性発現のために必須のものとして利用されているため、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない〔有効非共有電子対〕に、該当しない。

[0047] 図5は、イミダゾール環の構造式と分子軌道を示す図である。図5に示すとおり、イミダゾール環は、二つの窒素原子 N^1 、 N^2 が、5員環内の1、3位に置換した構造を有しており、やはり π 電子数が6個の含窒素芳香環である。このうち一つの窒素原子 N^1 は、1個の不對電子のみを6 π 電子系に動員し、非共有電子対を芳香族性発現のために利用していないピリジン環型の窒素原子であり、この窒素原子 N^1 の非共有電子対は、〔有効非共有電子対〕に、該当する。これに対して、他方の窒素原子 N^2 は、非共有電子対を6 π 電子系に動員しているピロール環型の窒素原子であるため、この窒素原子 N^2 の非共有電子対は、〔有効非共有電子対〕に、該当しない。

従って、イミダゾール環においては、これを構成する二つの窒素原子 N^1 、 N^2 のうちの一つの窒素原子 N^1 の非共有電子対のみが、〔有効非共有電子対〕に該当する。

[0048] 以上のような「含窒素芳香環」の窒素原子における非共有電子対の選別は、含窒素芳香環骨格を有する縮環化合物の場合も同様に適用される。

[0049] 図6は、 δ -カルボリン環の構造式と分子軌道を示す図である。図6に示すとおり、 δ -カルボリン環は、含窒素芳香環骨格を有する縮環化合物であり、ベンゼン環骨格、ピロール環骨格、及び、ピリジン環骨格がこの順に縮合したアザカルバゾール化合物である。このうち、ピリジン環の窒素原子 N^3 は1個の不對電子のみを π 電子系に動員し、ピロール環の窒素原子 N^4 は非共

有電子対を π 電子系に動員しており、環を形成している炭素原子からの11個の π 電子とともに、全体の π 電子数が14個の芳香環となっている。

[0050] 従って、 δ -カルボリン環の二つの窒素原子 N^3 、 N^4 のうち、ピリジン環を構成する窒素原子 N^3 の非共有電子対は〔有効非共有電子対〕に該当するが、ピロール環を構成する窒素原子 N^4 の非共有電子対は、〔有効非共有電子対〕に該当しない。

[0051] このように、縮環化合物を構成する窒素原子の非共有電子対は、縮環化合物を構成するピリジン環やピロール環等の単環中の結合と同様に、縮環化合物中の結合に関与する。

[0052] 以上説明した〔有効非共有電子対〕は、導電層15を構成するモリブデン含有層13及び金属層14の主成分である銀と強い相互作用を発現するために重要である。このような〔有効非共有電子対〕を有する窒素原子は、安定性、耐久性の観点から、含窒素芳香環中の窒素原子であることが好ましい。従って、窒素含有化合物としては、〔有効非共有電子対〕を持つ窒素原子をヘテロ原子とした芳香族複素環を有することが好ましい。

[0053] 特に本実施形態においては、このような化合物の分子量 M に対する〔有効非共有電子対〕の数 n を、例えば有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ と定義する。そして、有機化合物層12は、この $[n/M]$ が、 $2.0 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ となるように選択された化合物を用いて構成されていることが好ましい。また、窒素含有化合物及び硫黄含有化合物は、以上のように定義される有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が、 $3.9 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ の範囲であれば好ましく、 $6.5 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ の範囲であればさらに好ましい。

[0054] また、有機化合物層12は、有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が上述した所定範囲である窒素含有化合物及び硫黄含有化合物を用いて構成されていればよく、このような化合物のみで構成されていてもよく、また、このような化合物と他の化合物とを混合して用いて構成されていてもよい。他の化合物は、窒素原子及び硫黄原子が含有されていてもいなくてもよく、さらに有

効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が上述した所定範囲でなくてもよい。

[0055] 有機化合物層 12 が、複数の化合物を用いて構成されている場合、例えば化合物の混合比に基づき、これらの化合物を混合した混合化合物の分子量 M を求め、この分子量 M に対しての「有効非共有電子対」の合計の数 n を、有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ の平均値として求め、この値が上述した所定範囲であることが好ましい。つまり、有機化合物層 12 自体の有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が所定範囲であることが好ましい。

[0056] なお、有機化合物層 12 が、複数の化合物を用いて構成されている場合であって、厚さ方向に化合物の混合比（含有比）が異なる構成であれば、導電層 15 と接する側の有機化合物層 12 の表面層における有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が所定範囲であればよい。

[0057] また、有機化合物層 12 は、導電性を有する材料で構成されている場合であっても、主たる電極となることはない。このため、有機化合物層 12 は、電極として必要な膜厚を備えている必要はなく、有機化合物層 12 を備えた透明導電体 10 が用いられる電子デバイス中における透明導電体 10 の配置状態によって、適切に設定された膜厚を有していればよい。

[0058] 次に、有機化合物層 12 を構成する化合物の詳細を、窒素含有化合物（1）、窒素含有化合物（2）、窒素含有化合物（3）、硫黄含有化合物、及び、有機化合物層 12 の形成方法の順に説明する。

[0059] [窒素含有化合物（1）]

有機化合物層 12 を構成する窒素含有化合物は、窒素原子（N）を含んだ化合物であればよい。特に、非共有電子対を有する窒素原子を含む有機化合物であり、後述する化合物であることが好ましい。

[0060] （化合物 1）

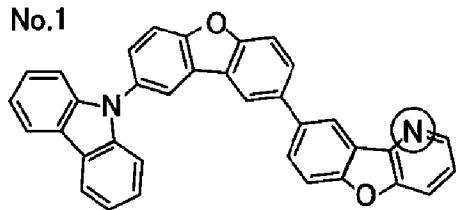
以下に、窒素含有化合物として、上述した有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が $2.0 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ を満たす化合物の具体例（No. 1～No. 48）を示す。各化合物 No. 1～No. 48 には、「有効非共有電子対」を有する窒素原子に対して○を付した。また、下記表 1 には、これらの

化合物 No. 1 ～ No. 48 の分子量 M 、〔有効非共有電子対〕の数 n 、及び有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ を示す。下記化合物 33 の銅フタロシアンニンにおいては、窒素原子が有する非共有電子対のうち銅に配位していない非共有電子対が〔有効非共有電子対〕としてカウントされる。

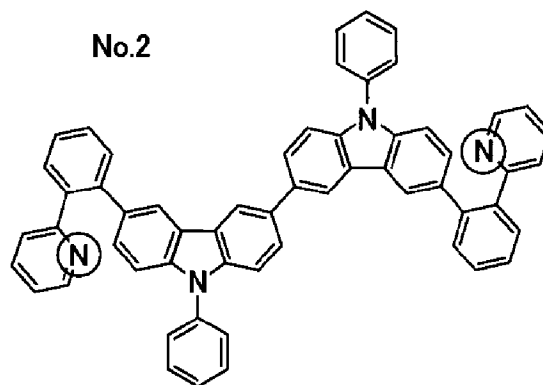
[0061]

[化1]

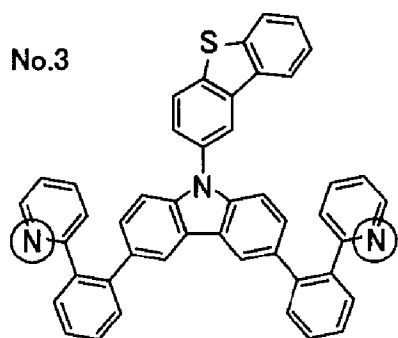
No.1



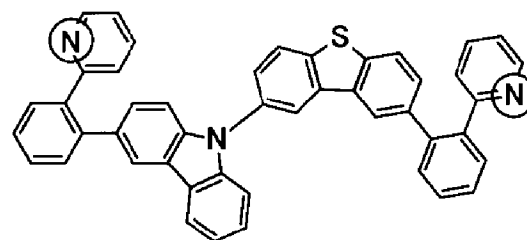
No.2



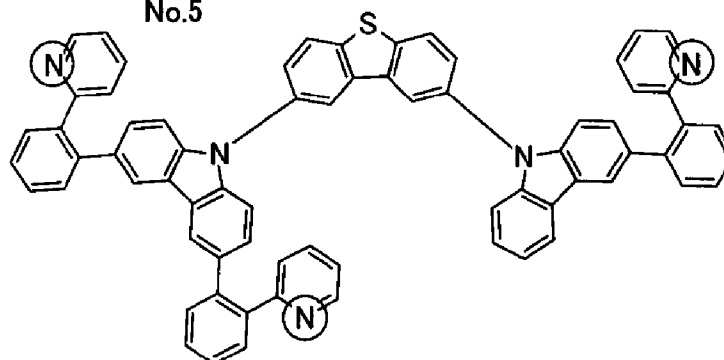
No.3



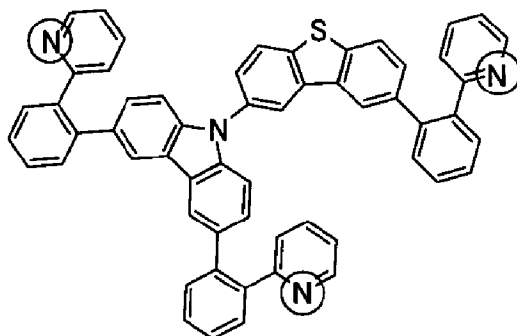
No.4



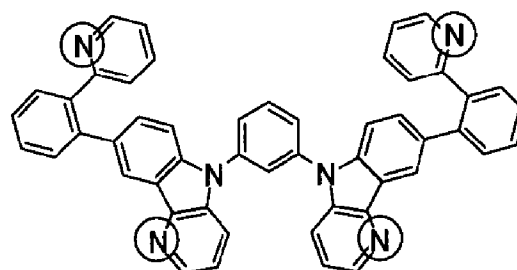
No.5



No.6



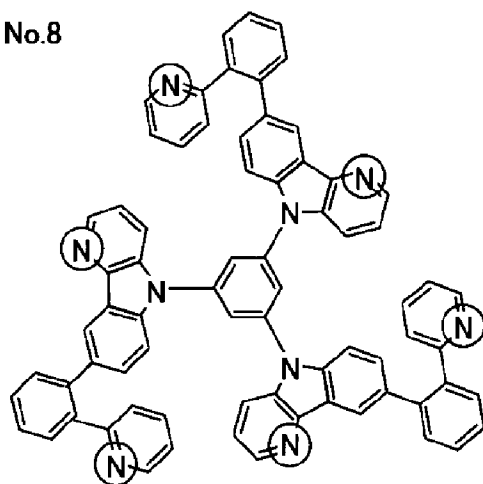
No.7



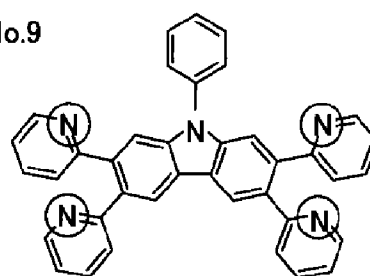
[0062]

[化2]

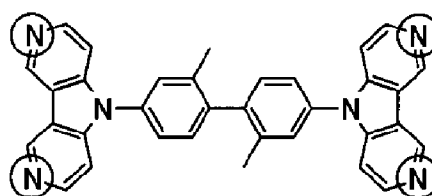
No.8



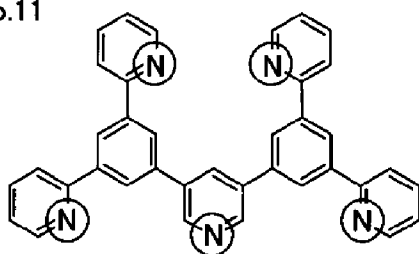
No.9



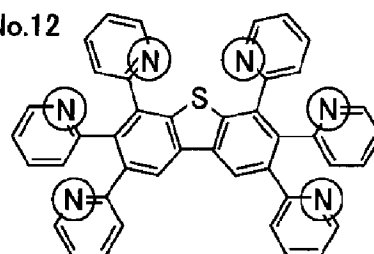
No.10



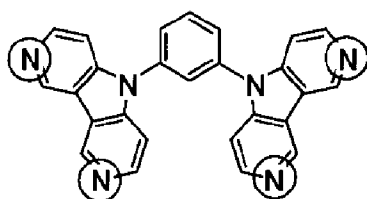
No.11



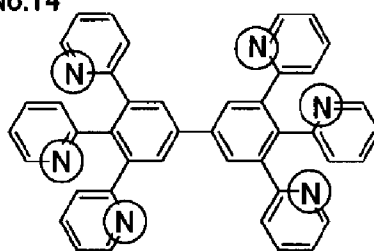
No.12



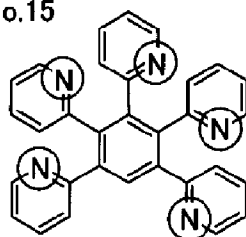
No.13



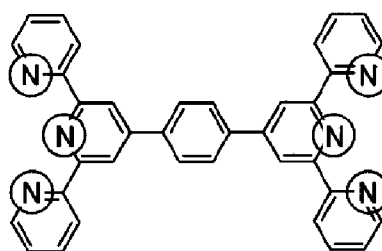
No.14



No.15



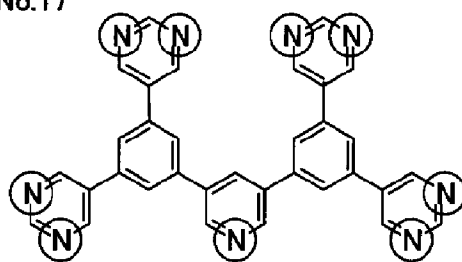
No.16



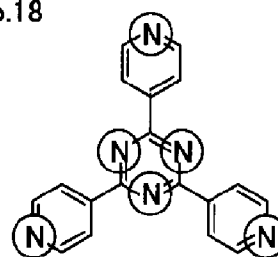
[0063]

[化3]

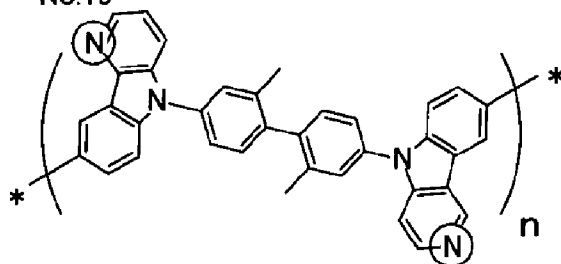
No.17



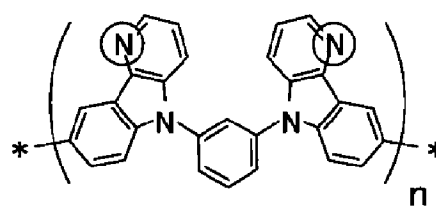
No.18



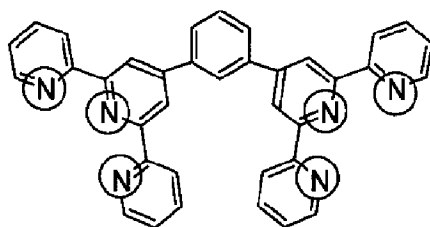
No.19



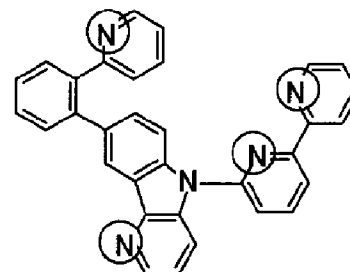
No.20



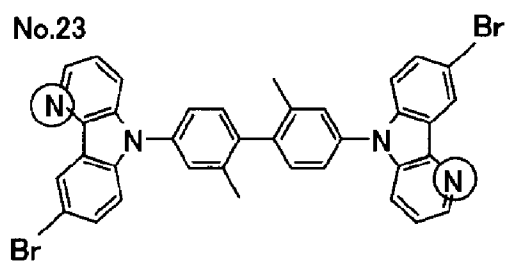
No.21



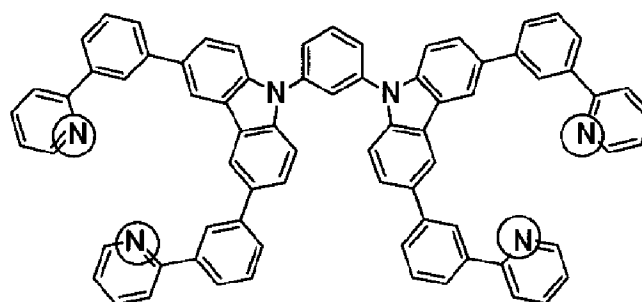
No.22



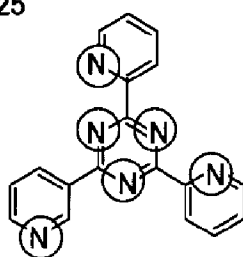
No.23



No.24



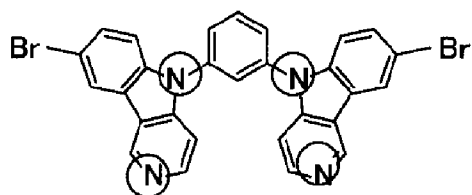
No.25



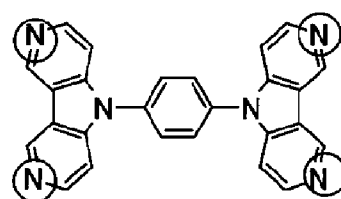
[0064]

[化4]

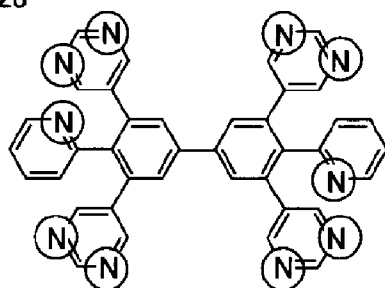
No.26



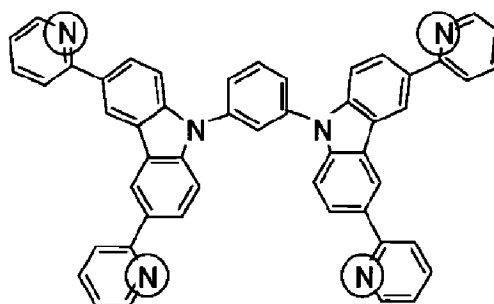
No.27



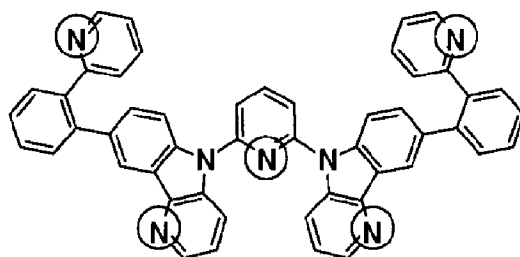
No.28



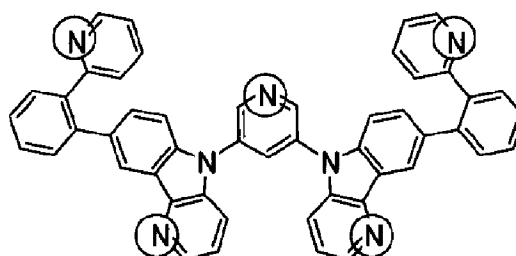
No.29



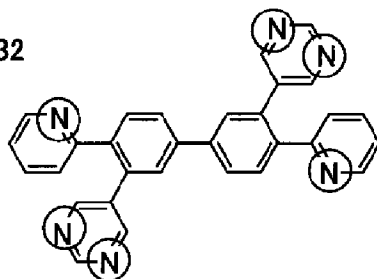
No.30



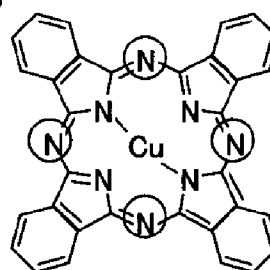
No.31



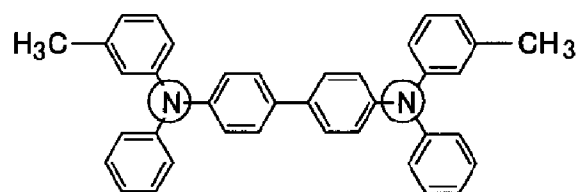
No.32



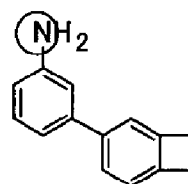
No.33



No.34



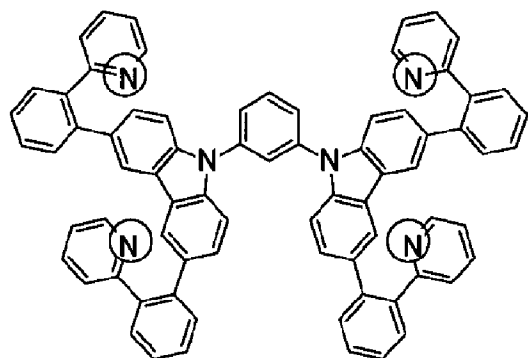
No.35



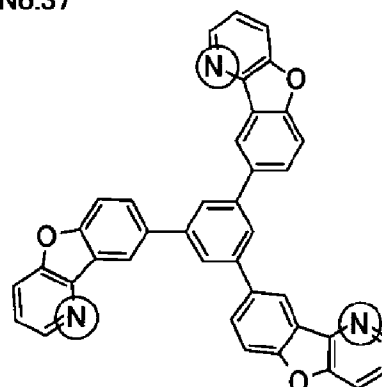
[0065]

[化5]

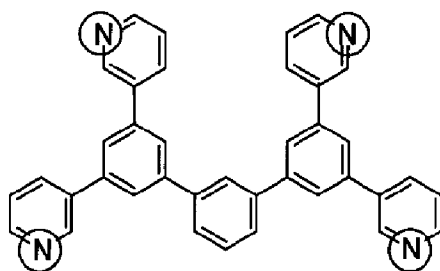
No.36



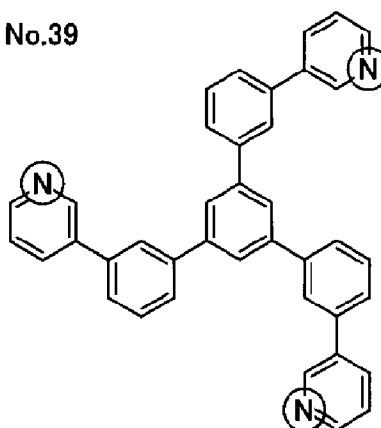
No.37



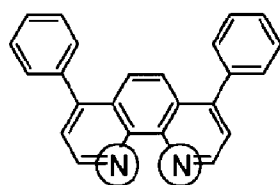
No.38



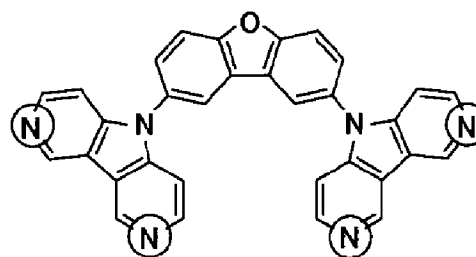
No.39



No.40



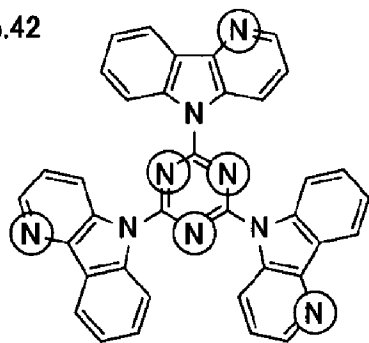
No.41



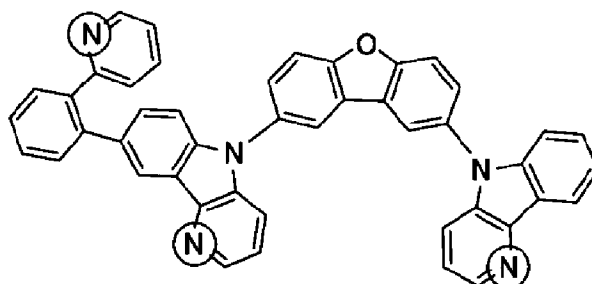
[0066]

[化6]

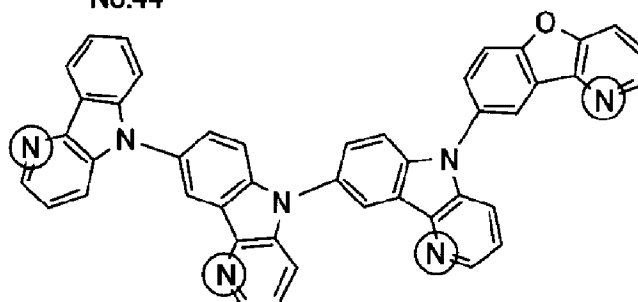
No.42



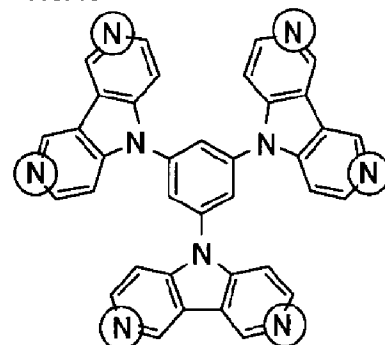
No.43



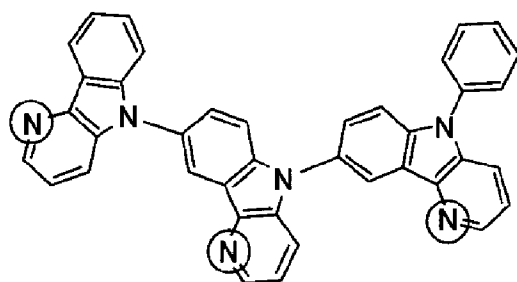
No.44



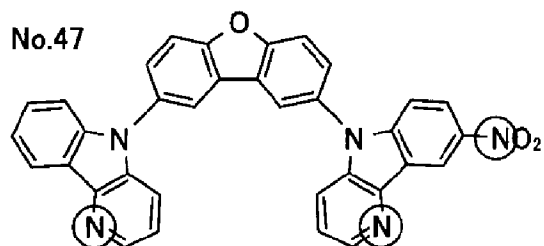
No.45



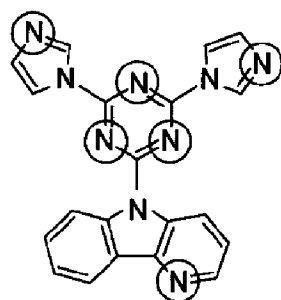
No.46



No.47



No.48



[0067]

[表1]

化合物	有効非共有電子対の 個数[n]	分子量 [M]	[n/M]	該当一般式
No.1	1	500.55	2.0E-03	(1b)
No.2	2	790.95	2.5E-03	
No.3	2	655.81	3.0E-03	
No.4	2	655.81	3.0E-03	
No.5	3	974.18	3.1E-03	(2)
No.6	3	808.99	3.7E-03	
No.7	4	716.83	5.6E-03	(1a-1)、(2)
No.8	6	1036.19	5.8E-03	(1a-1)、(4)
No.9	4	551.64	7.3E-03	
No.10	4	516.60	7.7E-03	(1a-2)、(3)
No.11	5	539.63	9.3E-03	
No.12	6	646.76	9.3E-03	(5)
No.13	4	412.45	9.7E-03	(1a-2)、(3)
No.14	6	616.71	9.7E-03	(5)
No.15	5	463.53	1.1E-02	(2)
No.16	6	540.62	1.1E-02	(6)
No.17	9	543.58	1.7E-02	
No.18	6	312.33	1.9E-02	
No.19	2	512.60	3.9E-03	(1a-1)
No.20	2	408.45	4.9E-03	(1a-1)
No.21	6	540.62	1.1E-02	(6)
No.22	4	475.54	8.4E-03	(1a-1)
No.23	2	672.41	3.0E-03	(1a-1)
No.24	4	1021.21	3.9E-03	
No.25	6	312.33	1.9E-02	(6)
No.26	2	568.26	3.5E-03	(1a)
No.27	4	412.45	9.7E-03	(1a-2)、(3)
No.28	10	620.66	1.6E-02	(5)
No.29	4	716.83	5.6E-03	
No.30	5	717.82	7.0E-03	(1a-1)、(2)
No.31	5	717.82	7.0E-03	(1a-1)、(2)
No.32	6	464.52	1.3E-02	
No.33	4	576.10	6.9E-03	
No.34	2	516.67	3.9E-03	
No.35	1	195.26	5.1E-03	
No.36	4	1021.21	3.9E-03	(2)
No.37	3	579.60	5.2E-03	(1b)
No.38	4	538.64	7.4E-03	
No.39	3	537.65	5.6E-03	
No.40	2	332.40	6.0E-03	
No.41	4	502.15	8.0E-03	(1a-2)、(3)
No.42	6	579.19	1.0E-02	(1a-1)
No.43	3	653.22	4.6E-03	(1a-1)
No.44	4	667.21	6.0E-03	(1a-1)、(1b)
No.45	6	579.19	1.0E-02	(1a-2)、(3)
No.46	3	576.65	5.2E-03	(1a-1)
No.47	3	545.55	5.5E-03	(1a-1)
No.48	6	379.38	1.6E-02	(1a-1)、(7)、(8a)

[0068] 尚、上記表1には、これらの例示化合物が、以降に説明する他の化合物1

Iを表す一般式(1)～(8a)にも属する場合の該当一般式を示した。

[0069] [窒素含有化合物(2)]

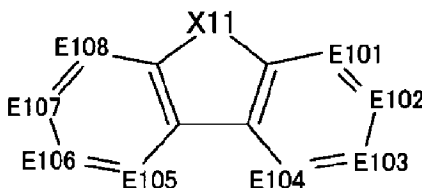
(化合物I I)

また、窒素含有化合物としては、以上のような有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が上述した所定範囲である化合物に加え、他の化合物を用いてもよい。窒素含有化合物としては、有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が上述した所定範囲で有る無しにかかわらず、窒素原子を含有する化合物が好ましく用いられる。中でも[有効非共有電子対]を有する窒素原子を含有する化合物が特に好ましく用いられる。また窒素含有化合物としては、この窒素含有化合物を備えた透明導電体10が適用される電子デバイスごとに必要とされる性質を有する化合物が用いられる。例えば、この透明導電体10が、有機電界発光素子の電極として用いられる場合、その形成性の観点から、窒素含有化合物としては、以降に説明する一般式(1)～(8a)で表される構造を有する化合物が好ましく用いられる。

[0070] これらの一般式(1)～(8a)で示される構造を有する化合物の中には、上述した有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ の範囲に当てはまる化合物も含まれ、このような化合物であれば単独で窒素含有化合物として用いることができる(上記表1参照)。一方、下記一般式(1)～(8a)で示される構造を有する化合物が、上述した有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ の範囲に当てはまらない化合物であれば、有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が上述した範囲の化合物と混合して、有機化合物層12を構成する化合物として用いることが好ましい。

[0071] [化7]

一般式(1)



[0072] 上記一般式(1)中におけるX11は、 $-N(R11)-$ 又は $-O-$ を表

す。また一般式(1)中におけるE101～E108は、各々-C(R12)=又は-N=を表す。E101～E108のうち少なくとも1つは-N=である。上記R11及びR12は、それぞれが水素原子(H)又は置換基を表す。

[0073] この置換基の例としては、アルキル基(例えば、メチル基、エチル基、プロピル基、イソプロピル基、tert-ブチル基、ペンチル基、ヘキシル基、オクチル基、ドデシル基、トリデシル基、テトラデシル基、ペンタデシル基等)、シクロアルキル基(例えば、シクロペンチル基、シクロヘキシル基等)、アルケニル基(例えば、ビニル基、アリル基等)、アルキニル基(例えば、エチニル基、プロパルギル基等)、芳香族炭化水素基(芳香族炭素環基、アリール基等ともいい、例えば、フェニル基、p-クロロフェニル基、メシチル基、トリル基、キシリル基、ナフチル基、アントリル基、アズレニル基、アセナフテニル基、フルオレニル基、フェナントリル基、インデニル基、ピレニル基、ビフェニリル基)、芳香族複素環基(例えば、フリル基、チエニル基、ピリジル基、ピリダジニル基、ピリミジニル基、ピラジニル基、トリアジニル基、イミダゾリル基、ピラゾリル基、チアゾリル基、キナゾリニル基、カルバゾリル基、カルボリニル基、ジアザカルバゾリル基(上記カルボリニル基のカルボリン環を構成する任意の炭素原子の一つが窒素原子で置き換わったものを示す)、フタラジニル基等)、複素環基(例えば、ピロリジル基、イミダゾリジル基、モルホリル基、オキサゾリジル基等)、アルコキシ基(例えば、メトキシ基、エトキシ基、プロピルオキシ基、ペンチルオキシ基、ヘキシルオキシ基、オクチルオキシ基、ドデシルオキシ基等)、シクロアルコキシ基(例えば、シクロペンチルオキシ基、シクロヘキシルオキシ基等)、アリールオキシ基(例えば、フェノキシ基、ナフチルオキシ基等)、アルキルチオ基(例えば、メチルチオ基、エチルチオ基、プロピルチオ基、ペンチルチオ基、ヘキシルチオ基、オクチルチオ基、ドデシルチオ基等)、シクロアルキルチオ基(例えば、シクロペンチルチオ基、シクロヘキシルチオ基等)、アリールチオ基(例えば、フェニルチオ基、ナフチルチ

オ基等)、アルコキシカルボニル基(例えば、メチルオキシカルボニル基、エチルオキシカルボニル基、ブチルオキシカルボニル基、オクチルオキシカルボニル基、ドデシルオキシカルボニル基等)、アリールオキシカルボニル基(例えば、フェニルオキシカルボニル基、ナフチルオキシカルボニル基等)、スルファモイル基(例えば、アミノスルホニル基、メチルアミノスルホニル基、ジメチルアミノスルホニル基、ブチルアミノスルホニル基、ヘキシルアミノスルホニル基、シクロヘキシルアミノスルホニル基、オクチルアミノスルホニル基、ドデシルアミノスルホニル基、フェニルアミノスルホニル基、ナフチルアミノスルホニル基、2-ピリジルアミノスルホニル基等)、アシル基(例えば、アセチル基、エチルカルボニル基、プロピルカルボニル基、ペンチルカルボニル基、シクロヘキシルカルボニル基、オクチルカルボニル基、2-エチルヘキシルカルボニル基、ドデシルカルボニル基、フェニルカルボニル基、ナフチルカルボニル基、ピリジルカルボニル基等)、アシルオキシ基(例えば、アセチルオキシ基、エチルカルボニルオキシ基、ブチルカルボニルオキシ基、オクチルカルボニルオキシ基、ドデシルカルボニルオキシ基、フェニルカルボニルオキシ基等)、アミド基(例えば、メチルカルボニルアミノ基、エチルカルボニルアミノ基、ジメチルカルボニルアミノ基、プロピルカルボニルアミノ基、ペンチルカルボニルアミノ基、シクロヘキシルカルボニルアミノ基、2-エチルヘキシルカルボニルアミノ基、オクチルカルボニルアミノ基、ドデシルカルボニルアミノ基、フェニルカルボニルアミノ基、ナフチルカルボニルアミノ基等)、カルバモイル基(例えば、アミノカルボニル基、メチルアミノカルボニル基、ジメチルアミノカルボニル基、プロピルアミノカルボニル基、ペンチルアミノカルボニル基、シクロヘキシルアミノカルボニル基、オクチルアミノカルボニル基、2-エチルヘキシルアミノカルボニル基、ドデシルアミノカルボニル基、フェニルアミノカルボニル基、ナフチルアミノカルボニル基、2-ピリジルアミノカルボニル基等)、ウレイド基(例えば、メチルウレイド基、エチルウレイド基、ペンチルウレイド基、シクロヘキシルウレイド基、オクチルウレイド基、ドデ

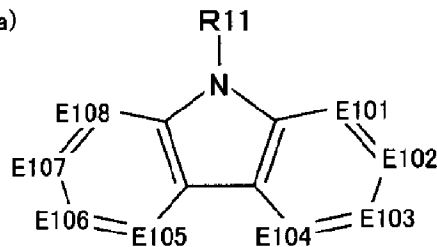
シルウレイド基、フェニルウレイド基ナフチルウレイド基、2-ピリジルアミノウレイド基等)、スルフィニル基(例えば、メチルスルフィニル基、エチルスルフィニル基、ブチルスルフィニル基、シクロヘキシルスルフィニル基、2-エチルヘキシルスルフィニル基、ドデシルスルフィニル基、フェニルスルフィニル基、ナフチルスルフィニル基、2-ピリジルスルフィニル基等)、アルキルスルホニル基(例えば、メチルスルホニル基、エチルスルホニル基、ブチルスルホニル基、シクロヘキシルスルホニル基、2-エチルヘキシルスルホニル基、ドデシルスルホニル基等)、アリールスルホニル基又はヘテロアリールスルホニル基(例えば、フェニルスルホニル基、ナフチルスルホニル基、2-ピリジルスルホニル基等)、アミノ基(例えば、アミノ基、エチルアミノ基、ジメチルアミノ基、ブチルアミノ基、シクロペンチルアミノ基、2-エチルヘキシルアミノ基、ドデシルアミノ基、アニリノ基、ナフチルアミノ基、2-ピリジルアミノ基、ピペリジル基(ピペリジニル基ともいう)、2, 2, 6, 6-テトラメチルピペリジニル基等)、ハロゲン原子(例えば、フッ素原子、塩素原子、臭素原子等)、フッ化炭化水素基(例えば、フルオロメチル基、トリフルオロメチル基、ペンタフルオロエチル基、ペンタフルオロフェニル基等)、シアノ基、ニトロ基、ヒドロキシ基、メルカプト基、シリル基(例えば、トリメチルシリル基、トリイソプロピルシリル基、トリフェニルシリル基、フェニルジエチルシリル基等)、リン酸エステル基(例えば、ジヘキシルホスホリル基等)、亜リン酸エステル基(例えばジフェニルホスフィニル基等)、ホスホノ基等が挙げられる。

[0074] これらの置換基の一部は、上記の置換基によってさらに置換されていてもよい。また、これらの置換基は複数が互いに結合して環を形成していてもよい。これらの置換基は、化合物と銀(Ag)との相互作用を阻害することのないものが好ましく用いられ、さらには上述した有効非共有電子対を有する窒素を有するものが特に好ましく適用される。尚、以上の置換基に関する記述は、以降に説明する一般式(2)～(8a)の説明において示される置換基において同様に適用される。

[0075] 以上のような一般式（１）で表される構造を有する化合物は、化合物中の窒素と、導電層１５を構成するモリブデンや銀との間で強力な相互作用を発現できるため、好ましい。

[0076] [化8]

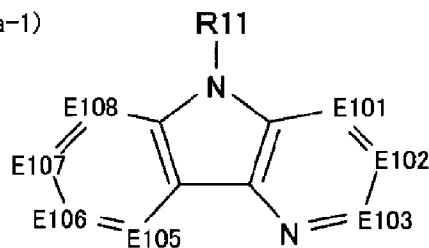
一般式（1a）



[0077] 上記一般式（１a）で示される化合物は、上記一般式（１）で示される構造を有する化合物の一形態であり、一般式（１）におけるX 1 1を－N（R 1 1）－とした化合物である。このような化合物であれば、上記相互作用をより強力に発現できるため、好ましい。

[0078] [化9]

一般式（1a-1）

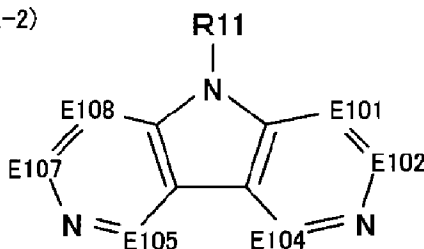


[0079] 上記一般式（１a－１）で示される化合物は、上記一般式（１a）で示される構造を有する化合物の一形態であり、一般式（１a）におけるE 1 0 4を－N＝とした化合物である。このような化合物であれば、より効果的に上記相互作用を発現できるため、好ましい。

[0080]

[化10]

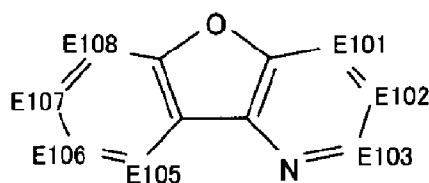
一般式(1a-2)



[0081] 上記一般式(1a-2)で示される化合物は、上記一般式(1a)で示される構造を有する化合物の他の一形態であり、一般式(1a)におけるE103及びE106を-N=とした化合物である。このような化合物は、窒素原子の数が多いことから、より強力に上記相互作用を発現できるため、好ましい。

[0082] [化11]

一般式(1b)



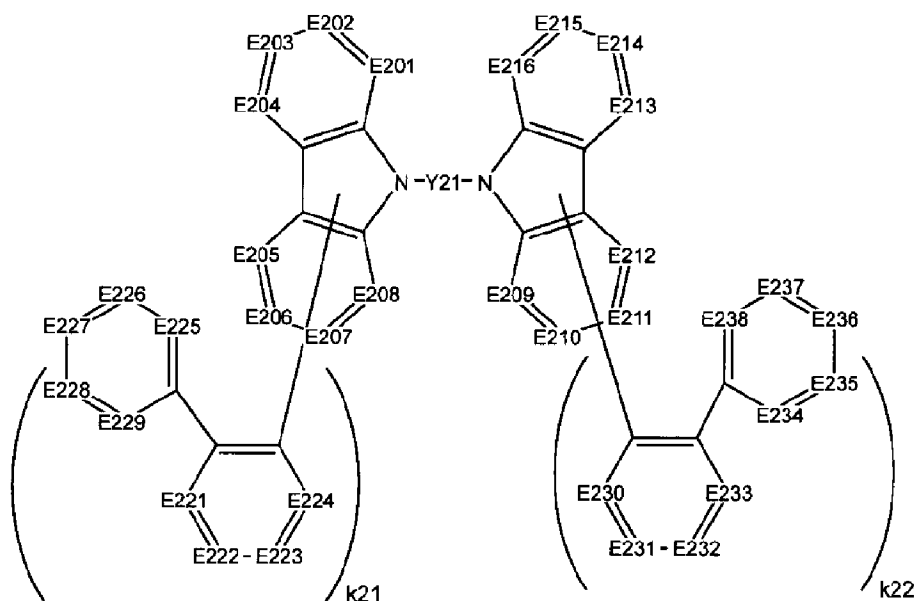
[0083] 上記一般式(1b)で示される化合物は、上記一般式(1)で示される構造を有する化合物の他の一形態であり、一般式(1)におけるX11を-O-とし、E104を-N=とした化合物である。このような化合物であれば、より効果的に上記相互作用を発現できるため、好ましい。

[0084] さらに、以下の一般式(2)～(8a)で表される化合物であれば、より効果的に上記相互作用を発現できるため、好ましい。

[0085]

[化12]

一般式 (2)



[0086] 上記一般式 (2) は、一般式 (1) の一形態でもある。上記一般式 (2) の式中、Y 2 1 は、アリーレン基、ヘテロアリーレン基又はそれらの組み合わせからなる 2 価の連結基を表す。E 2 0 1 ~ E 2 1 6、E 2 2 1 ~ E 2 3 8 は、各々 $\text{C}(\text{R} 2 1)=$ 又は $-\text{N}=-$ を表す。R 2 1 は水素原子 (H) 又は置換基を表す。ただし、E 2 2 1 ~ E 2 2 9 の少なくとも 1 つ、及び E 2 3 0 ~ E 2 3 8 の少なくとも 1 つは $-\text{N}=-$ を表す。k 2 1 及び k 2 2 は 0 ~ 4 の整数を表すが、k 2 1 + k 2 2 は 2 以上の整数である。

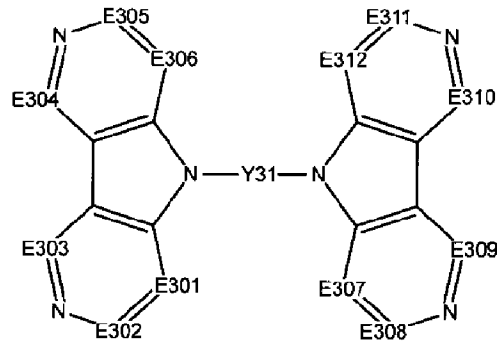
[0087] 一般式 (2) において、Y 2 1 で表されるアリーレン基としては、例えば、*o*-フェニレン基、*p*-フェニレン基、ナフタレンジイル基、アントラセンジイル基、ナフタセンジイル基、ピレンンジイル基、ナフチルナフタレンジイル基、ビフェニルジイル基 (例えば、[1, 1'-ビフェニル]-4, 4'-ジイル基、3, 3'-ビフェニルジイル基、3, 6-ビフェニルジイル基等)、テルフェニルジイル基、クアテルフェニルジイル基、キンクフェニルジイル基、セキシフェニルジイル基、セプチフェニルジイル基、オクチフェニルジイル基、ノビフェニルジイル基、デシフェニルジイル基等が例示される。

- [0088] また一般式(2)において、Y21で表されるヘテロアリーレン基としては、例えば、カルバゾール環、カルボリン環、ジアザカルバゾール環(モノアザカルボリン環ともいい、カルボリン環を構成する炭素原子のひとつが窒素原子で置き換わった構成の環構成を示す)、トリアゾール環、ピロール環、ピリジン環、ピラジン環、キノキサリン環、チオフェン環、オキサジアゾール環、ジベンゾフラン環、ジベンゾチオフェン環、インドール環からなる群から導出される2価の基等が例示される。
- [0089] Y21で表されるアリーレン基、ヘテロアリーレン基又はそれらの組み合わせからなる2価の連結基の好ましい態様としては、ヘテロアリーレン基の中でも、3環以上の環が縮合してなる縮合芳香族複素環から導出される基を含むことが好ましく、また、当該3環以上の環が縮合してなる縮合芳香族複素環から導出される基としては、ジベンゾフラン環から導出される基又はジベンゾチオフェン環から導出される基が好ましい。
- [0090] 一般式(2)において、E201～E208のうちの6つ以上、及びE209～E216のうちの6つ以上が、各々-C(R21)=で表されることが好ましい。
- [0091] 一般式(2)において、E225～E229の少なくとも1つ、及びE234～E238の少なくとも1つが-N=を表すことが好ましい。
- [0092] さらに、一般式(2)において、E225～E229のいずれか1つ、及びE234～E238のいずれか1つが-N=を表すことが好ましい。
- [0093] また、一般式(2)において、E221～E224及びE230～E233が、各々-C(R21)=で表されることが好ましい態様として挙げられる。
- [0094] さらに、一般式(2)で表される構造を有する化合物において、E203が-C(R21)=で表され、かつR21が連結部位を表すことが好ましく、さらに、E211も同時に-C(R21)=で表され、かつR21が連結部位を表すことが好ましい。
- [0095] さらに、E225及びE234が-N=で表されることが好ましく、E2

21～E224及びE230～E233が、各々-C(R21)=で表されることが好ましい。

[0096] [化13]

一般式(3)

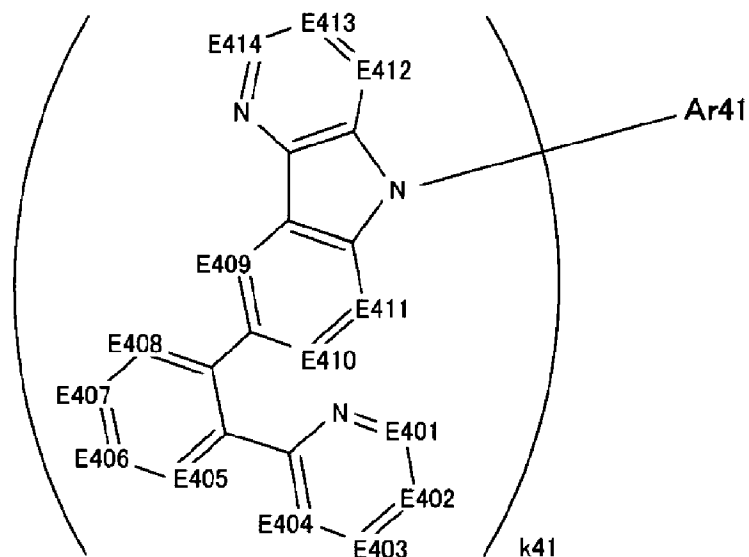


[0097] 上記一般式(3)は、一般式(1a-2)の一形態でもある。上記一般式(3)の式中、E301～E312は、各々-C(R31)=を表し、R31は水素原子(H)又は置換基を表す。また、Y31は、アリーレン基、ヘテロアリーレン基又はそれらの組み合わせからなる2価の連結基を表す。

[0098] また一般式(3)において、Y31で表されるアリーレン基、ヘテロアリーレン基又はそれらの組み合わせからなる2価の連結基の好ましい態様としては、一般式(2)のY21と同様のものが挙げられる。

[0099] [化14]

一般式(4)



[0100] 上記一般式(4)は、一般式(1a-1)の一形態でもある。上記一般式(4)の式中、 $E_{401} \sim E_{414}$ は、各々 $-C(R_{41})=$ を表し、 R_{41} は水素原子(H)又は置換基を表す。また A_{r41} は、置換あるいは無置換の、芳香族炭化水素環あるいは芳香族複素環を表す。さらに k_{41} は3以上の整数を表す。

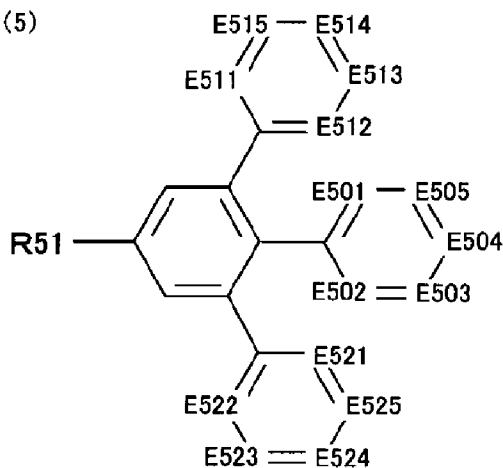
[0101] また一般式(4)において、 A_{r41} が芳香族炭化水素環を表す場合、この芳香族炭化水素環としては、ベンゼン環、ビフェニル環、ナフタレン環、アズレン環、アントラセン環、フェナントレン環、ピレン環、クリセン環、ナフタセン環、トリフェニレン環、*o*-テルフェニル環、*m*-テルフェニル環、*p*-テルフェニル環、アセナフテン環、コロネン環、フルオレン環、フルオラントレン環、ナフタセン環、ペンタセン環、ペリレン環、ペンタフェン環、ピセン環、ピレン環、ピラントレン環、アンスラアントレン環等が挙げられる。これらの環は、さらに一般式(1)の R_{11} 、 R_{12} として例示した置換基を有してもよい。

[0102] また一般式(4)において、 A_{r41} が芳香族複素環を表す場合、この芳香族複素環としては、フラン環、チオフェン環、オキサゾール環、ピロール環、ピリジン環、ピリダジン環、ピリミジン環、ピラジン環、トリアジン環、ベンゾイミダゾール環、オキサジアゾール環、トリアゾール環、イミダゾール環、ピラゾール環、チアゾール環、インドール環、ベンゾイミダゾール環、ベンゾチアゾール環、ベンゾオキサゾール環、キノキサリン環、キナゾリン環、フタラジン環、カルバゾール環、アザカルバゾール環等が挙げられる。尚、アザカルバゾール環とは、カルバゾール環を構成するベンゼン環の炭素原子が1つ以上窒素原子で置き換わったものを示す。これらの環は、さらに一般式(1)において、 R_{11} 、 R_{12} として例示した置換基を有してもよい。

[0103]

[化15]

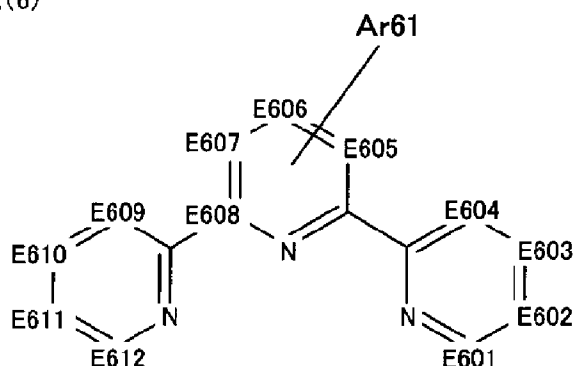
一般式(5)



[0104] 上記一般式(5)の式中、R51は置換基を表す。E501、E502、E511～E515、E521～E525は、各々-C(R52)=又は-N=を表す。E503～E505は、各々-C(R52)=を表す。R52は、水素原子(H)又は置換基を表す。E501及びE502のうちの少なくとも1つは-N=であり、E511～E515のうちの少なくとも1つは-N=であり、E521～E525のうちの少なくとも1つは-N=である。

[0105] [化16]

一般式(6)

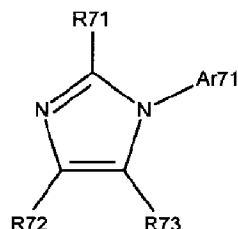


[0106] 上記一般式(6)の式中、E601～E612は、各々-C(R61)=又は-N=を表し、R61は水素原子(H)又は置換基を表す。またAr61は、置換あるいは無置換の、芳香族炭化水素環あるいは芳香族複素環を表す。

[0107] また一般式（６）において、 $Ar61$ が表す、置換あるいは無置換の、芳香族炭化水素環あるいは芳香族複素環は、一般式（４）の $Ar41$ と同様のものが挙げられる。

[0108] [化17]

一般式(7)

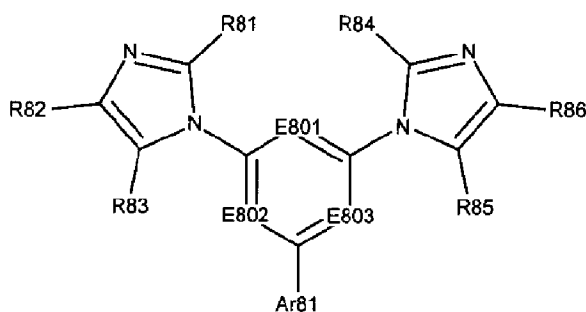


[0109] 上記一般式（７）の式中、 $R71 \sim R73$ は、各々水素原子（ H ）又は置換基を表し、 $Ar71$ は、芳香族炭化水素環基又は芳香族複素環基を表す。

[0110] また一般式（７）において、 $Ar71$ が表す芳香族炭化水素環又は芳香族複素環は、一般式（４）の $Ar41$ と同様のものが挙げられる。

[0111] [化18]

一般式(8)



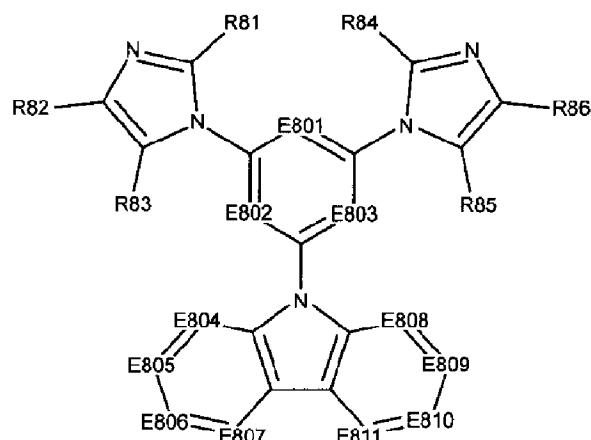
[0112] 上記一般式（８）は、一般式（７）の一形態でもある。上記一般式（８）の式中、 $R81 \sim R86$ は、各々水素原子（ H ）又は置換基を表す。 $E801 \sim E803$ は、各々 $-C(R87)=$ 又は $-N=$ を表し、 $R87$ は水素原子（ H ）又は置換基を表す。 $Ar81$ は、芳香族炭化水素環基又は芳香族複素環基を表す。

[0113] また一般式（８）において、 $Ar81$ が表す、芳香族炭化水素環又は芳香

族複素環は、一般式（４）の Ar_4 １と同様のものが挙げられる。

[0114] [化19]

一般式（８a）



[0115] 上記一般式（８a）で示される構造を有する窒素含有化合物は、上記一般式（８）で示される構造を有する窒素含有化合物の一形態であり、一般式（８）における Ar_8 １がカルバゾール誘導体である。上記一般式（８a）の式中、E804～E811は、各々 $-C(R_{88})=$ 又は $-N=$ を表し、 R_{88} は水素原子（H）又は置換基を表す。E808～E811のうち少なくとも一つは $-N=$ であり、E804～E807、E808～E811は、各々互いに結合して新たな環を形成してもよい。

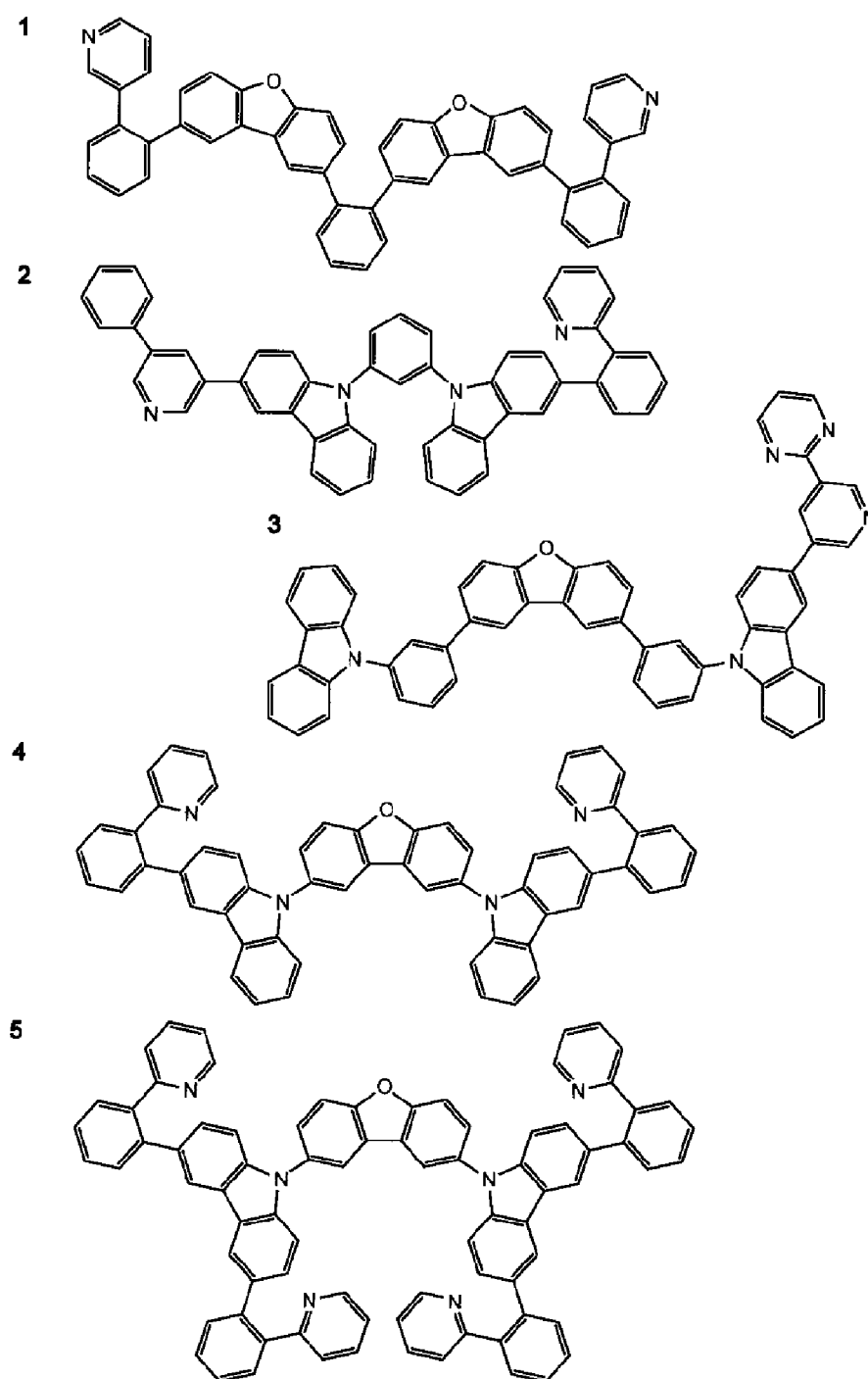
[0116] [窒素含有化合物（３）]

（化合物ⅠⅠⅠ）

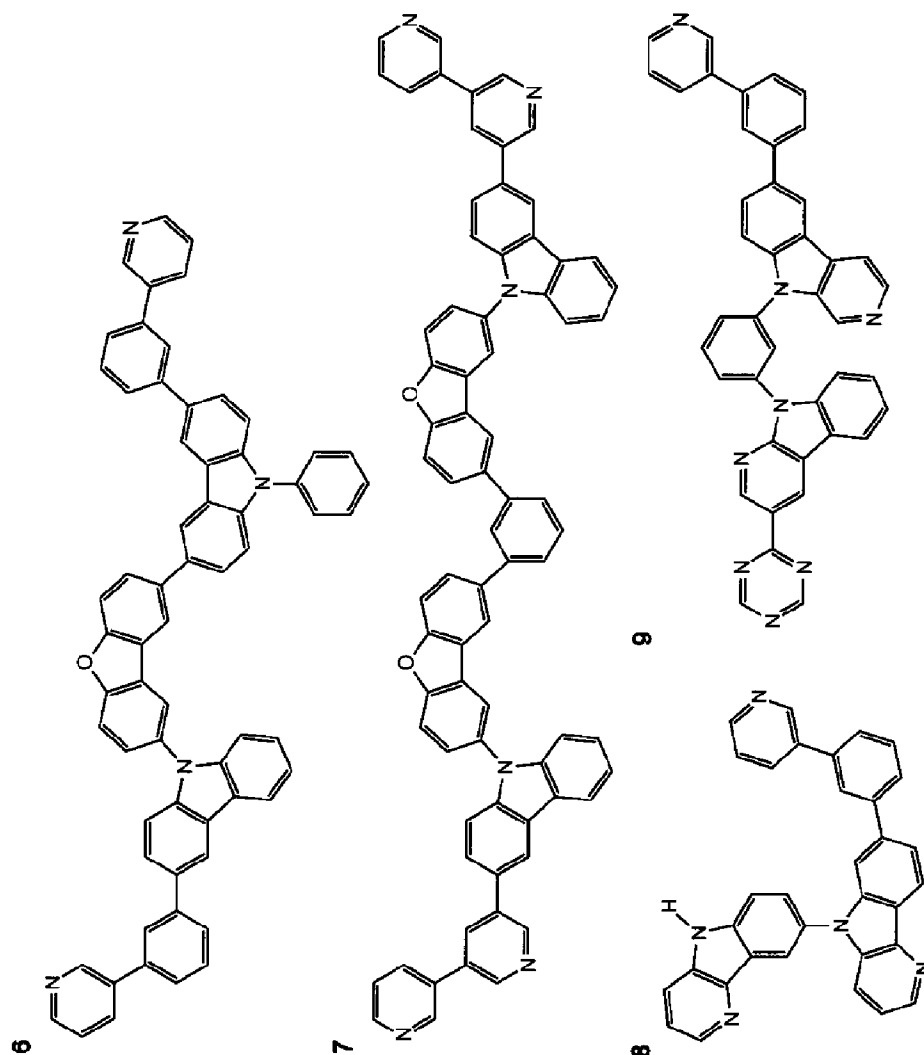
また窒素含有化合物を構成するさらに他の化合物として、以上のような一般式（１）～（８a）表される構造を有する化合物の他、下記に具体例を示す化合物１～１６６が例示される。これらの化合物は、導電層１５を構成するモリブデンや銀と相互作用する窒素原子を含有する化合物である。また、これらの化合物は、電子輸送性又は電子注入性を備えた材料である。従って、これらの化合物を用いて有機化合物層１２を構成した透明導電体１０は、有機電界発光素子における透明電極として好適であり、有機電界発光素子における電子輸送層又は電子注入層として有機化合物層１２を用いることがで

きる。尚、これらの化合物 1 ～ 166 の中には、上述した有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ の範囲に当てはまる化合物も含まれ、このような化合物であれば単独で有機化合物層 12 を構成する化合物として用いることができる。さらに、これらの化合物 1 ～ 166 の中には、上述した一般式 (1) ～ (8a) に当てはまる化合物もある。

[0117] [化20]



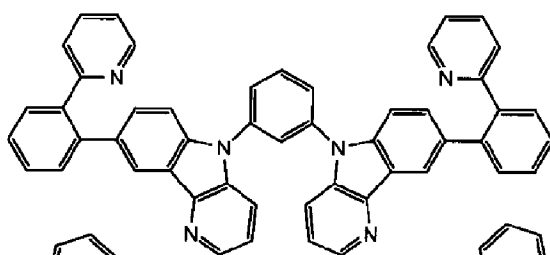
[0118] [化21]



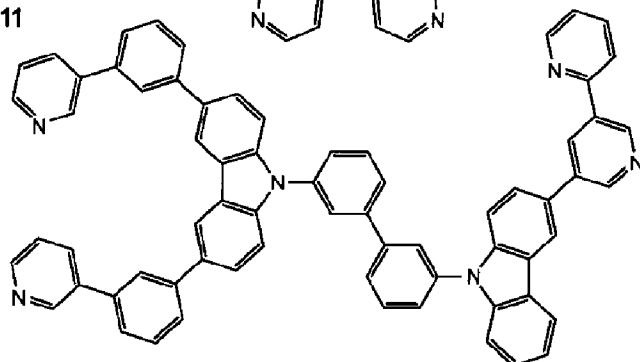
[0119]

[化22]

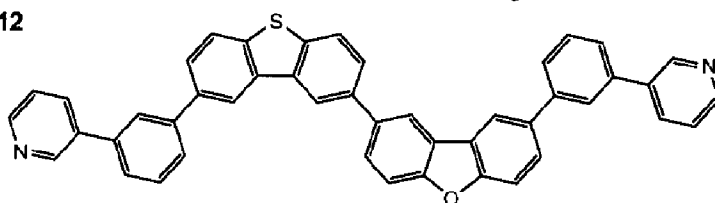
10



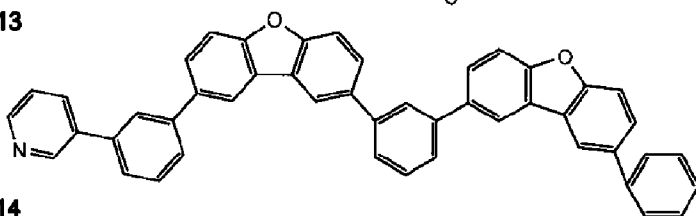
11



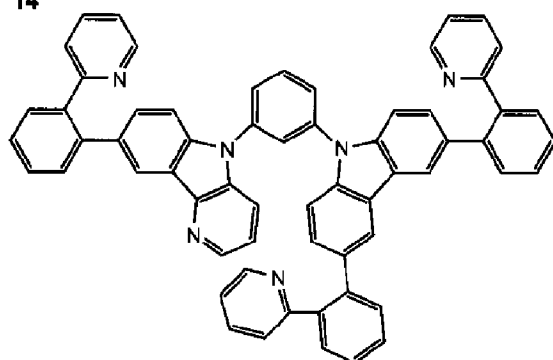
12



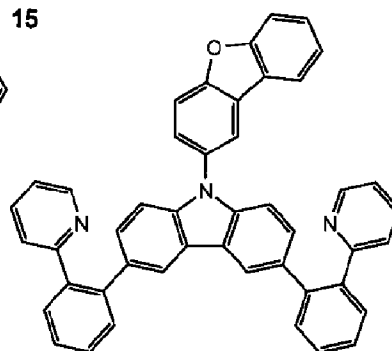
13



14



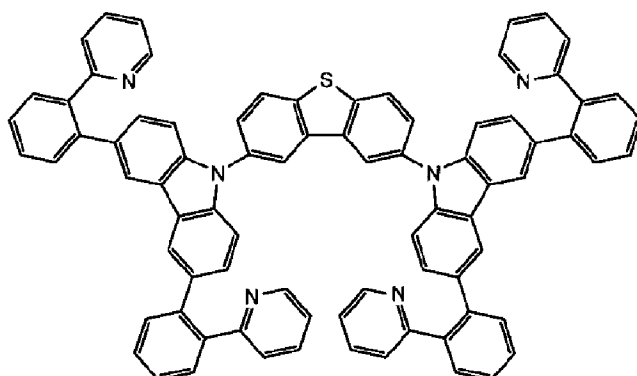
15



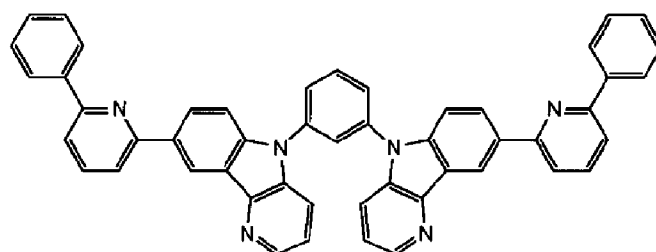
[0120]

[化23]

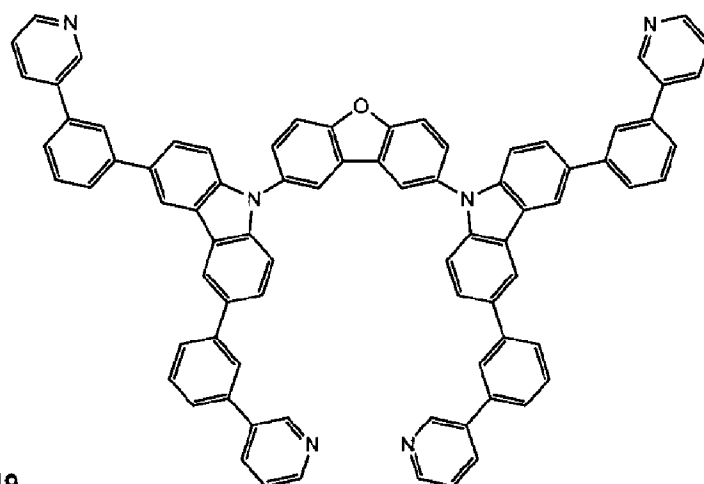
16



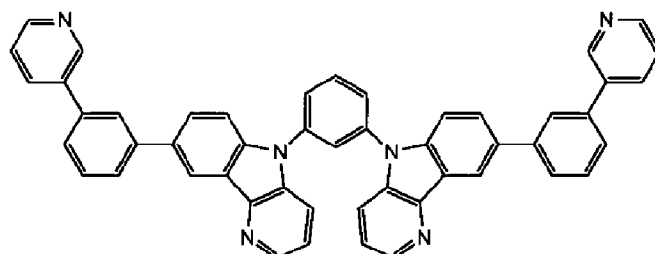
17



18



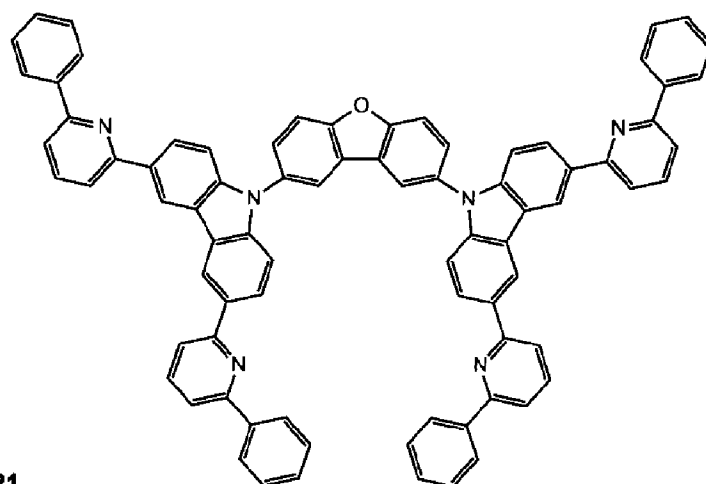
19



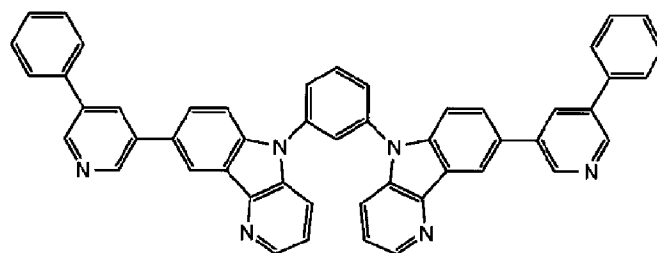
[0121]

[化24]

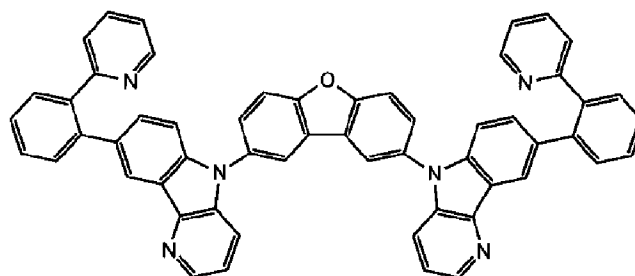
20



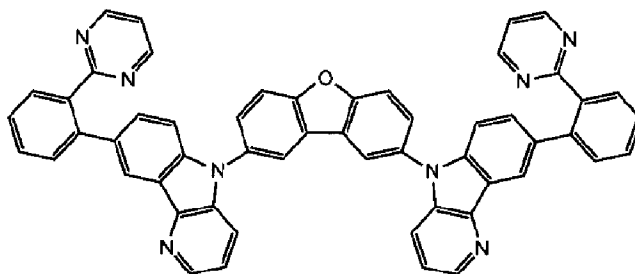
21



22

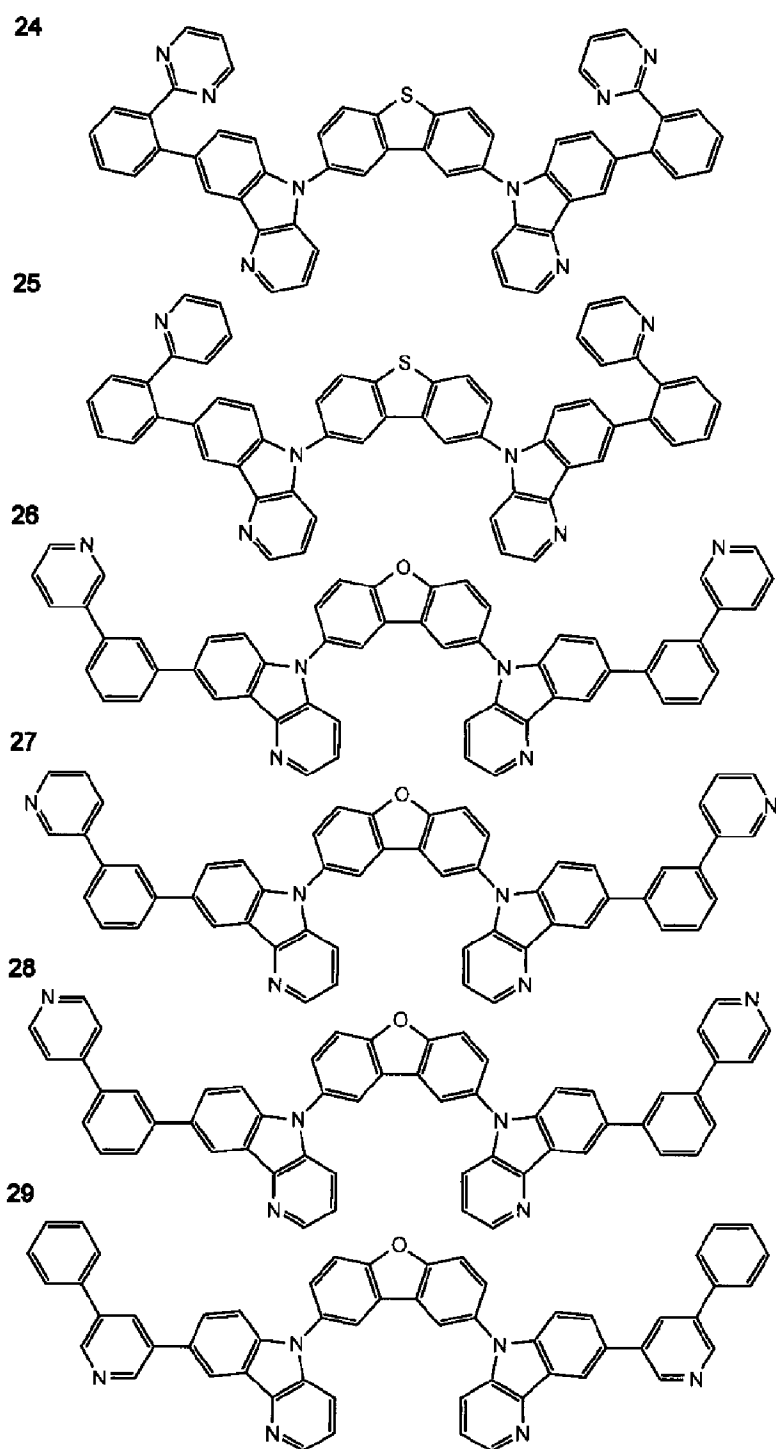


23



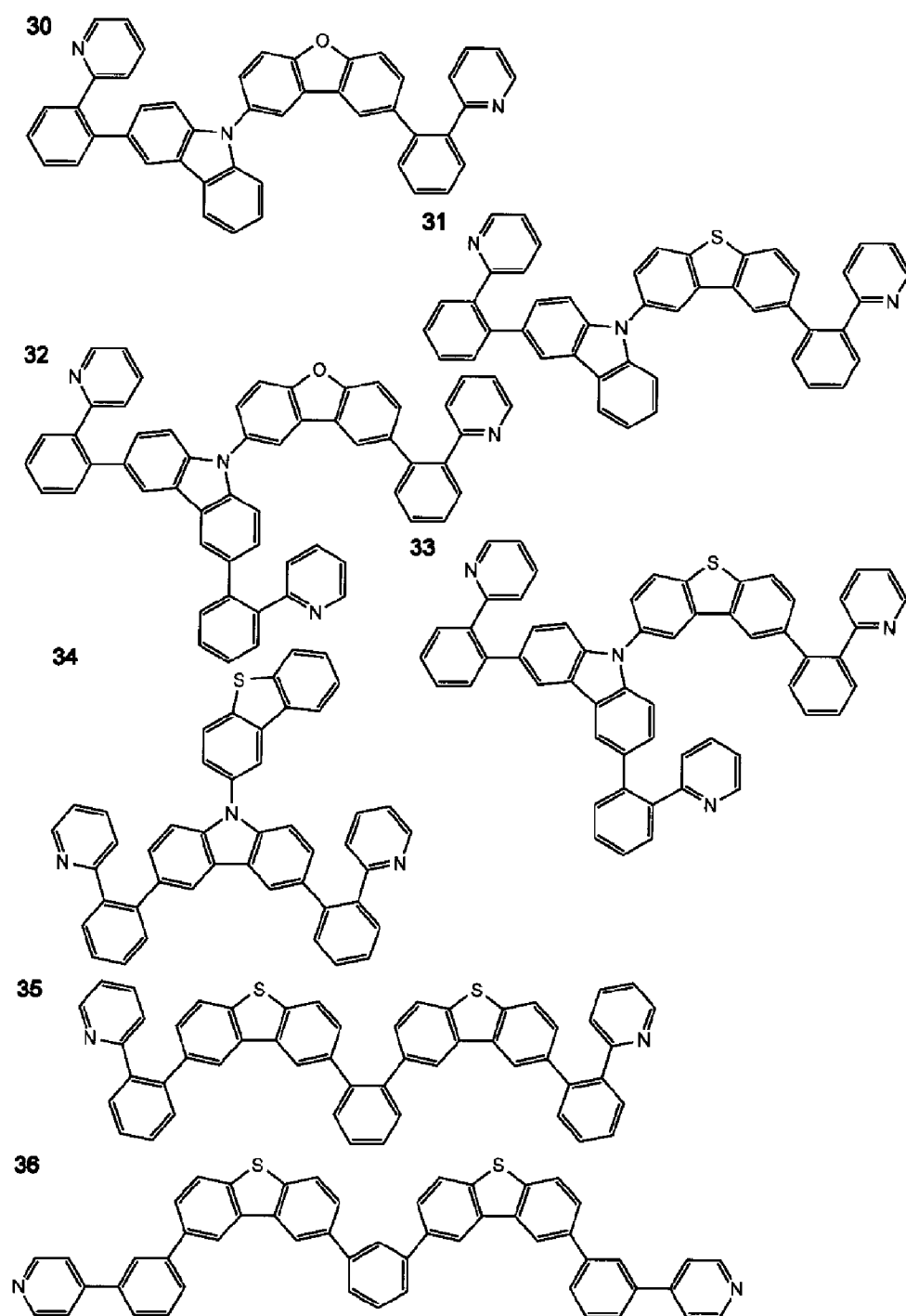
[0122]

[化25]



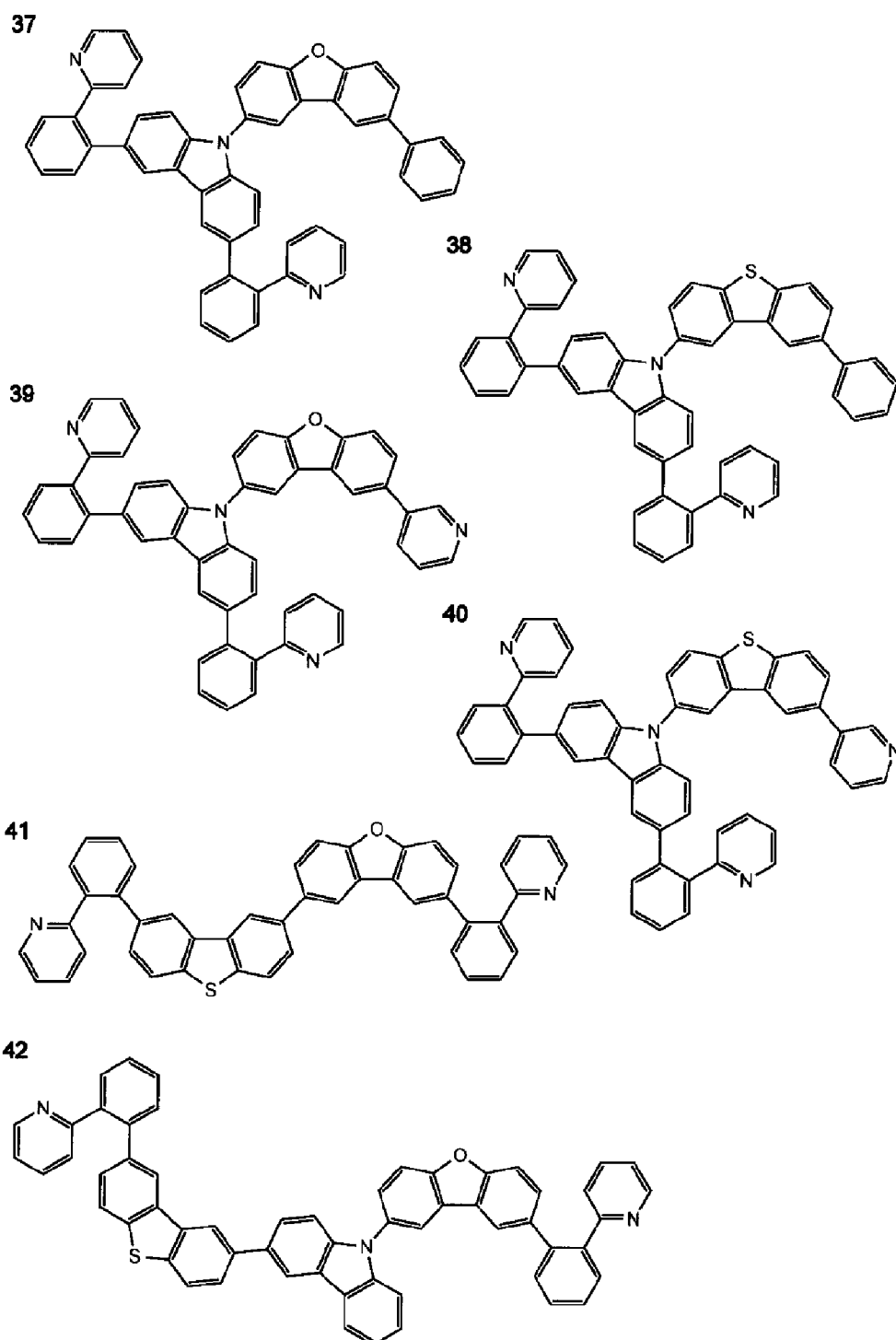
[0123]

[化26]



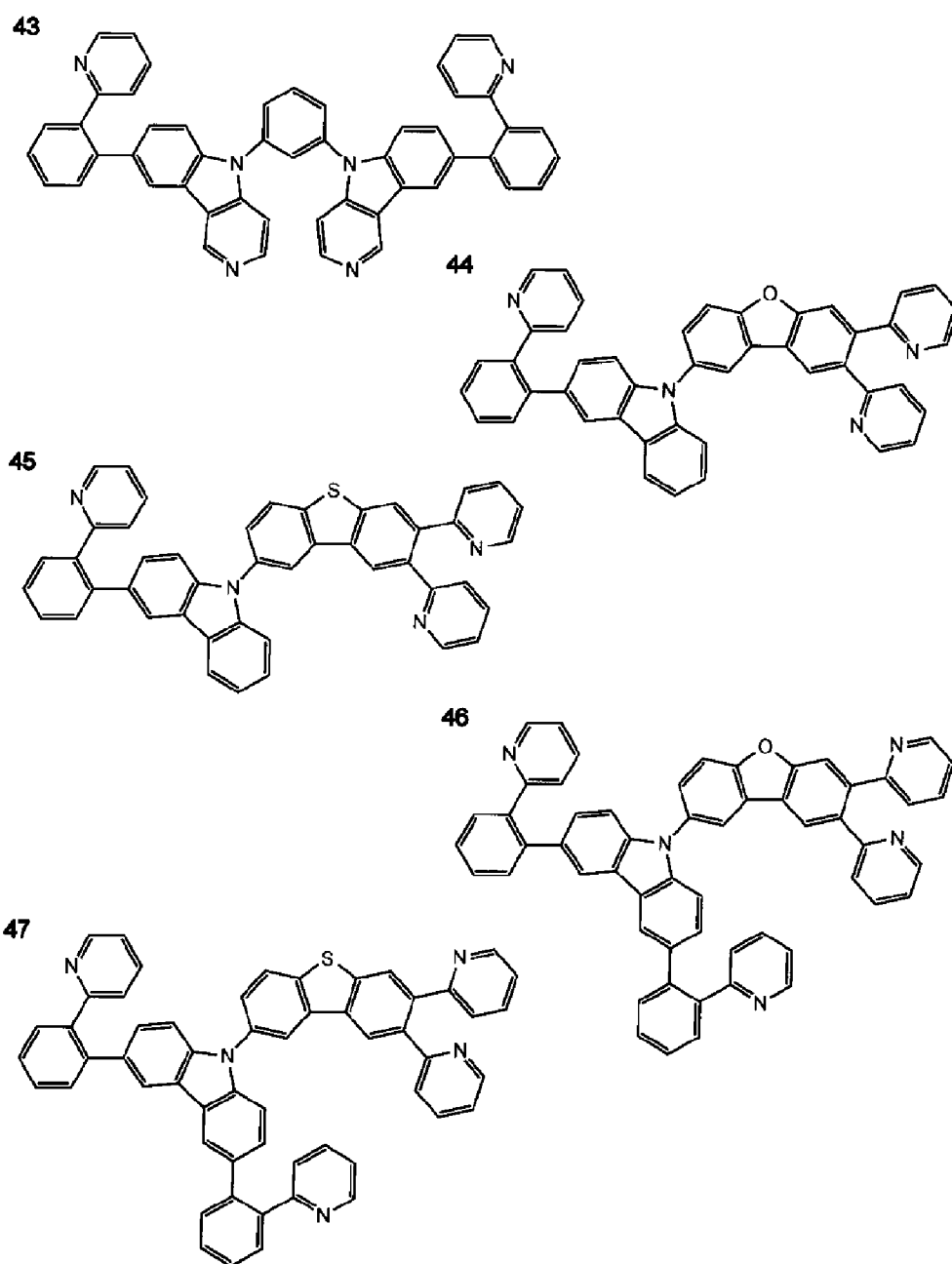
[0124]

[化27]



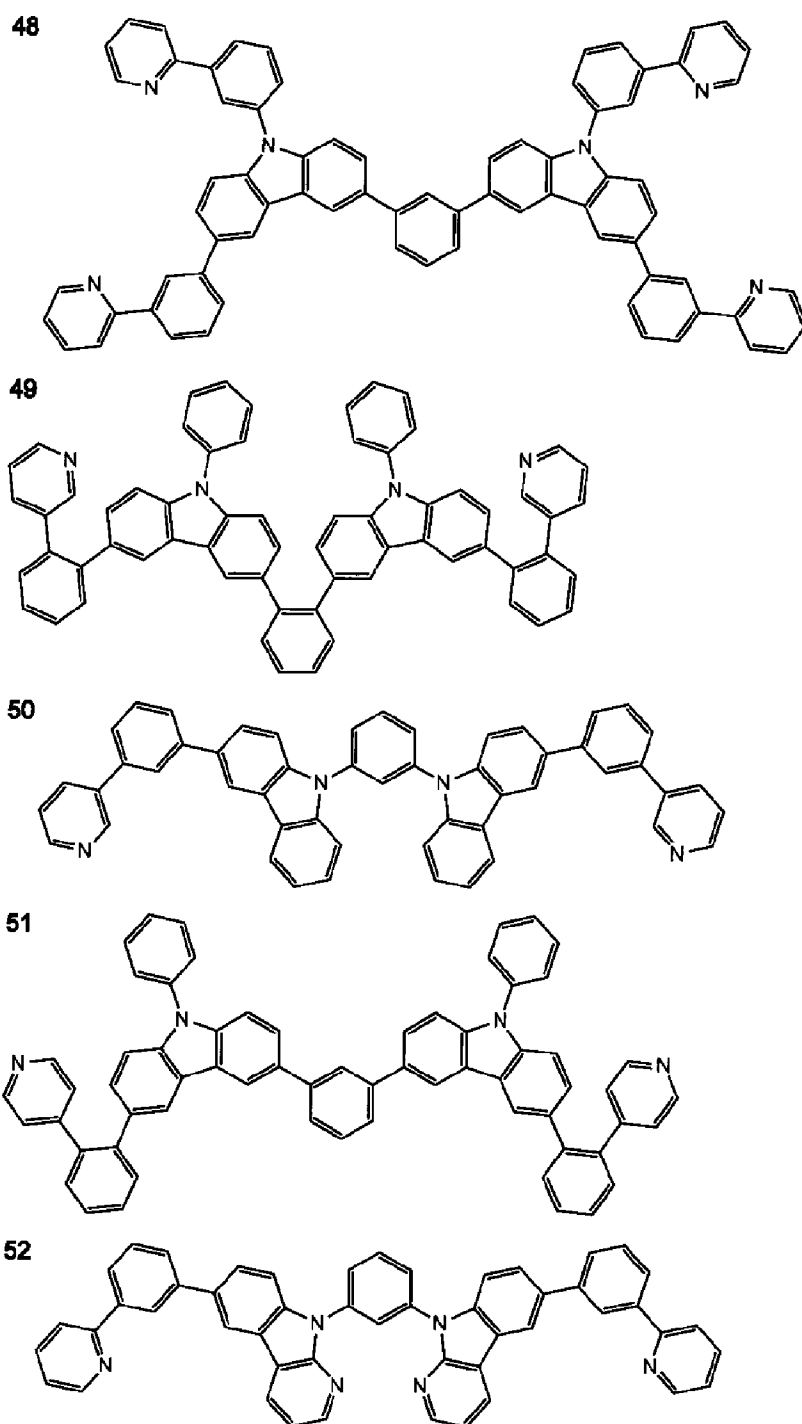
[0125]

[化28]



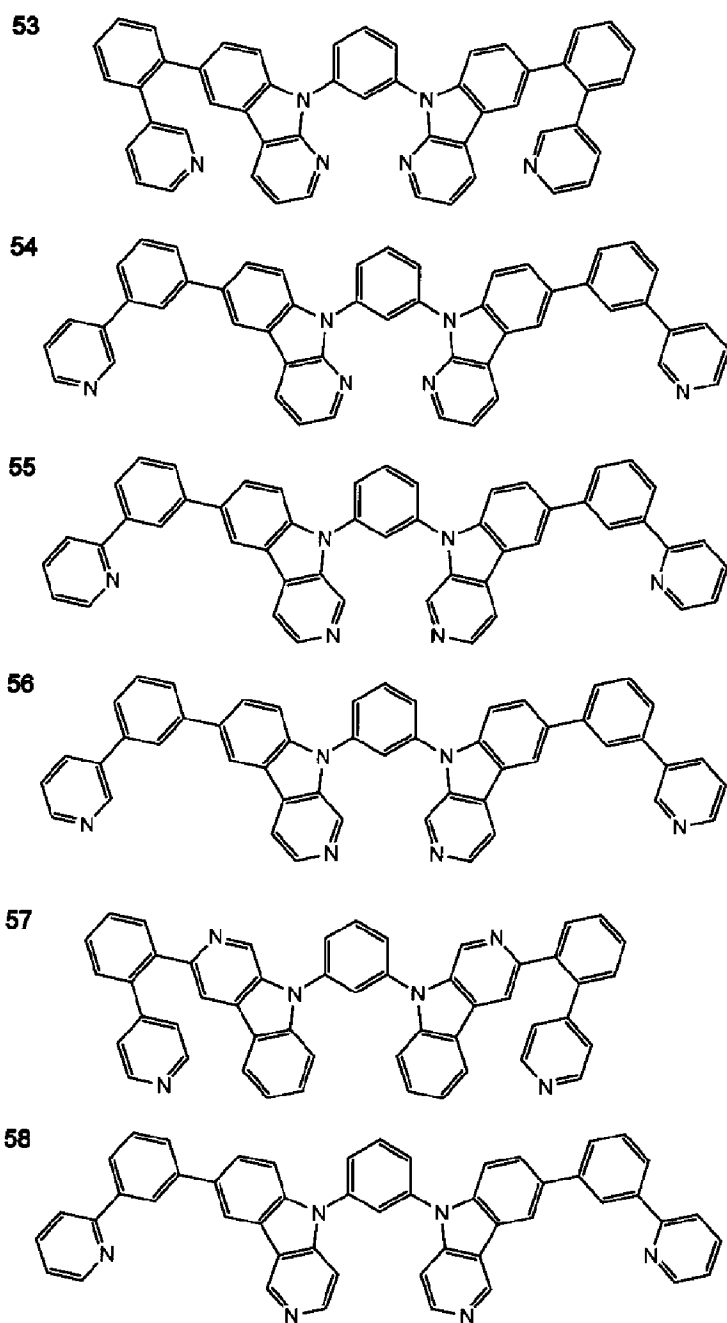
[0126]

[化29]



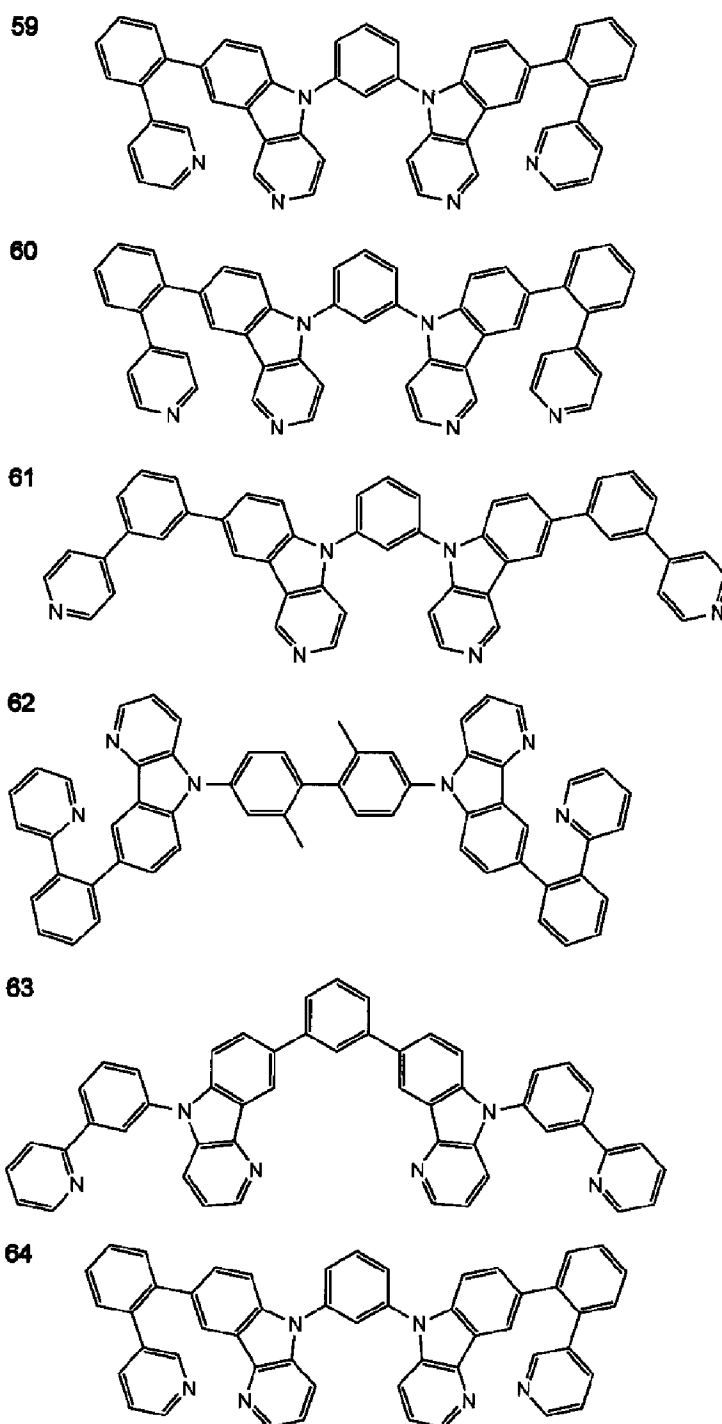
[0127]

[化30]



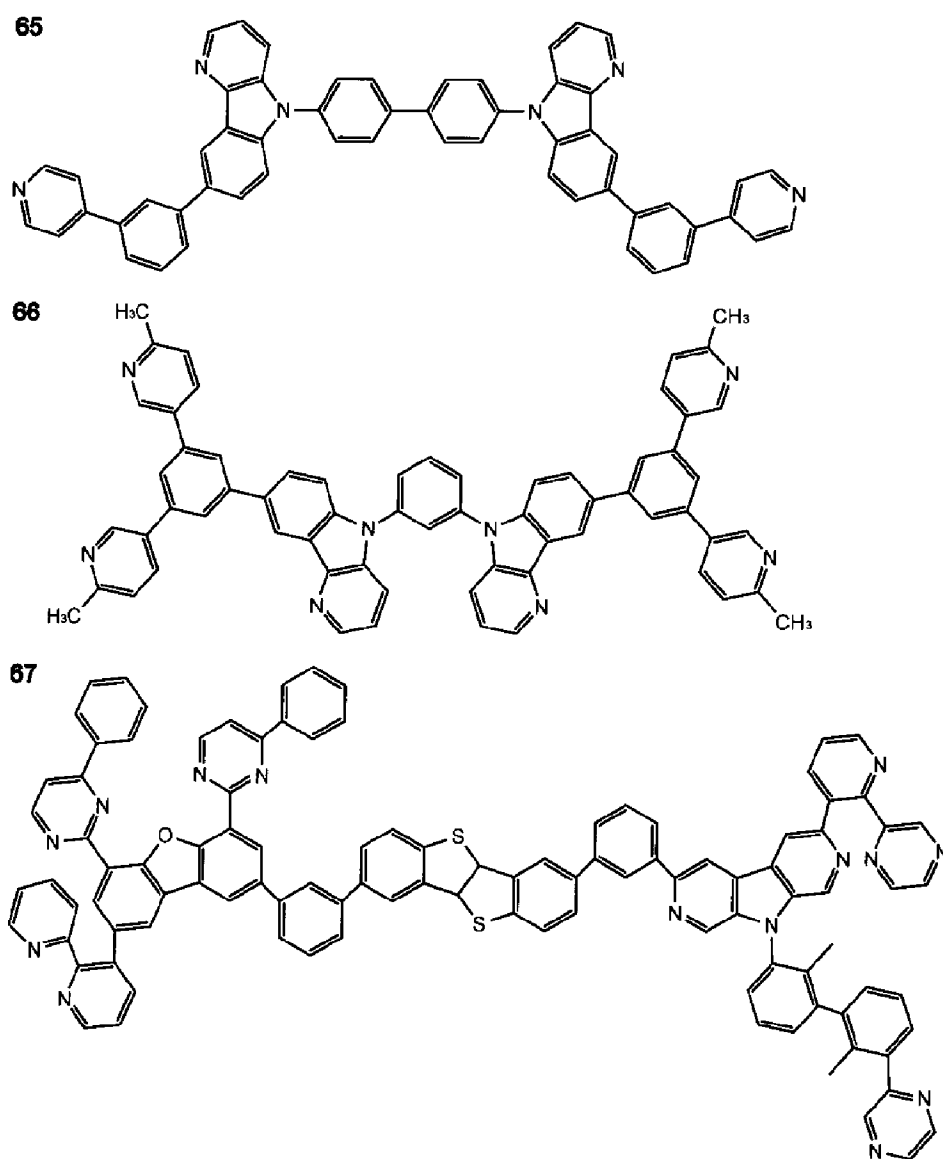
[0128]

[化31]



[0129]

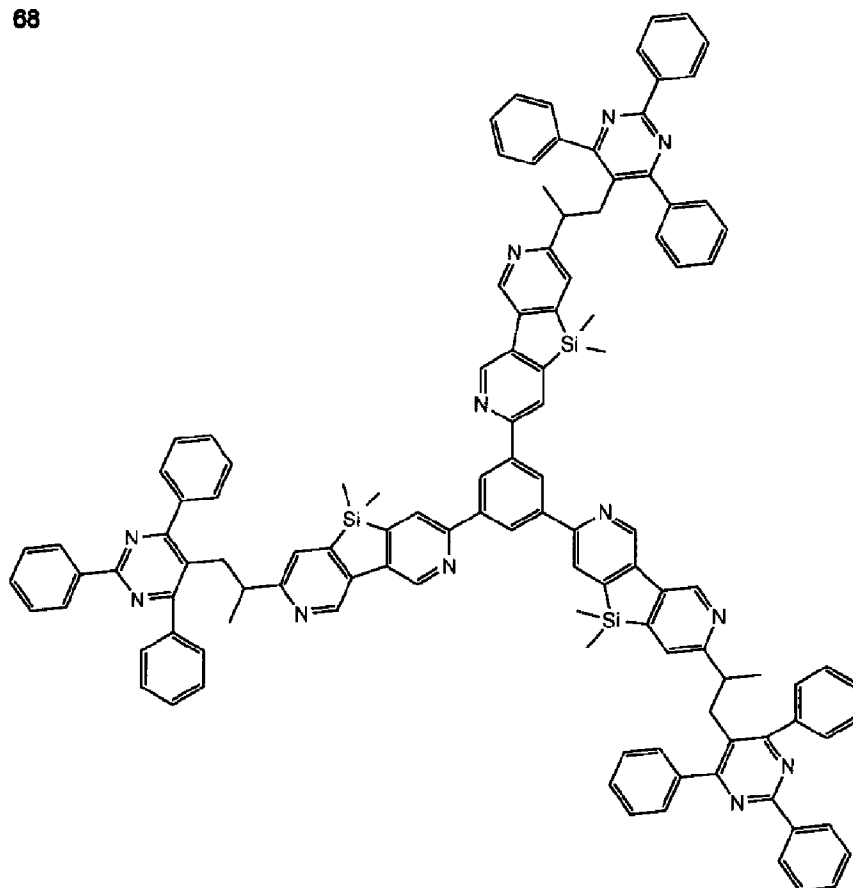
[化32]



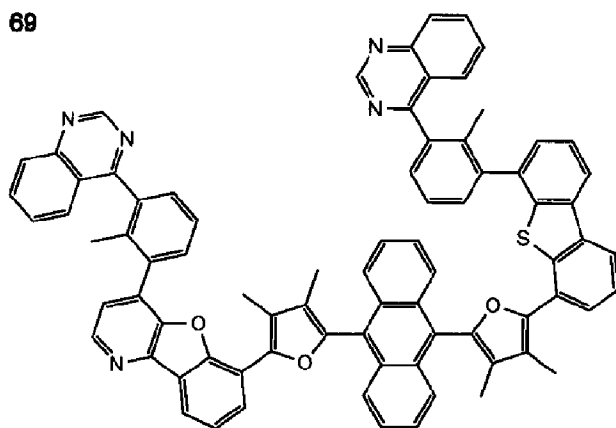
[0130]

[化33]

68

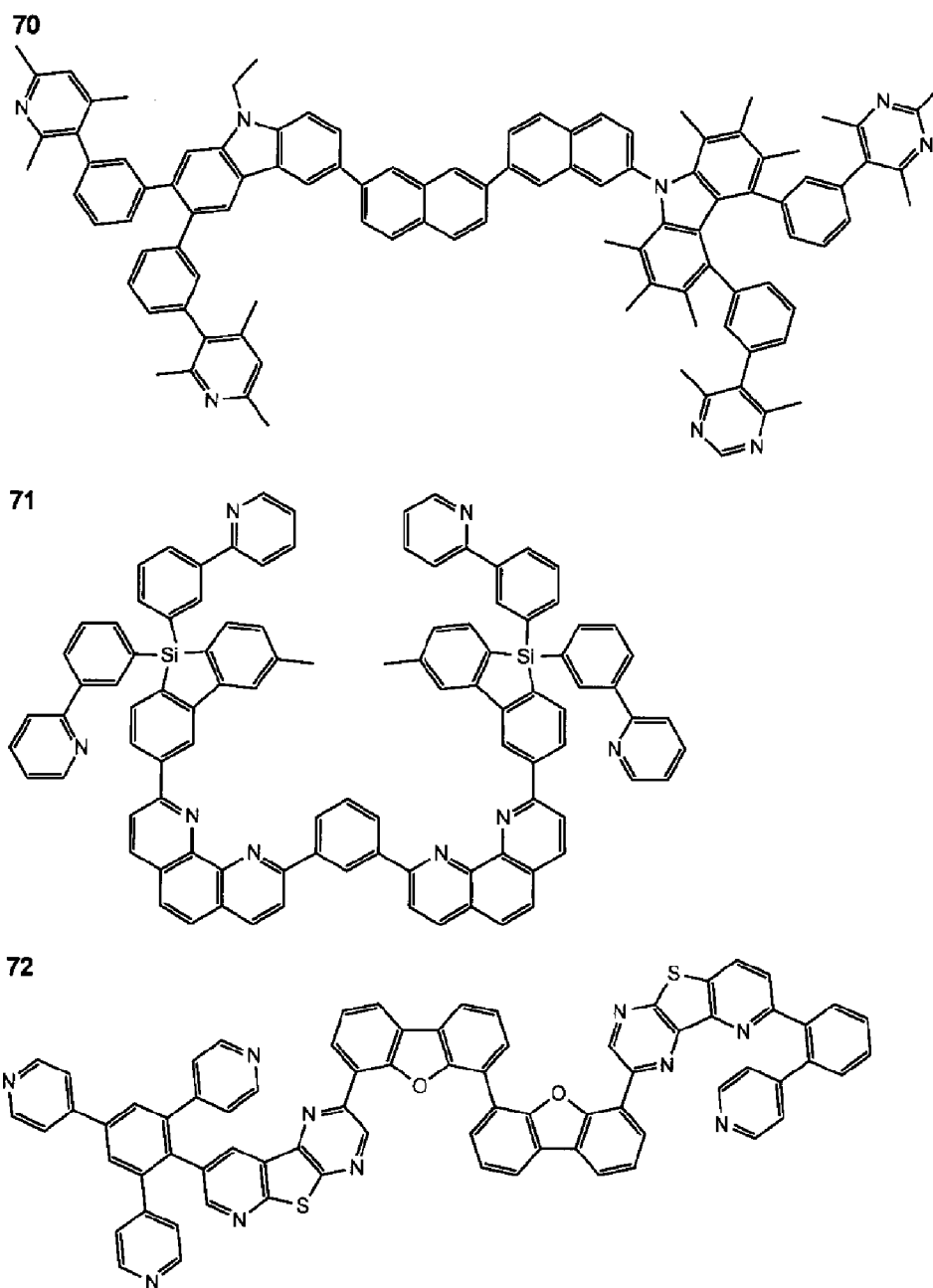


69



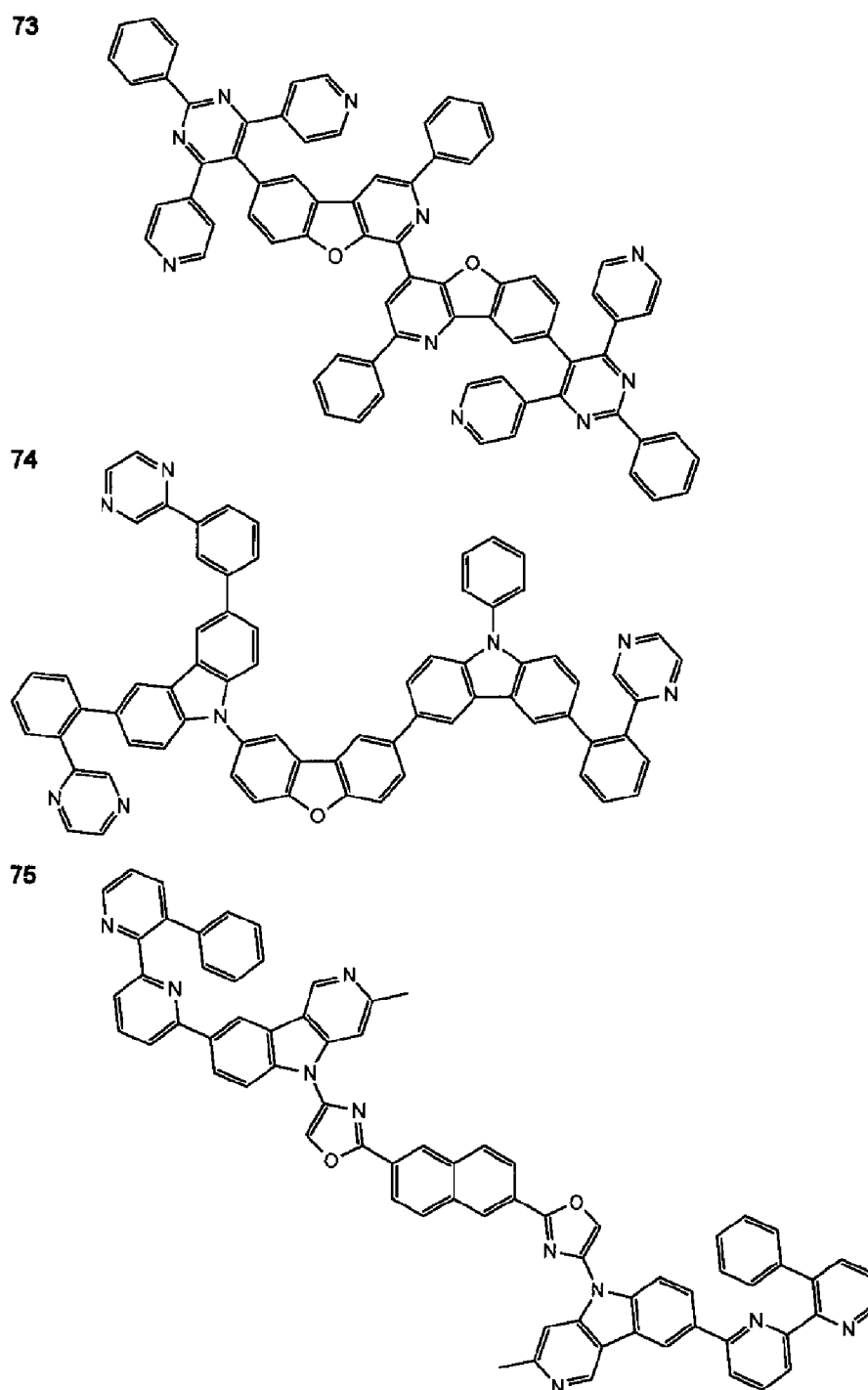
[0131]

[化34]



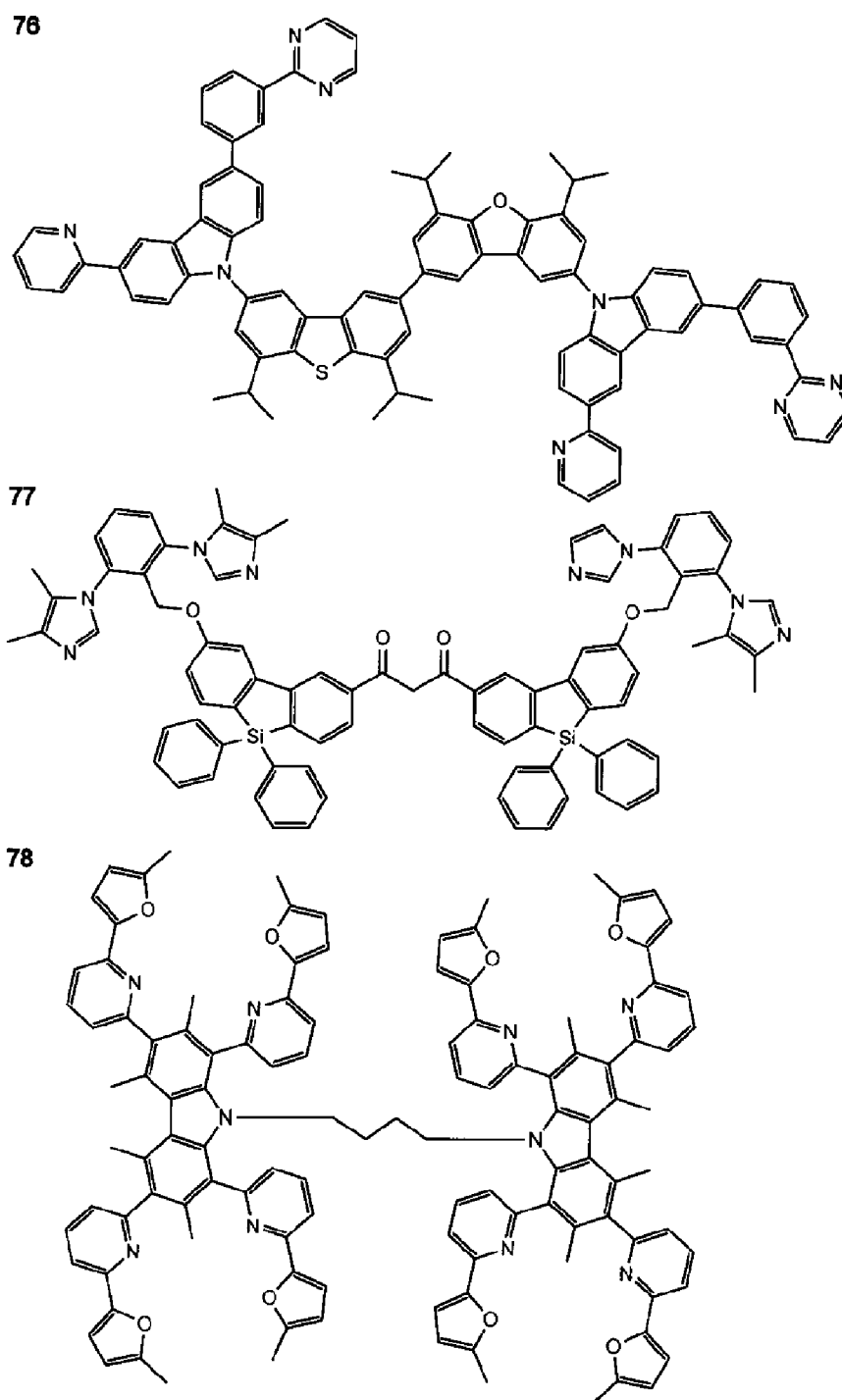
[0132]

[化35]



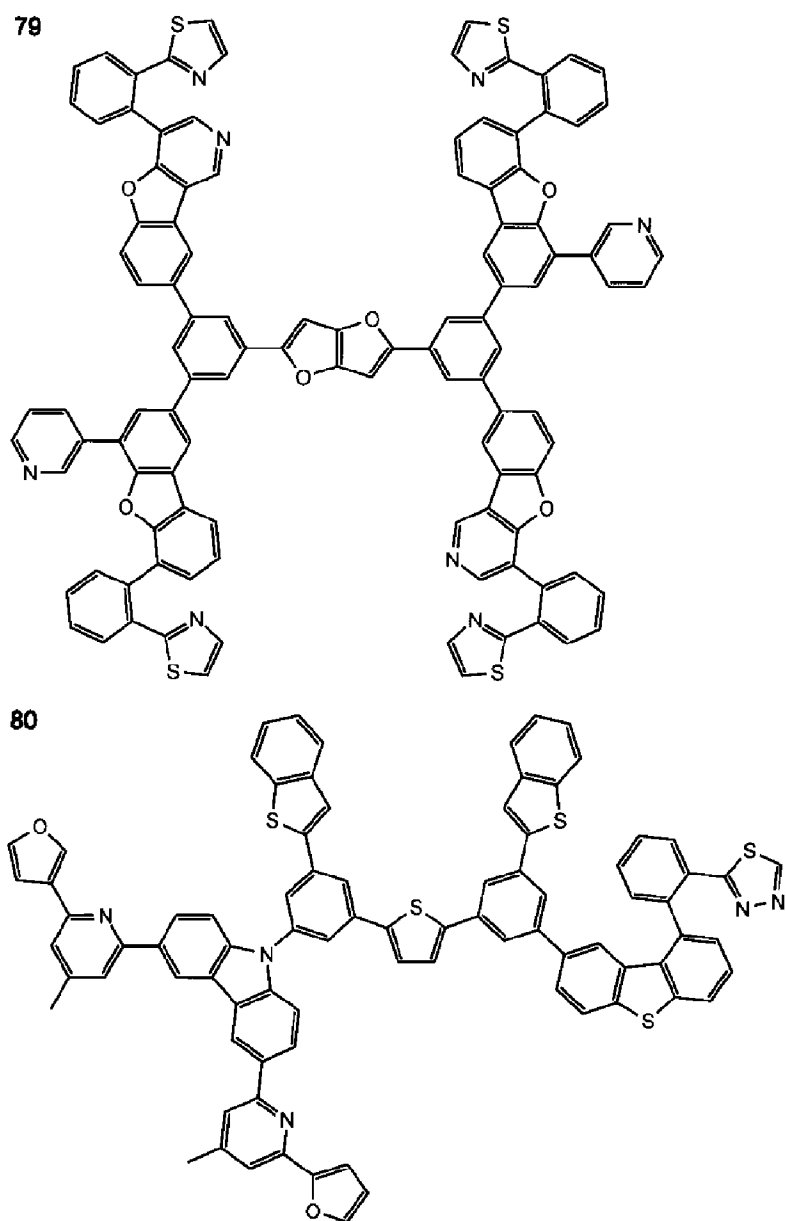
[0133]

[化36]



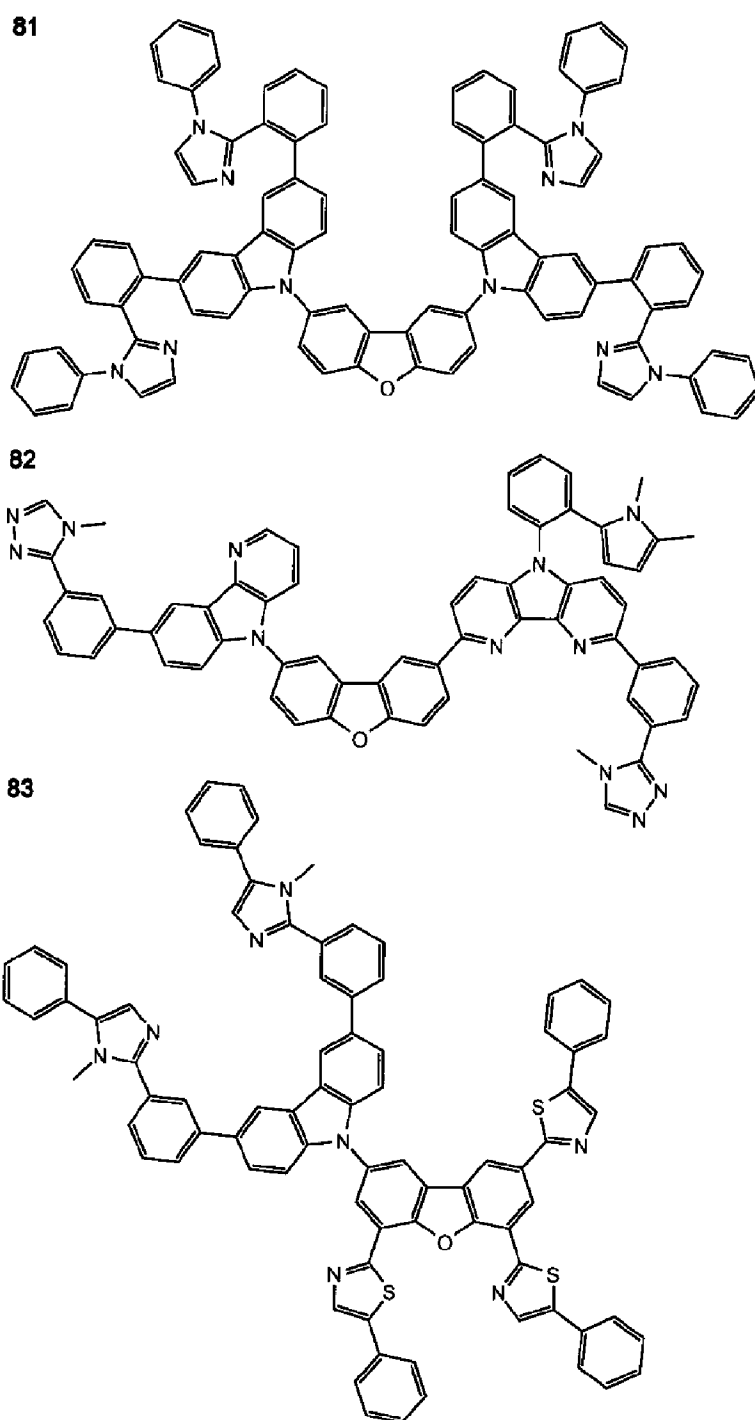
[0134]

[化37]



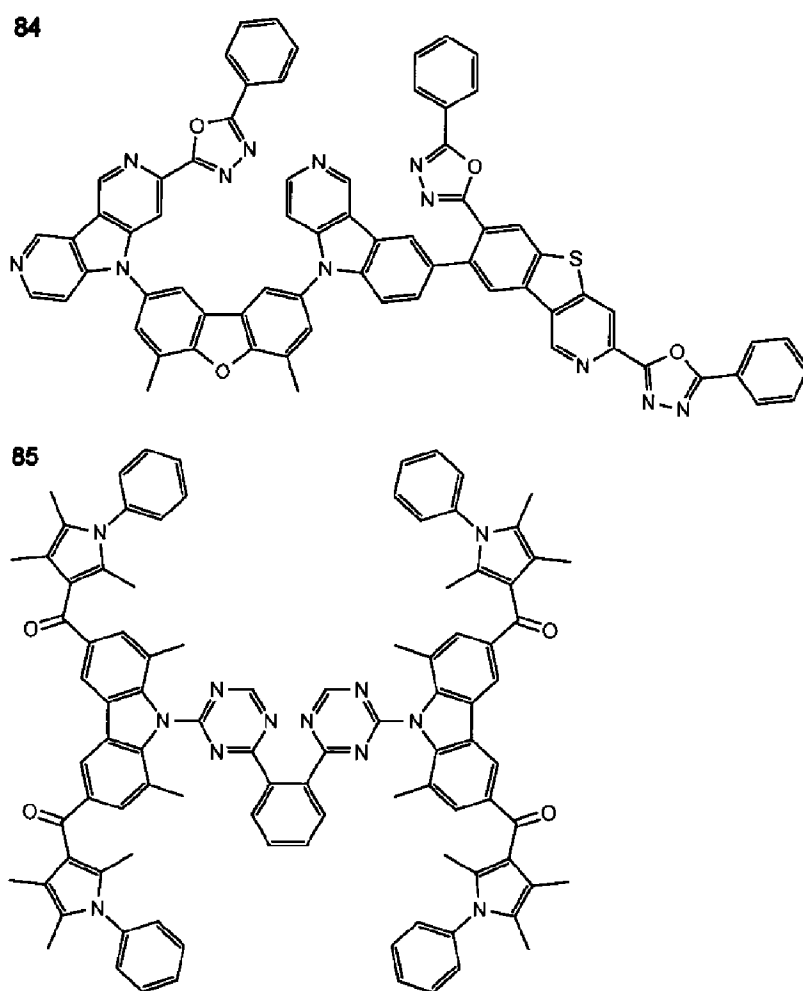
[0135]

[化38]



[0136]

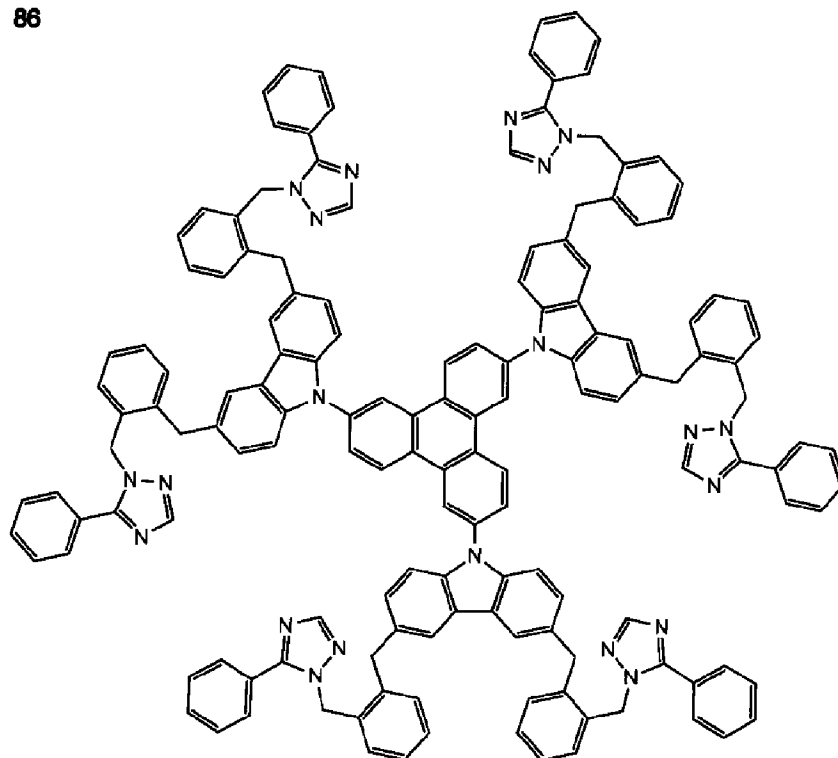
[化39]



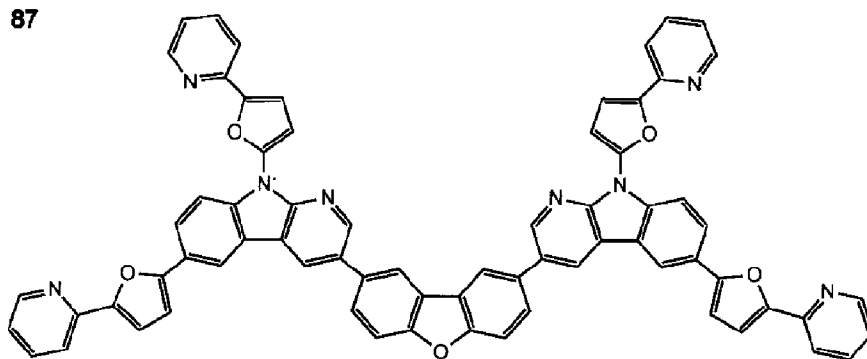
[0137]

[化40]

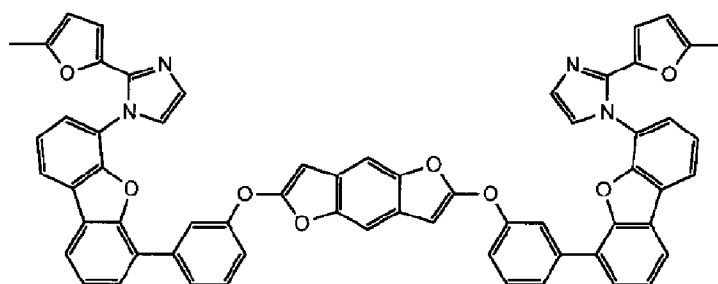
86



87

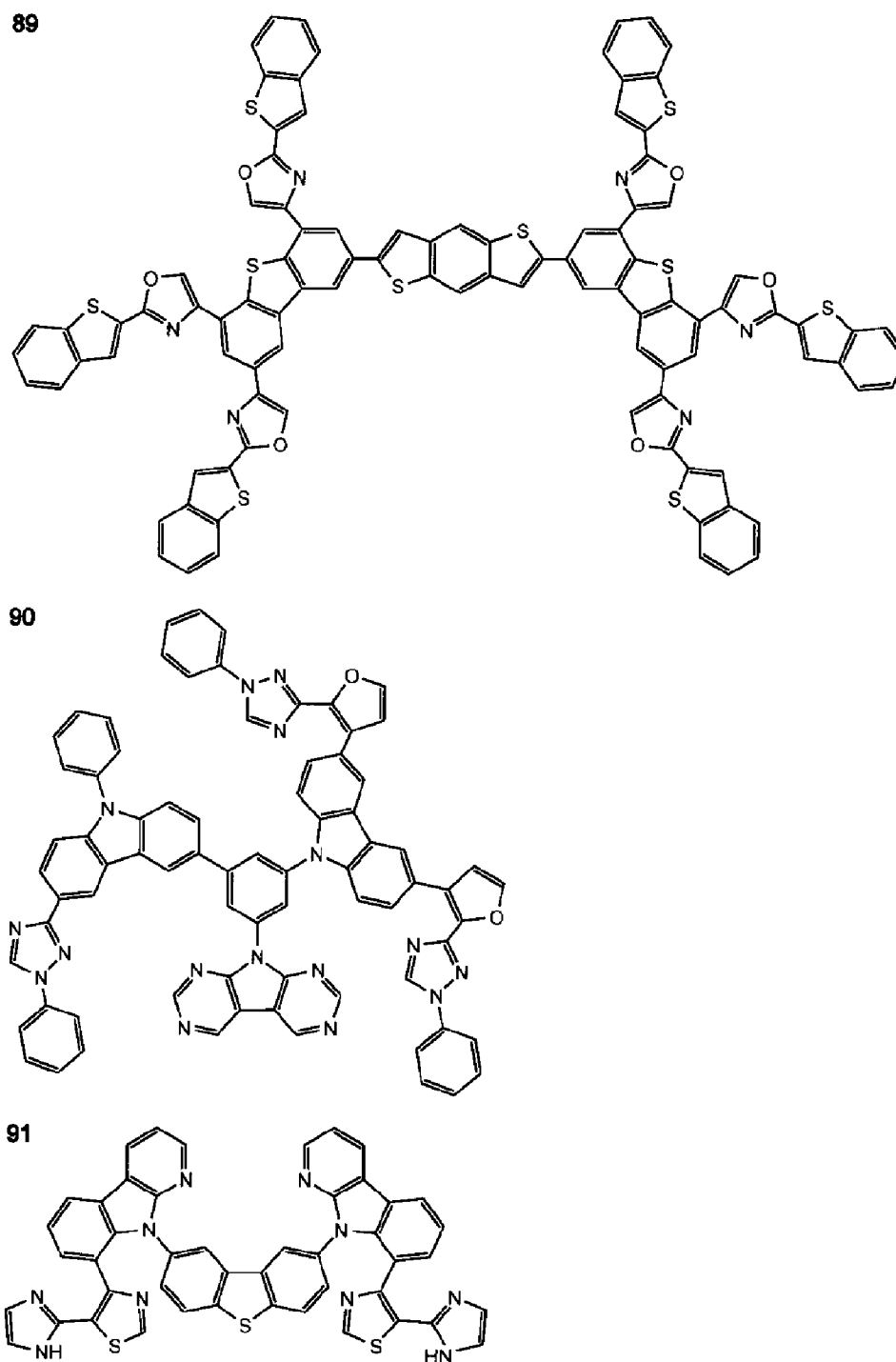


88



[0138]

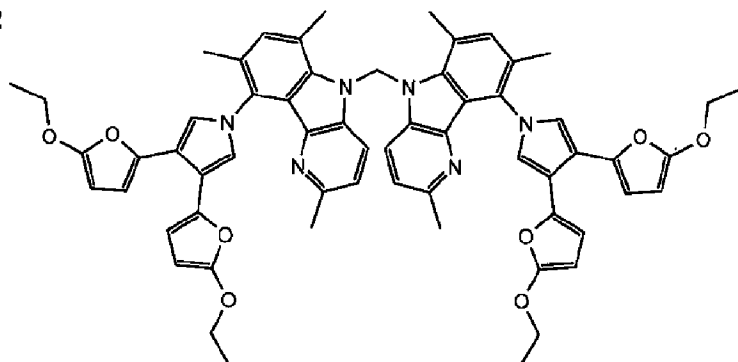
[化41]



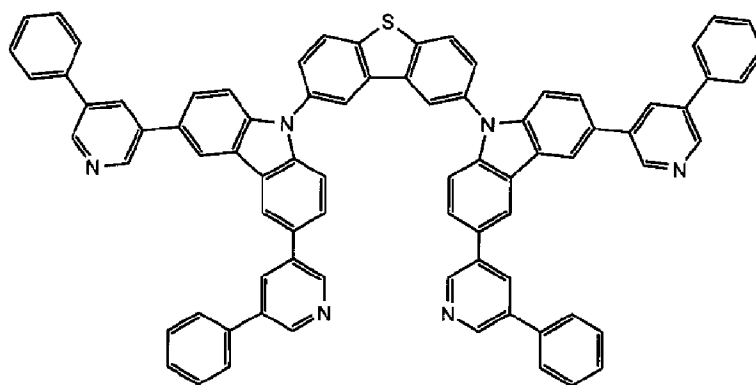
[0139]

[化42]

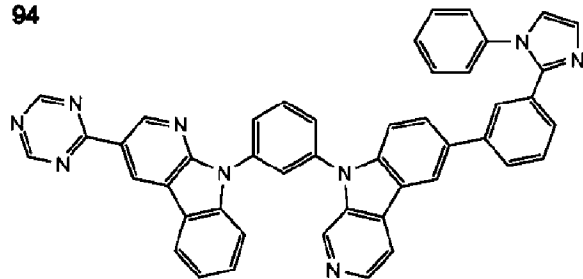
92



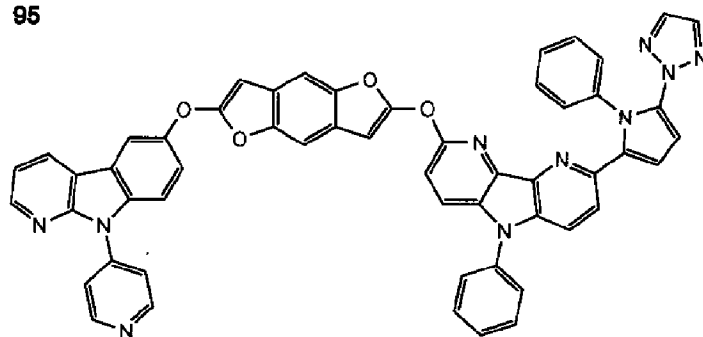
93



94

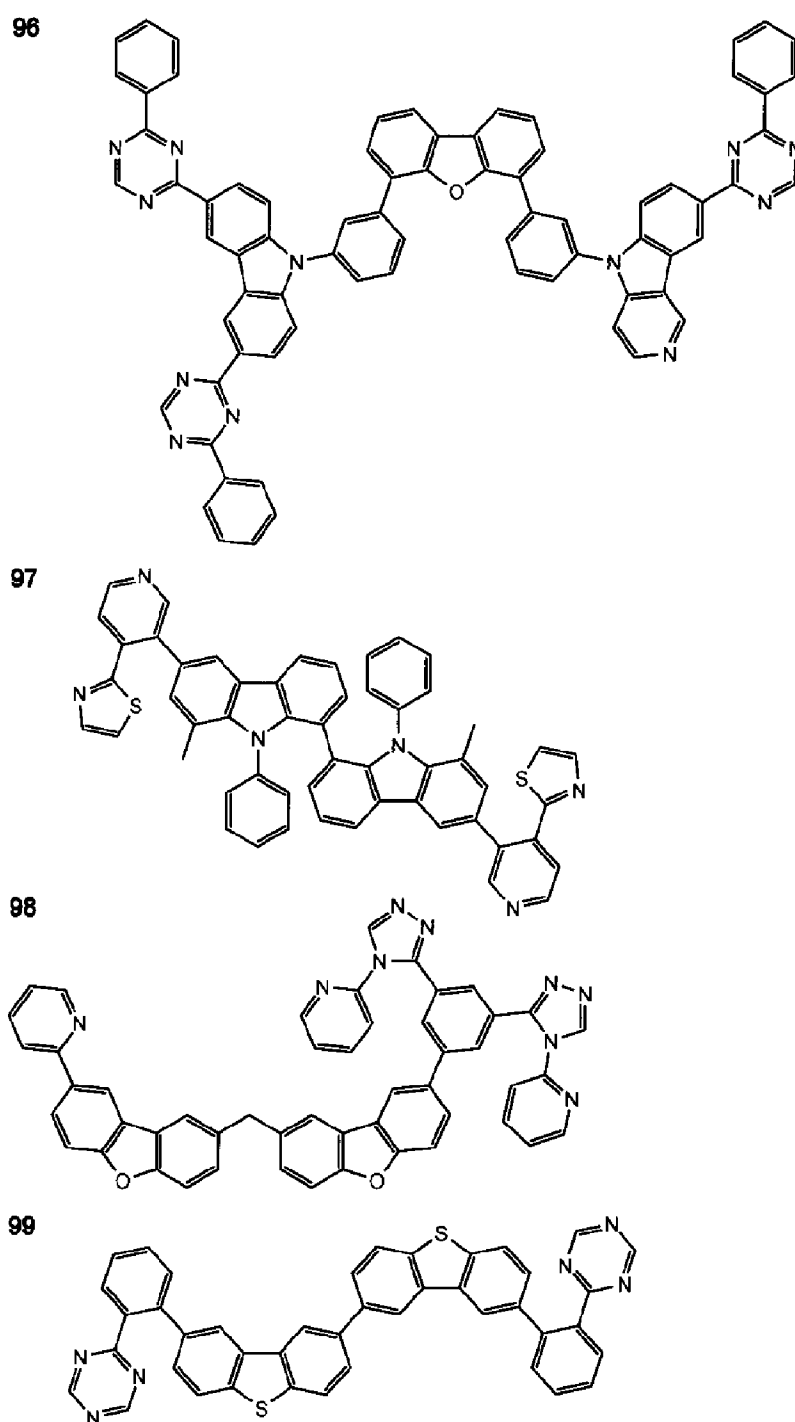


95



[0140]

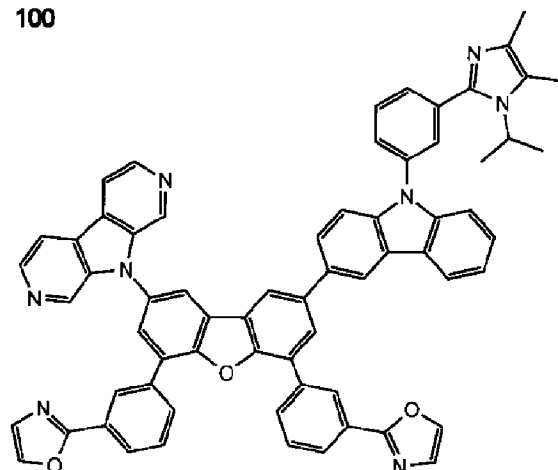
[化43]



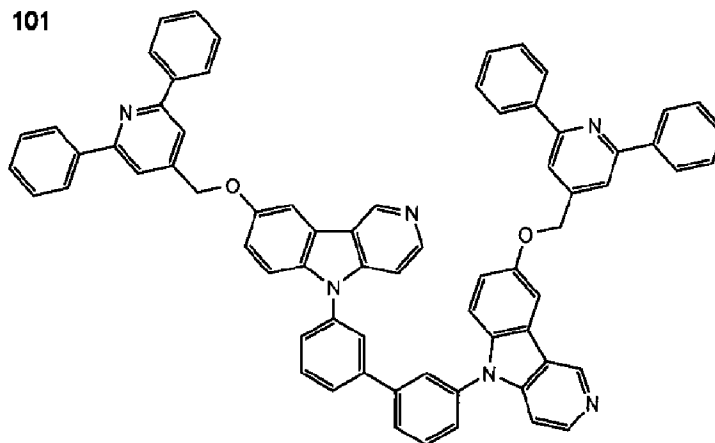
[0141]

[化44]

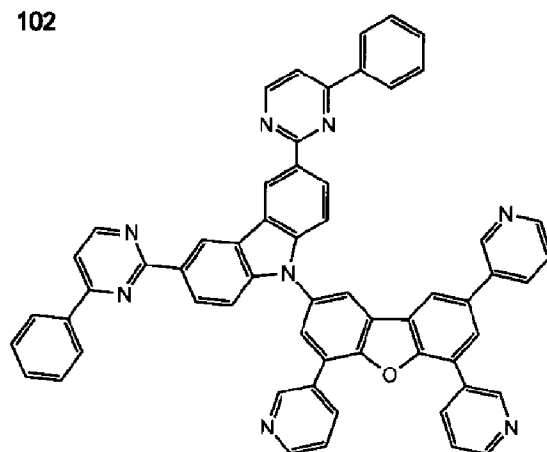
100



101

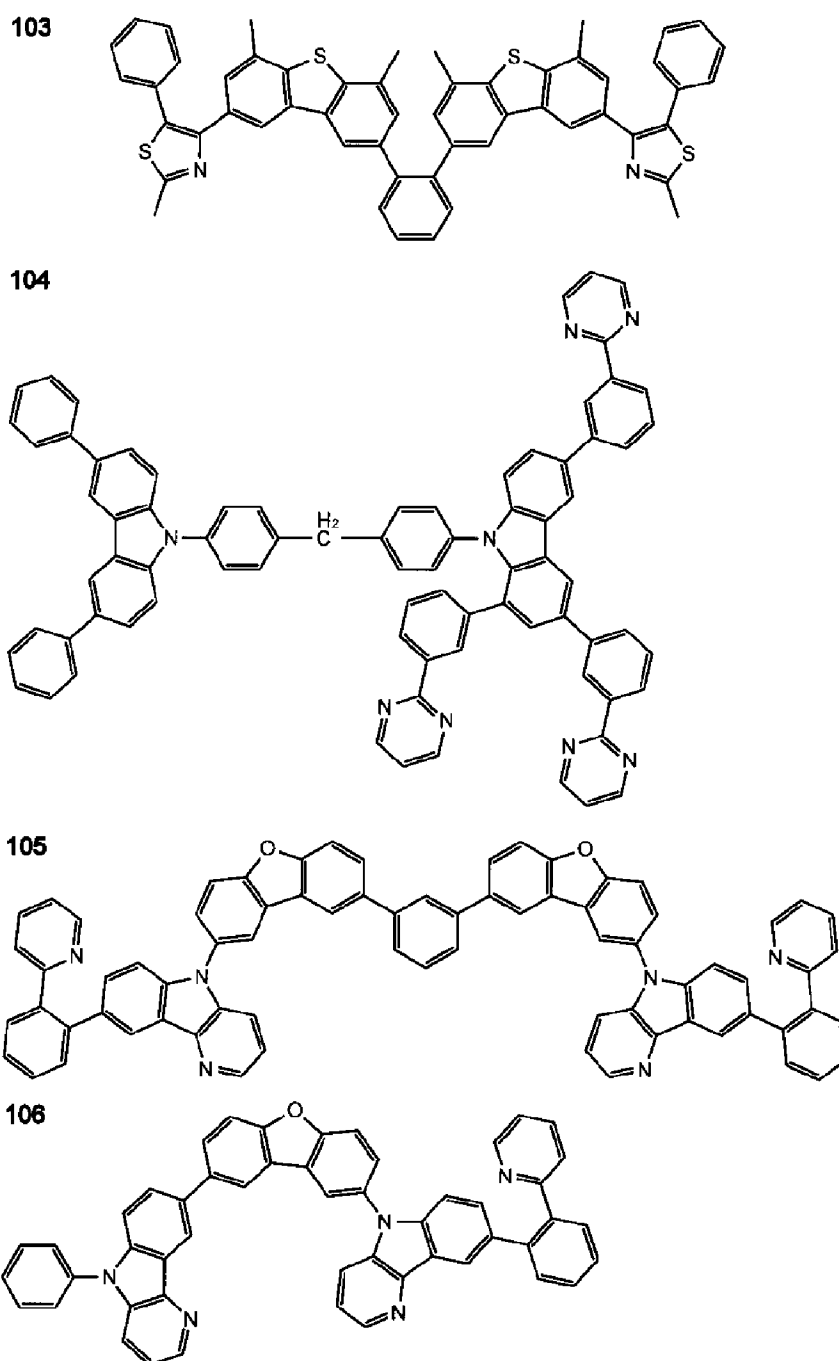


102



[0142]

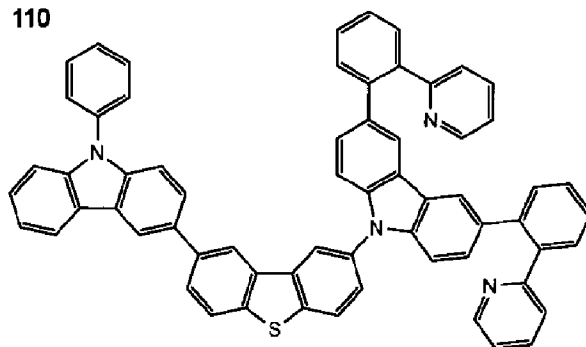
[化45]



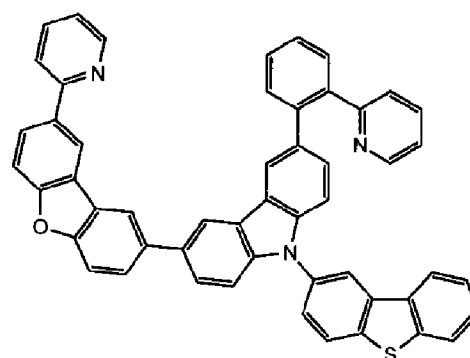
[0143]

[化47]

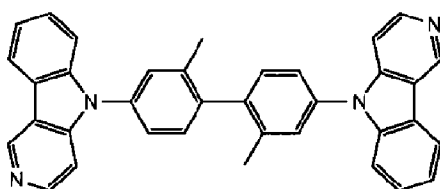
110



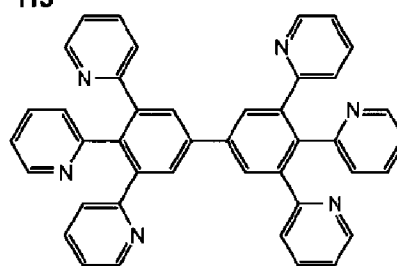
111



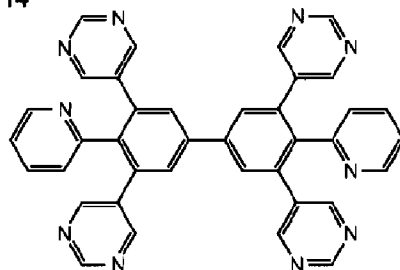
112



113



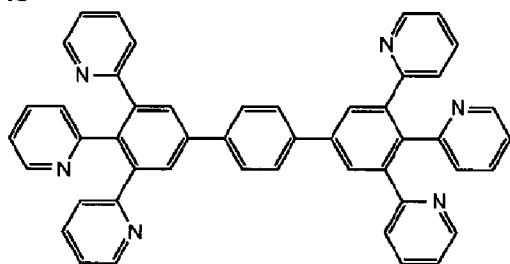
114



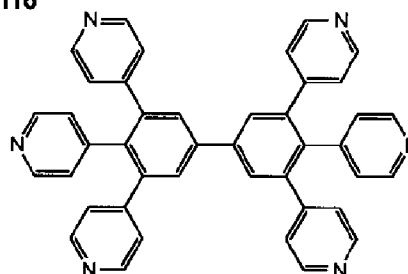
[0145]

[化48]

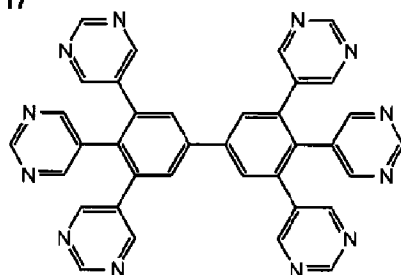
115



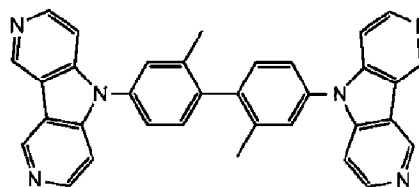
116



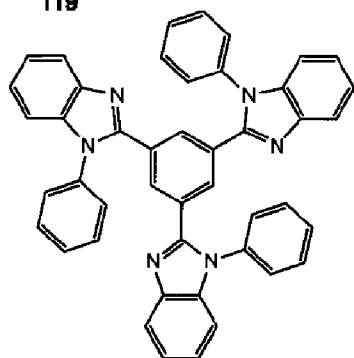
117



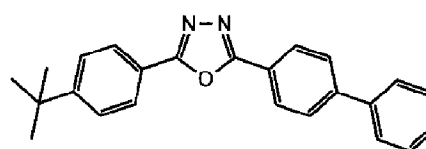
118



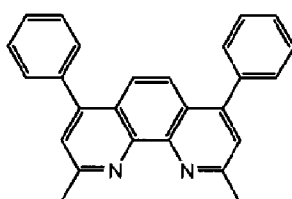
119



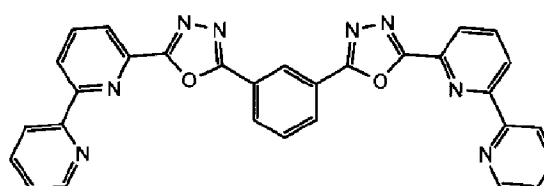
120



121

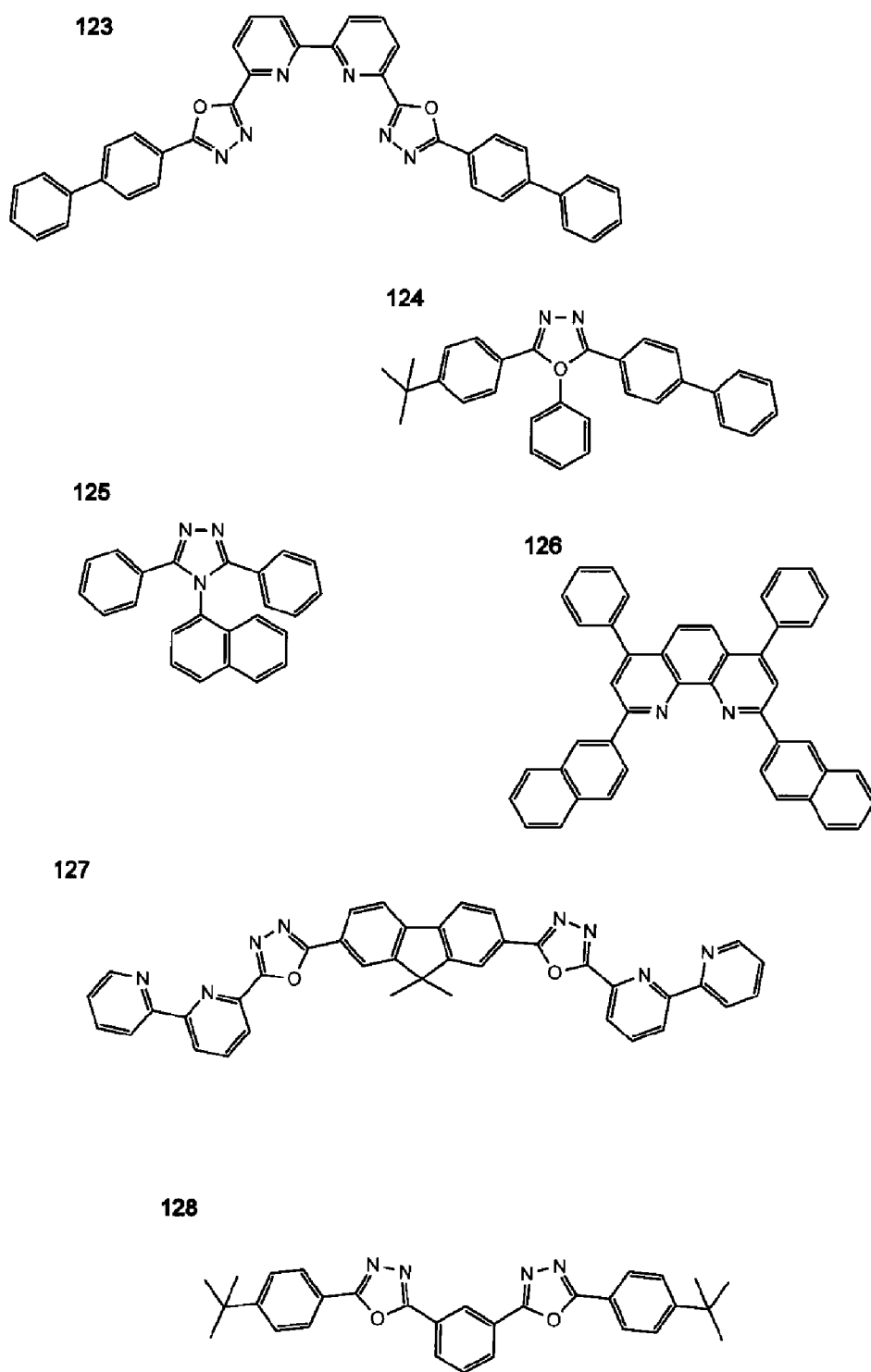


122



[0146]

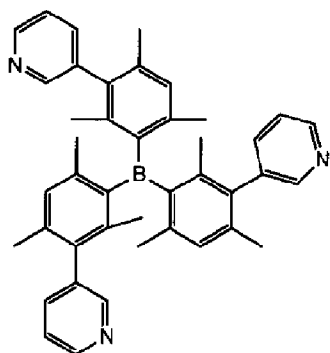
[化49]



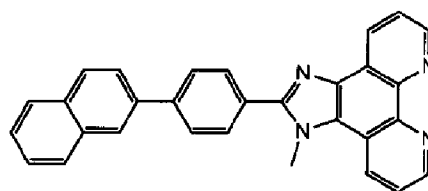
[0147]

[化50]

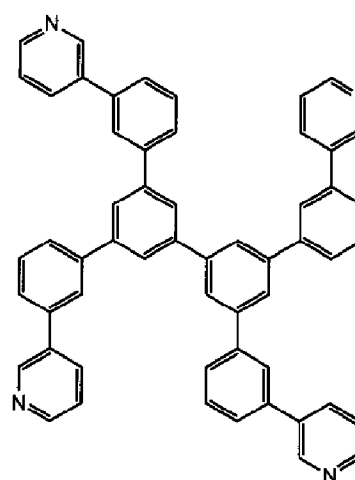
129



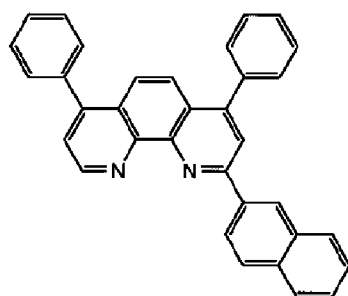
130



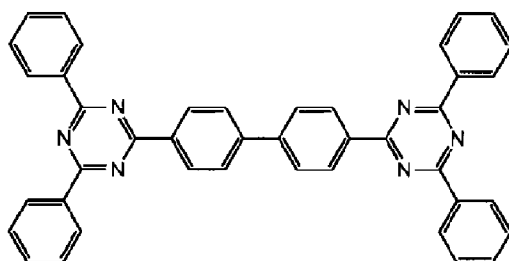
132



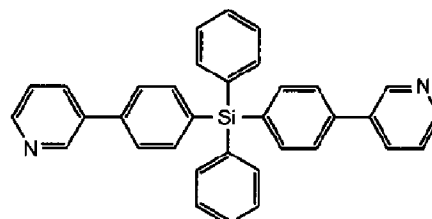
131



133



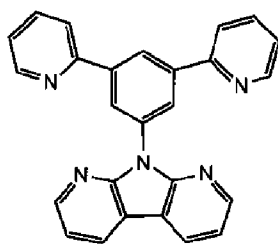
134



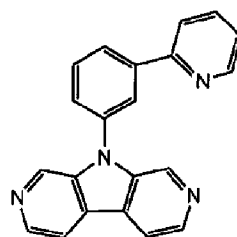
[0148]

[化51]

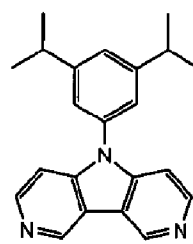
135



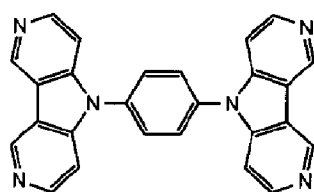
136



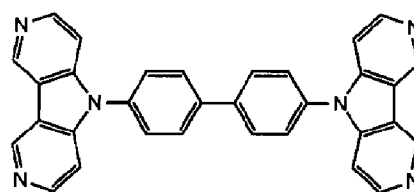
137



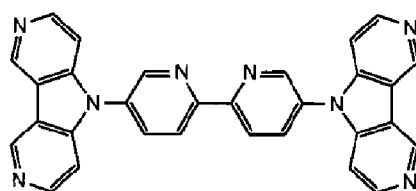
138



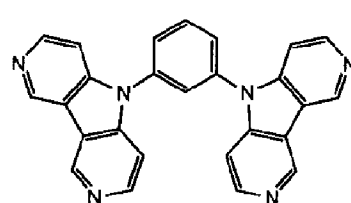
139



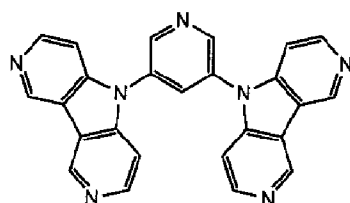
140



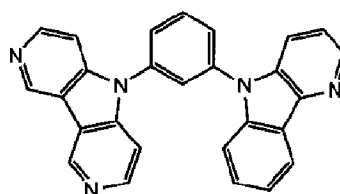
141



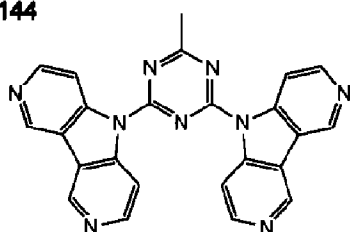
142



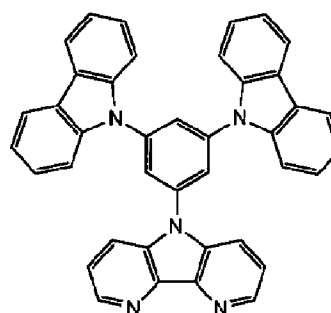
143



144



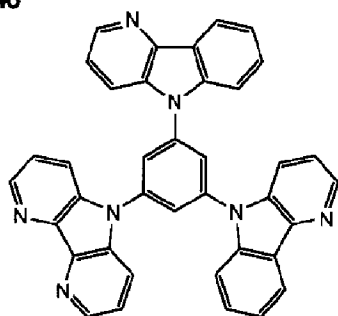
145



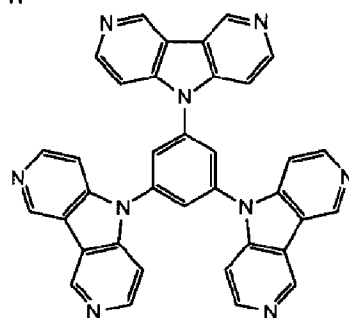
[0149]

[化52]

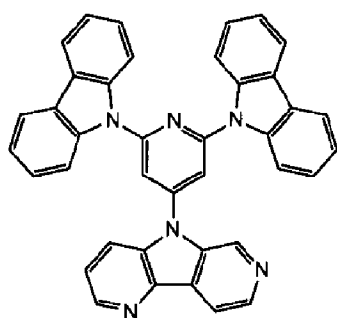
146



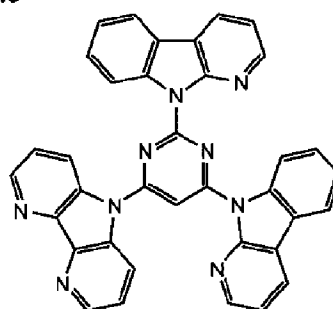
147



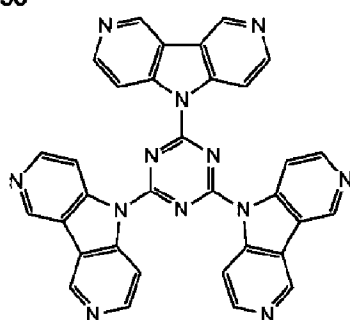
148



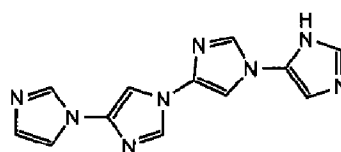
149



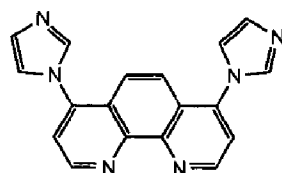
150



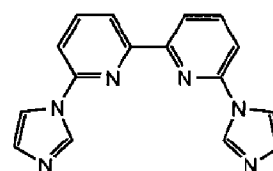
151



152



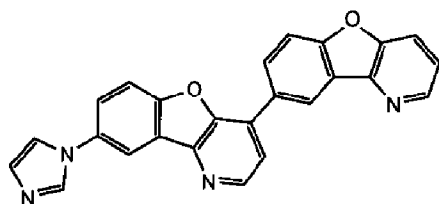
153



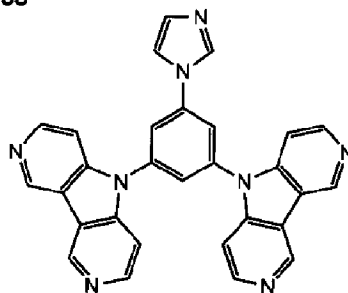
[0150]

[化53]

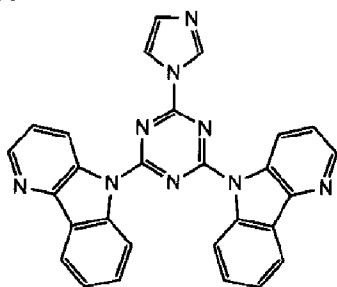
154



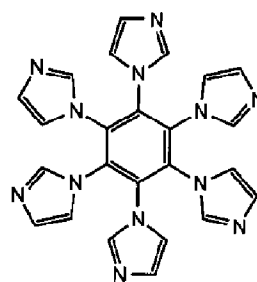
155



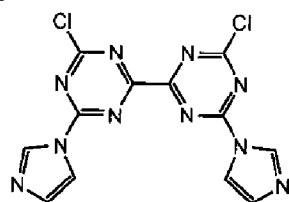
156



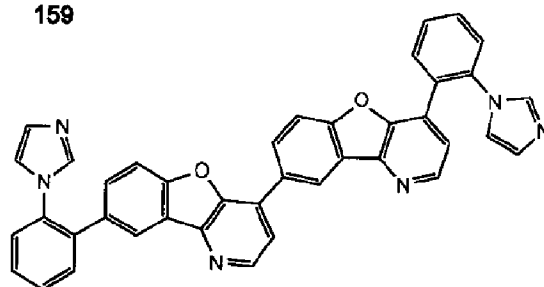
157



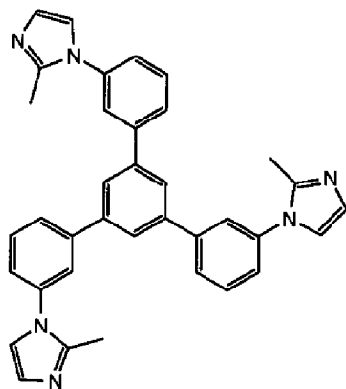
158



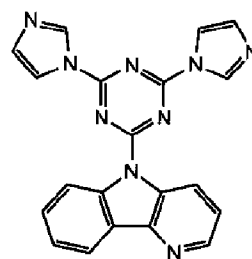
159



160



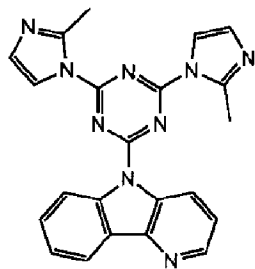
161



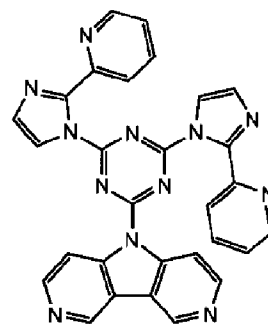
[0151]

[化54]

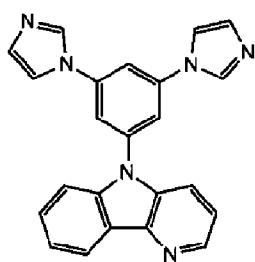
162



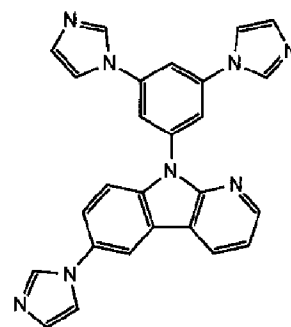
163



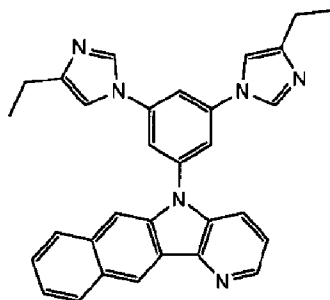
164



165



166



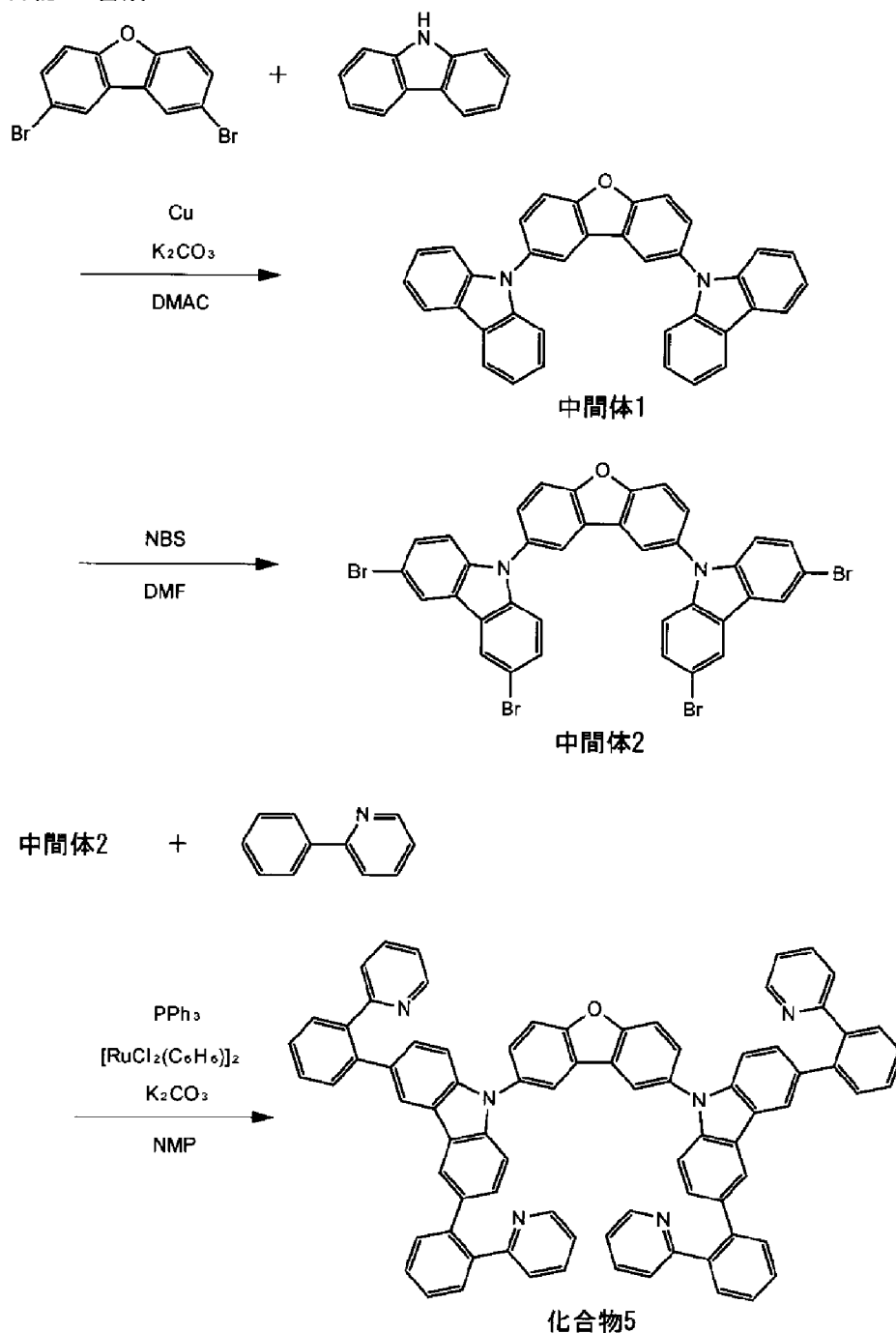
[0152] [窒素含有化合物の合成例]

以下に代表的な化合物の合成例として、化合物5の具体的な合成例を示すが、これに限定されない。

[0153]

[化55]

化合物5の合成



[0154] 工程 1 : (中間体 1 の合成)

窒素雰囲気下、2, 8-ジブロモジベンゾフラン (1. 0 モル)、カルバゾール (2. 0 モル)、銅粉末 (3. 0 モル)、炭酸カリウム (1. 5 モル)

）を、DMAc（ジメチルアセトアミド）300ml中で混合し、130℃で24時間攪拌した。これによって得た反応液を室温まで冷却後、トルエン1Lを加え、蒸留水で3回洗浄し、減圧雰囲気下において洗浄物から溶媒を留去し、その残渣をシリカゲルフラッシュクロマトグラフィー（n-ヘプタン：トルエン=4：1～3：1）にて精製し、中間体1を収率85%で得た。

[0155] 工程2：（中間体2の合成）

室温、大気下で中間体1（0.5モル）をDMF（ジメチルホルムアミド）100mlに溶解し、NBS（N-ブロモコハク酸イミド）（2.0モル）を加え、一晩室温で攪拌した。得られた沈殿を濾過し、メタノールで洗浄し、中間体2を収率92%で得た。

[0156] 工程3：（化合物5の合成）

窒素雰囲気下、中間体2（0.25モル）、2-フェニルピリジン（1.0モル）、ルテニウム錯体 $[(\eta^6-C_6H_6)RuCl_2]_2$ （0.05モル）、トリフェニルホスフィン（0.2モル）、炭酸カリウム（12モル）を、NMP（N-メチル-2-ピロリドン）3L中で混合し、140℃で一晩攪拌した。

[0157] 反応液を室温まで冷却後、ジクロロメタン5Lを加え、反応液を濾過した。次いで減圧雰囲気下（800Pa、80℃）において濾液から溶媒を留去し、その残渣をシリカゲルフラッシュクロマトグラフィー（CH₂Cl₂：Et₃N=20：1～10：1）にて精製した。

[0158] 減圧雰囲気下において、精製物から溶媒を留去した後、その残渣をジクロロメタンに再び溶解し、水で3回洗浄した。洗浄によって得られた物質を無水硫酸マグネシウムで乾燥させ、減圧雰囲気下において乾燥後の物質から溶媒を留去することにより、化合物5を収率68%で得た。

[0159] [硫黄含有化合物]

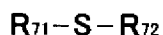
有機化合物層12を構成する硫黄含有化合物としては、分子内にスルフィド結合（チオエーテル結合ともいう）、ジスルフィド結合、メルカプト基、

スルホン基、チオカルボニル結合等を有していればよく、特に、スルフィド結合、メルカプト基を有することが好ましい。

[0160] 具体的には、下記一般式（９）～一般式（１２）で表される構造を有する硫黄含有化合物を挙げることができる。

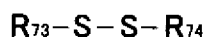
[0161] [化56]

一般式(9)



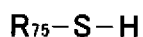
[0162] [化57]

一般式(10)



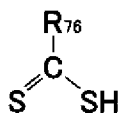
[0163] [化58]

一般式(11)



[0164] [化59]

一般式(12)



[0165] 上記一般式（９）において、 R_{71} 及び R_{72} は、各々置換基を表す。

[0166] R_{71} 及び R_{72} で表される置換基としては、アルキル基、シクロアルキル基、アルケニル基、アルキニル基、芳香族炭化水素基、芳香族複素環基、複素環基、アルコキシ基、シクロアルコキシ基、アリールオキシ基等が挙げられ

る。

[0167] 上記一般式 (10) において、 R_{73} 及び R_{74} は、置換基を表す。

R_{73} 及び R_{74} で表される置換基としては、 R_{71} 及び R_{72} と同様の置換基が挙げられる。

[0168] 上記一般式 (11) において、 R_{75} は、置換基を表す。

R_{75} で表される置換基としては、 R_{71} 及び R_{72} と同様の置換基が挙げられる。

[0169] 上記一般式 (12) において、 R_{76} は、置換基を表す。

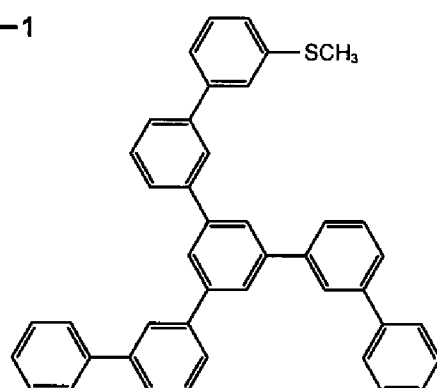
R_{76} で表される置換基としては、 R_{71} 及び R_{72} と同様の置換基が挙げられる。

[0170] 以下に、有機化合物層 12 に適用可能な硫黄含有化合物の具体例を示す。

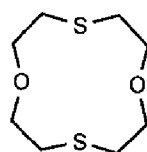
[0171]

[化60]

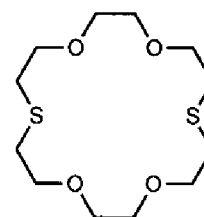
1-1



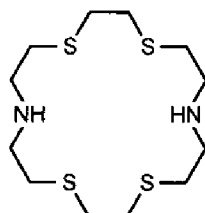
1-2



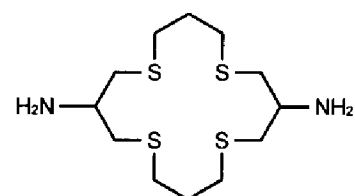
1-3



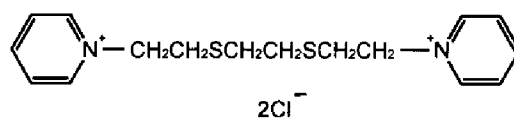
1-4



1-5



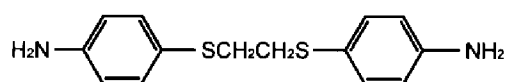
1-6



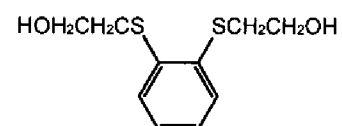
1-7



1-8



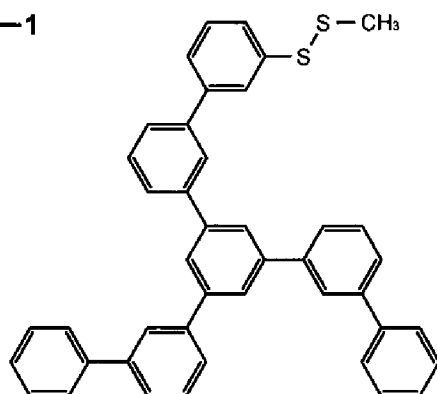
1-9



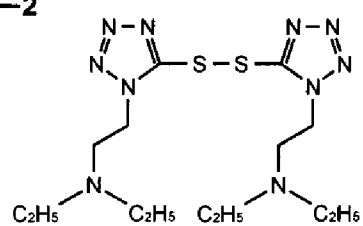
[0172]

[化61]

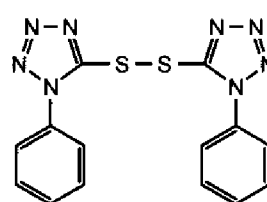
2-1



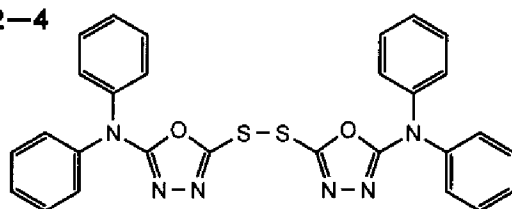
2-2



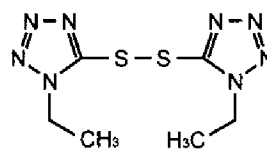
2-3



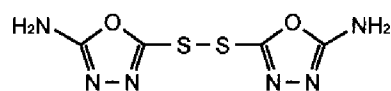
2-4



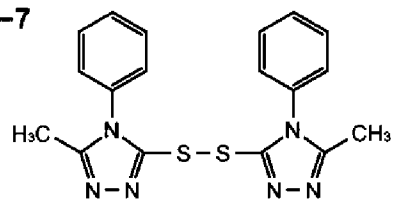
2-5



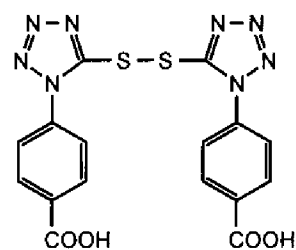
2-6



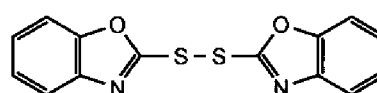
2-7



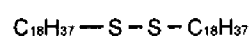
2-8



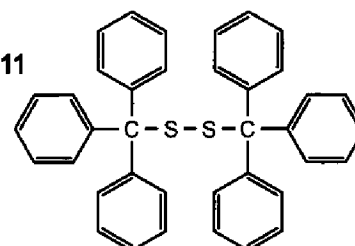
2-9



2-10

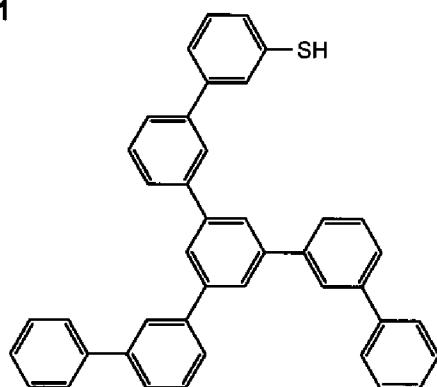
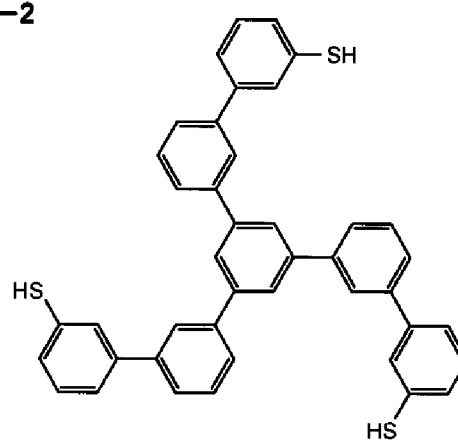
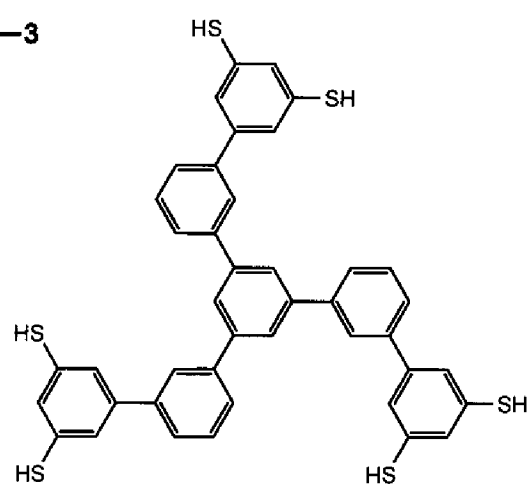


2-11



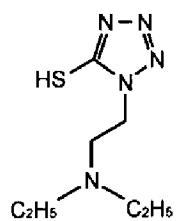
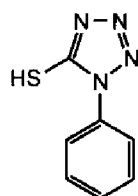
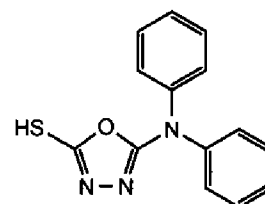
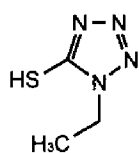
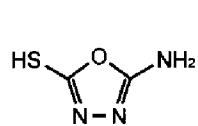
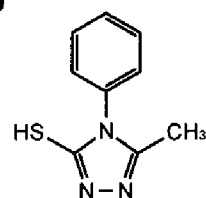
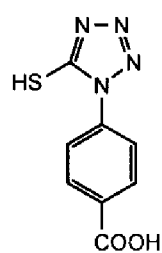
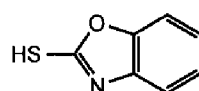
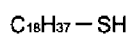
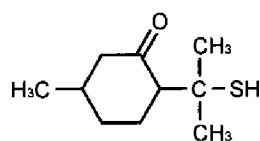
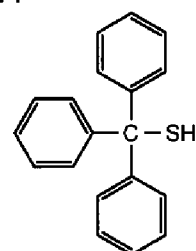
[0173]

[化62]

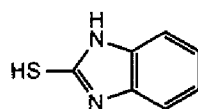
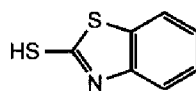
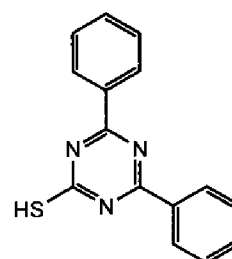
3-1**3-2****3-3**

[0174]

[化63]

3-4**3-5****3-6****3-7****3-8****3-9****3-10****3-11****3-12****3-13****3-14**

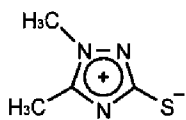
[0175] [化64]

3-15**3-16****3-17**

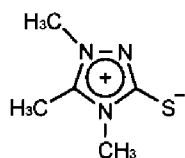
[0176]

[化65]

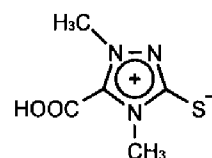
3-18



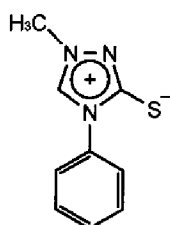
3-19



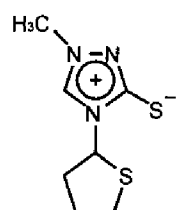
3-20



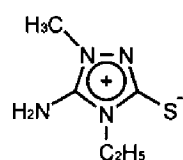
3-21



3-22

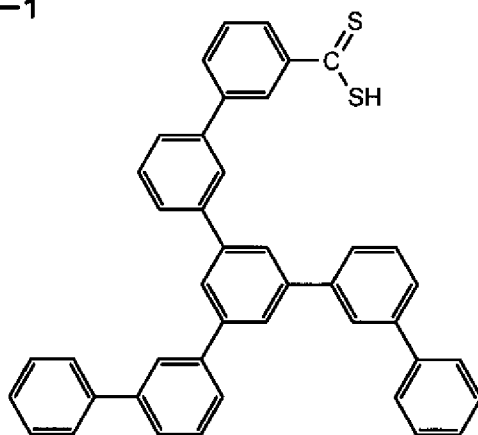


3-23



[0177] [化66]

4-1



[0178] (有機化合物層の形成方法)

以上のような有機化合物層 1 2 の形成方法としては、塗布法、インクジェット法、コーティング法、ディップ法などのウェットプロセスを用いる方法や、蒸着法（抵抗加熱、E B 法など）、スパッタ法、CVD 法などのドライプロセスを用いる方法などが挙げられる。なかでも蒸着法が好ましく適用される。

[0179] 特に、複数の化合物を用いて有機化合物層 1 2 を形成する場合であれば、複数の蒸着源から複数の化合物を同時に供給する共蒸着が適用される。また化合物として高分子材料を用いる場合であれば、塗布法が好ましく適用され

る。この場合、化合物を溶媒に溶解させた塗布液を用いる。化合物を溶解させる溶媒が限定されることはない。さらに、複数の化合物を用いて有機化合物層 1 2 を形成する場合であれば、複数の化合物を溶解させることが可能な溶媒を用いて塗布液を作製すればよい。

[0180] [導電層]

導電層 1 5 は、導電層 1 5 を主として構成する銀 (A g) を主成分とする金属層 1 4 と、この金属層 1 4 に隣接して設けられたモリブデン (M o) を含むモリブデン含有層 1 3 とから構成される。

[0181] 導電層 1 5 による光の吸収は、金属固有の吸収（以下、固有吸収）と、主に導電層 1 5 の表面形状に起因するプラズモン吸収の 2 つの吸収の総計で決まる。固有吸収は導電層 1 5 が薄いほど小さく、プラズモン吸収は表面が平滑なほど小さいため、導電層 1 5 ができるだけ薄く、表面が平滑であることが、導電層 1 5 による光の吸収を小さくする上で有効である。

[0182] 導電層 1 5 のプラズモン吸収率は、波長 4 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の全範囲で 2 0 % 以下であることが好ましい。さらに、導電層 1 5 のプラズモン吸収率は、1 5 % 以下であることが好ましく、7 % 以下であることがより好ましく、さらに好ましくは 5 % 以下である。上記波長におけるプラズモン吸収率が大きいと、導電層 1 5 の光の透過率が低くなる。また、波長 4 0 0 n m ~ 8 0 0 n m の一部にプラズモン吸収率が大きい領域があると導電層 1 5 を透過した光が着色されやすくなる。

[0183] [モリブデン含有層]

モリブデン含有層 1 3 は、金属層 1 4 に隣接して設けられたモリブデン (M o) を含む層である。また、本例では、モリブデン含有層 1 3 は、有機化合物層 1 2 上に直接形成されている層である。

[0184] 一般的に、基材上に A g を主成分とする金属層 1 4 を形成する場合、基材に付着した A g 原子が表面拡散しながら、ある大きさの塊（核）を生成する。そして、この塊（核）の周囲に沿うように、初期の薄膜成長が進む。このため、形成初期の膜では、塊同士の間隙があり、導通しない。この状態

からさらに塊が成長し、厚みが $15\text{ }\mu\text{m}$ 程度になると、塊同士の一部が繋がり、かろうじて導通する。しかし、膜の表面がいまだ平滑ではなく、プラズモン吸収が生じやすい。

[0185] これに対し、予め有機化合物層12と、有機化合物層12上にモリブデン(Mo)の成長核を形成すると、金属層14を構成するAg等の金属材料が、有機化合物層12やモリブデン含有層13上を移動し難くなる。

また、Moは、成長核同士の間隔を、Ag原子が表面拡散して形成される塊同士の間隔よりも狭くすることができる。従って、このMoの成長核を起点としてAg層が成長すると、厚みが薄くても平坦な層となりやすい。つまり、厚みが薄くても導通が得られ、さらにプラズモン吸収の生じ難い金属層14を形成することができる。

[0186] 上述の成長核は、有機化合物層12上を表面拡散し難い金属で形成する。このような金属としては、上述のモリブデン(Mo)単体、モリブデン酸化物(MoO_2 , MoO_3)、及び、モリブデン(Mo)を主成分として含む材料を用いることができる。例えば、モリブデン(Mo)に、金、白金、パラジウム、コバルト、ニッケル、チタン、アルミニウム、クロム、ニッケル等を含む合金を用いてもよい。

[0187] モリブデン含有層13は、有機化合物層12上で表面拡散し難く、かつ金属層14を構成するAgを主成分とする材料と、親和性が高い必要がある。また、緻密で細かい成長核が得られることが好ましい。例えば、イオンアシスト蒸着(IAAD: Ion Assisted Deposition)等の、アシストを用いて成長する層を細かく碎きながら形成することで、所望の層(成長核)を得ることができる。

[0188] モリブデン含有層13の平均厚みは 3 nm 以下であることが好ましく、より好ましくは 0.1 nm 以下、さらに好ましくは単原子層である。モリブデン含有層13の平均厚みは、形成速度及び形成時間により調整する。

[0189] また、モリブデン含有層13は、連続した均質な膜でもよく、Moを含む金属原子が配置されていない欠陥や空孔が形成された非連続部がある膜や、

Moを含む金属原子が互いに離間して分散された状態で付着している、いわゆる島状構造であってよい。好ましくは、Moを含む金属原子が互いに離間して付着している状態である。

さらに、モリブデン含有層13のみによる単独層として形成されていてもよく、モリブデン含有層13上に形成される金属層14のAgを主成分とする材料と混在した層となってもよい。

[0190] モリブデン含有層13は、厚み3nm以下でMo成長核を、スパッタ法又は蒸着法を用いて形成することができる。或いは、十分な厚さのモリブデン含有層13を形成し、この層をドライエッチングして、厚み3nm以下のMo成長核を残存させる方法により形成することができる。

[0191] スパッタ法としては、例えば、イオンビームスパッタ法や、マグネトロンスパッタ法、反応性スパッタ法、2極スパッタ法、バイアスパッタ法等を用いることができる。スパッタ時間は、形成するMo成長核の平均厚み、及び、形成速度に合わせて適宜選択する。スパッタ形成速度は、好ましくは0.1～15Å/秒であり、より好ましくは0.1～7Å/秒である。

[0192] 一方、蒸着法としては、例えば、真空蒸着法、電子線蒸着法、イオンプレーティング法、イオンビーム蒸着法等を用いることができる。蒸着時間は、形成するMo層（成長核）及び、形成速度に合わせて適宜選択される。蒸着速度は、好ましくは0.1～15Å/秒であり、より好ましくは0.1～7Å/秒である。

[0193] また、有機化合物層12上に十分な厚さのモリブデン含有層13を形成した後、この層を所望の厚みまでドライエッチングする方法では、モリブデン含有層13の形成方法は特に制限されない。例えば、真空蒸着法、スパッタ法、イオンプレーティング法、プラズマCVD法、熱CVD法等の気相成膜法や、メッキ法等の湿式成膜法を用いることができる。形成するMoを含む層の平均厚みは3～15nmであることが好ましく、より好ましくは5～10nmである。Moを含む層の平均厚みが3nm未満であると、金属の量が少なく、十分な成長核が得られない恐れがある。

[0194] モリブデン含有層 1 3 のドライエッチング方法としては、エッチングガスやイオン、ラジカル等の物理的な衝突を伴うエッチング方法をいい、化学的な反応のみによってエッチングを行う反応性ガスエッチング等は含まない。このような物理的な衝突を伴うエッチング方法であれば特に制限されず、例えば、イオンビームエッチング、逆スパッタエッチング、プラズマエッチング等を用いることができる。

特にエッチング後のモリブデン含有層 1 3 (Mo 成長核) に所望の凹凸を形成しやすいとの観点から、イオンビームエッチングが特に好ましい。

[0195] モリブデン含有層 1 3 (Mo 成長核) が厚すぎると、成長核を形成しても、薄くかつ平滑な金属層 1 4 が得られ難い。さらに、このモリブデン含有層 1 3 の成長核を起点に形成される金属層 1 4 が厚くなる。モリブデン含有層 1 3 の成長核の平均厚みは、Mo を含む層の厚みと、Mo を含む層のエッチング厚みとの差から求める。Mo を含む層のエッチング厚みは、エッチングレートとエッチング時間との積である。エッチングレートは、別途ガラス基板上に作製した厚み 50 nm の Mo を含む層を同条件でエッチングし、エッチング後の光の透過率がガラス基板と同等になる (大凡厚み 0 nm) までの時間から求める。モリブデン含有層 1 3 (Mo 成長核) の平均厚みは、ドライエッチングする時間で調整する。

[0196] [金属層]

金属層 1 4 は、モリブデン含有層 1 3 に隣接して形成された、銀又は銀を主成分とした合金を用いて構成された層である。

金属層 1 4 を構成する銀 (Ag) を主成分とする合金としては、銀を 50 質量%以上含む合金であることが好ましい。金属層 1 4 を構成する銀 (Ag) を主成分とする合金は、一例として、銀マグネシウム (AgMg)、銀銅 (AgCu)、銀パラジウム (AgPd)、銀パラジウム銅 (AgPdCu)、銀インジウム (AgIn)、銀アルミニウム (AgAl) 等が挙げられる。

[0197] 以上のような金属層 1 4 は、銀又は銀を主成分とした合金の層が、必要に

応じて複数の層に分けて積層された構成であってもよい。

[0198] このような金属層 14 の形成方法としては、塗布法、インクジェット法、コーティング法、ディップ法等のウェットプロセスを用いる方法や、蒸着法（抵抗加熱、E B 法等）、スパッタ法、CVD 法等のドライプロセスを用いる方法等が挙げられる。なかでも蒸着法が好ましく適用される。また、金属層 14 は、モリブデン含有層 13 上に形成されることにより、形成後の高温アニール処理等がなくても十分な導電性を有することを特徴とするが、必要に応じて、形成後に高温アニール処理等が行われていてもよい。

[0199] 金属層 14 は、厚さが 3 ~ 15 nm の範囲にあることが好ましい。厚さが 15 nm 以下、特に 12 nm 以下であることにより、層の吸収成分又は反射成分が低く抑えられ、透明導電体 10 の光透過率が維持されるため好ましい。また、金属層 14 は、少なくとも厚さが 3 nm 以上あれば、透明導電体 10 の導電性が確保される。

[0200] さらに、透明導電体 10 の光透過性を阻害しないために、金属層 14 とモリブデン含有層 13 との合計の厚さが、15 nm 以下となるように金属層 14 の厚さを設定することが好ましく、特に合計の厚さを 12 nm 以下とすることが好ましい。金属層 14 とモリブデン含有層 13 との合計の厚さが 15 nm 以下では、層の吸収成分及び反射成分が低く抑えられ、透明導電体 10 の光透過率が維持されるため好ましい。さらに、金属層 14 とモリブデン含有層 13 との合計の厚さを 12 nm 以下とすることにより、透明導電体 10 の光透過性がさらに向上する。

[0201] なお、以上のような、モリブデン含有層 13、及びモリブデン含有層 13 に隣接して設けられた金属層 14 からなる導電層 15 は、金属層 14 の上部が保護膜で覆われていてもよく、別の導電性層が積層されていてもよい。この場合、透明導電体 10 の光透過性を損なうことのないように、保護膜及び導電性層が光透過性を有することが好ましい。

[0202] [透明導電体の効果]

以上のように構成された透明導電体 10 は、窒素原子を含有する化合物を

用いて構成された有機化合物層 12 に隣接させて、モリブデン含有層 13 と銀を主成分とした金属層 14 とからなる導電層 15 を設けた構成である。この構成によれば、モリブデン含有層 13 を成長核として銀を主成分とする金属層 14 が形成されるため、Mo 原子と Ag 原子との相互作用により、形成面での銀原子の拡散距離が減少し、銀の凝集が抑えられる。

さらに、モリブデン含有層 13 と金属層 14 とを、有機化合物層 12 に隣接させて形成することにより、Mo 原子や Ag 原子と、有機化合物層 12 を構成する窒素原子を含んだ化合物との相互作用により、有機化合物層 12 表面での Mo 原子や Ag 原子の拡散距離が減少し、凝集が抑えられる。

[0203] また特に、結合安定性の指標として、上述の有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が $2.0 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ となる化合物を用いて有機化合物層 12 を構成することで、上述のモリブデンや銀の凝集を抑える効果が顕著になる。

[0204] つまり、上記有機化合物層 12 及びモリブデン含有層 13 を用いることにより、一般的には核成長型 (Volumer-Weber : VW 型) での成長により島状に孤立し易い銀層が、単層成長型 (Frank-van der Merwe : FM 型) の成長によって形成される。このため、薄い厚さでありながら、均一な厚さの導電層 15 が形成される。

従って、導電層 15 による光の吸収を抑制して光透過性を確保し、さらに、導電性を確保することが可能な透明導電体 10 を構成することができる。

[0205] 〈2. 透明導電体 (第 2 実施形態)〉

次に、本発明の第 2 実施形態について説明する。図 7 に、第 2 実施形態の透明導電体の概略構成図 (断面図) を示す。図 7 に示すように、第 2 実施形態の透明導電体 20 は、基材 11 と有機化合物層 12 との間に、アドミッタンス調整層 21 を備えることのみが、図 1 に示す第 1 実施形態の透明導電体 10 と異なる。以下、第 1 実施形態と同様の構成要素についての重複する詳細な説明は省略し、第 2 実施形態の透明導電体 20 の構成を説明する。

[0206] [透明導電体の構成]

図 7 に示すように、透明導電体 20 は、アドミッタンス調整層 21 と、有機化合物層 12 と、導電層 15 とを備える。また、この透明導電体 20 が、基材 11 上に設けられている。

導電層 15 は、銀を主成分とする金属層 14 と、金属層 14 に隣接する位置に形成されたモリブデン含有層 13 とからなる。モリブデン含有層 13 が、金属層 14 と有機化合物層 12 とに挟持された構成である。

また、有機化合物層 12 において、導電層 15 が形成されている面と、反対側の面にアドミッタンス調整層 21 が設けられている。

アドミッタンス調整層 21 は、有機化合物層 12 と基材 11 との間に設けられ、基材 11 上に直接形成されている。

つまり、透明導電体 20 は、基材 11 上に、アドミッタンス調整層 21、有機化合物層 12、モリブデン含有層 13 と金属層 14 とからなる導電層 15 が、この順に積層された構成である。

[0207] 第 2 実施形態の透明導電体 20 において、有機化合物層 12、導電層 15、並びに、導電層 15 を構成するモリブデン含有層 13 及び金属層 14 は、上述の第 1 実施形態と同様の構成である。また、基材 11 も上述の第 1 実施形態と同様の構成を用いることができる。

このため、基材 11、有機化合物層 12、及び、この上に形成される導電層 15、モリブデン含有層 13、金属層 14 の構成については、詳細な説明を省略する。

[0208] [アドミッタンス調整層]

アドミッタンス調整層 21 は、透明導電体 20 の反射率や透過率等の光学特性、特に、導電層 15 の反射率を調整するために設けられる層である。アドミッタンス調整層 21 による透明導電体 20 のアドミッタンス調整に関しては、後述する。

[0209] アドミッタンス調整層 21 は、誘電性材料又は酸化物半導体材料を含む層であることが好ましい。アドミッタンス調整層 21 を構成する材料は、金属酸化物又は金属硫化物であることが好ましい。金属酸化物又は金属硫化物の

例には、酸化チタン (TiO_2 : $n=2.1 \sim 2.4$)、酸化インジウムスズ (ITO : $n=1.9 \sim 2.2$)、酸化亜鉛 (ZnO : $n=1.9 \sim 2.0$)、硫化亜鉛 (ZnS : $n=2.0 \sim 2.2$)、酸化ニオブ (Nb_2O_5 : $n=2.2 \sim 2.4$)、酸化ジルコニウム (ZrO_2 : $n=2.0 \sim 2.1$)、酸化セリウム (CeO_2 : $n=1.9 \sim 2.2$)、五酸化タンタル (Ta_2O_5 : $n=1.9 \sim 2.2$)、酸化錫 (SnO_2 : $n=1.8 \sim 2.0$) 等が含まれ、屈折率や生産性の観点から TiO_2 、 Nb_2O_5 であることが好ましい。アドミッタンス調整層 21 には、誘電性材料又は酸化物半導体材料が 1 種のみ含まれてもよく、2 種以上が含まれてもよい。

[0210] アドミッタンス調整層 21 は、有機化合物層 12 及び導電層 15 の設けられている側と反対側でアドミッタンス調整層 21 が接する層よりも高い屈折率を有することが好ましい。本例であれば、アドミッタンス調整層 21 は、透明導電体 20 が設けられている基材 11 よりも高い屈折率を有することが好ましい。

[0211] また、アドミッタンス調整層 21 の屈折率は、1.8 以上であることが好ましく、より好ましくは 2.1 以上 2.5 以下である。後述するように、アドミッタンス調整層 21 の屈折率が 1.8 より高いと、透明導電体 20 の光透過性が高まりやすい。また、アドミッタンス調整層 21 の屈折率は、基材 11 の屈折率よりも、0.1 ~ 1.1 以上大きいことが好ましく、0.4 ~ 1.0 以上大きいことがより好ましい。アドミッタンス調整層 21 の屈折率は、波長 510 nm の光の屈折率であり、エリプソメーターで測定される。アドミッタンス調整層 21 の屈折率は、アドミッタンス調整層 21 を構成する材料や、アドミッタンス調整層 21 中の材料の密度等によって調整される。

[0212] アドミッタンス調整層 21 の厚みは、10 ~ 150 nm であることが好ましく、より好ましくは 20 ~ 80 nm である。アドミッタンス調整層 21 の厚みが 10 nm 未満であると、透明導電体 20 の光透過性を十分に高めることが難しい。一方、アドミッタンス調整層 21 の厚みが 150 nm を超える

と、透明導電体 20 の透明性（反射防止性）が高まらない。アドミッタンス調整層 21 の厚みは、エリプソメーターで測定される。

[0213] アドミッタンス調整層 21 の形成には、真空蒸着法、スパッタ法、イオンプレーティング法、プラズマ CVD 法、熱 CVD 法等、一般的な気相成膜法を用いることができる。アドミッタンス調整層 21 の屈折率（密度）が高まるとの観点から、電子ビーム蒸着法又はスパッタ法を用いることが好ましい。電子ビーム蒸着法の場合は膜密度を高めるため、IAD 等のアシストを備えることが好ましい。

[0214] [透明導電体の光学アドミッタンスについて]

次に、透明導電体 20 の光学アドミッタンスについて説明する。透明導電体 20 のアドミッタンス調整層 21 は、導電層 15 の固有吸収と反射率を調整する機能を有する。

[0215] ここで、透明導電体 20 の表面の反射率 R は、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 と、透明導電体 20 表面の等価アドミッタンス Y_E とから定まり、これらの関係は以下の式で表される。

[0216] [数1]

$$R = \left(\frac{y_0 - Y_E}{y_0 + Y_E} \right)^2$$

[0217] 上記の式に基づけば、 $|y_0 - Y_E|$ が 0 に近い程、反射率 R が低くなる。ここで、例えば、光が入射する媒質が空気であるとする、空気の光学アドミッタンス y_0 は 1 であることから、等価アドミッタンス Y_E が 1 に近ければ近いほど、透明導電体 20 の反射率 R が低くなる。

また、別の例として、透明導電体 20 の上に有機 EL 層を積層した場合、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 は、有機 EL 層を構成する材料の屈折率で決まる値となる。例えば、有機 EL 層として、透明導電体 20 の上に屈折率 1.8 の有機材料を積層した構成の場合、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 は 1.8 となる。このため、等価アドミッタンス Y_E が 1

・ 8 に近ければ近いほど、透明導電体 20 の反射率 R が低くなる。

[0218] 光学アドミッタンス Y は、電場強度と磁場強度との比 (H/E) から求められ、通常屈折率と同一である。等価アドミッタンス Y_E は、透明導電体 20 を構成する各層の光学アドミッタンス Y から求められる。例えば、透明導電体 20 が一層からなる場合には、透明導電体 20 の等価アドミッタンス Y_E は、当該層の光学アドミッタンス Y と等しくなる。

[0219] 一方、透明導電体 20 が積層体である場合、1 層目から x 層目までの積層体の光学アドミッタンス Y_x (E_x H_x) は、1 層目から (x-1) 層目までの積層体の光学アドミッタンス Y_{x-1} (E_{x-1} H_{x-1}) と、特定のマトリクスとの積で表され、具体的には以下の式 (1) 又は式 (2) にて求められる。

[0220] ・ x 層目が誘電性材料又は酸化物半導体材料からなる層である場合

[0221] [数2]

$$\begin{pmatrix} E_x \\ H_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos \delta & \frac{i \sin \delta}{y} \\ iy \sin \delta & \cos \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{x-1} \\ H_{x-1} \end{pmatrix} \quad (1)$$

[0222] 上記式において、 $\delta = 2\pi n d / \lambda$ であり、 $y = n$ (x 層目の膜のアドミッタンス)、 d は x 層目の膜の厚みである。

[0223] ・ x 層目が理想金属層である場合

[0224] [数3]

$$\begin{pmatrix} E_x \\ H_x \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cosh \gamma & \frac{i \sinh \gamma}{k} \\ -ik \sinh \gamma & \cosh \gamma \end{pmatrix} \begin{pmatrix} E_{x-1} \\ H_{x-1} \end{pmatrix} \quad (2)$$

[0225] 上記式において、 $\gamma = 2\pi k d / \lambda$ 、 d は x 層目の膜の厚み、 k は膜の屈折率 (虚部) である。

[0226] そして、x 層目が最表層であるときの、透明支持材から最表層までの積層物の光学アドミッタンス Y_x (E_x H_x) が、当該透明導電体 20 の等価ア

ドミッタンス Y_E となる。

[0227] ここで、図8に基材11上に直接導電層15を形成した場合における、波長570nmのアドミッタンス軌跡を示す。また、図9に、基材11上にアドミッタンス調整層21と有機化合物層12を介して導電層15を形成した場合における、波長570nmのアドミッタンス軌跡を示す。

[0228] 図8においては、導電層15の基材11側の界面の波長570nmの光学アドミッタンスを、 $Y_1 = x_1 + i y_1$ とする。一方、図9においては、導電層15のアドミッタンス調整層21側（有機化合物層12側）の波長570nmの光学アドミッタンスを、 $Y_1 = x_1 + i y_1$ とする。

さらに、図8及び図9において、導電層15の上記 Y_1 と反対側の界面の波長570nmの光学アドミッタンスを、 $Y_2 = x_2 + i y_2$ とする。この Y_2 が、透明導電体20の等価アドミッタンス Y_E に相当する。なお、上記 Y_1 と反対側の界面とは、図8においては導電層15の基材11と反対側の界面、図9においては導電層15のアドミッタンス調整層21側（有機化合物層12側）と反対側の界面である。

[0229] また、アドミッタンス軌跡を示すグラフにおいて、横軸（Re）は、光学アドミッタンス Y を、 $[Y = x + i y]$ と表わしたときの実部、つまり当該式における x である。また、縦軸（Im）は、光学アドミッタンスの虚部、つまり当該式における y である。

[0230] 図8に示すアドミッタンス軌跡では、アドミッタンス軌跡の始点の座標が、基材11の導電層15側の等価アドミッタンス Y_A であり、アドミッタンス座標（ x_A , y_A ）である。また、導電層15の基材11と反対側の界面の等価アドミッタンス Y_2 がアドミッタンス座標（ x_2 , y_2 ）である。

[0231] 図8では、基材11上に直接導電層15を形成した場合を示しているため、導電層15の基材11側の等価アドミッタンス Y_1 のアドミッタンス座標（ x_1 , y_1 ）は、導電層15と基材11との界面の等価アドミッタンス Y_A のアドミッタンス座標（ x_A , y_A ）に一致する。

そして、このアドミッタンス軌跡の始点は、基材11の表面であるため、

基材 1 1 側の等価アドミッタンス Y_1 が基材 1 1 の屈折率（例えば、 $n : 1.5$ ）に依存し、 Y_A と Y_1 のアドミッタンス座標 $(x_A, y_A) = (x_1, y_1) = (1.5, 0)$ となる。

[0232] 図 9 に示すアドミッタンス軌跡では、アドミッタンス軌跡の始点の座標が、基材 1 1 とアドミッタンス調整層 2 1 との界面の等価アドミッタンス Y_A であり、アドミッタンス座標 $(x_A, y_A) = (1.5, 0)$ となる。また、アドミッタンス調整層 2 1 と有機化合物層 1 2 との界面の等価アドミッタンス Y_B が、アドミッタンス座標 (x_B, y_B) で表される。

そして、導電層 1 5 と有機化合物層 1 2 との界面の等価アドミッタンス Y_1 が、アドミッタンス座標 (x_1, y_1) で表される。導電層 1 5 のアドミッタンス調整層 2 1 と反対側の界面の等価アドミッタンス Y_2 がアドミッタンス座標 (x_2, y_2) である。

[0233] 図 9 に示すアドミッタンス軌跡では、アドミッタンス調整層 2 1 を備えることにより、アドミッタンス軌跡がアドミッタンス座標 (x_A, y_A) から、アドミッタンス座標 (x_B, y_B) に移動する。つまり、アドミッタンス調整層 2 1 により、アドミッタンス軌跡が、横軸（実部）及び縦軸（虚部）の正方向に移動する。

さらに、有機化合物層 1 2 を備えることにより、アドミッタンス軌跡が、アドミッタンス座標 (x_B, y_B) から、導電層 1 5 のアドミッタンス座標 (x_1, y_1) に移動する。このアドミッタンス座標 (x_1, y_1) は、アドミッタンス調整層 2 1 側（有機化合物層 1 2 側）の導電層 1 5 の光学アドミッタンス Y_1 に相当する。

[0234] 図 8 及び図 9 において、アドミッタンス軌跡の終点の座標が、透明導電体 2 0 の等価アドミッタンス Y_E である。透明導電体 2 0 の等価アドミッタンス Y_E のアドミッタンス座標 (x_E, y_E) と、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) との距離が、透明導電体 2 0 表面の反射率 R に比例する。つまり、等価アドミッタンス Y_E の座標 (x_E, y_E) と、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 $(x$

x_0, y_0) との距離が近ければ近いほど、透明導電体 20 の反射率 R が小さくなる。

[0235] 上述のように、透明導電体 20 の等価アドミッタンス Y_E は、導電層 15 のアドミッタンス調整層 21 と反対側の界面の等価アドミッタンス Y_2 に等しい。従って、本例では、導電層 15 の等価アドミッタンス Y_2 のアドミッタンス座標 (x_2, y_2) と、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) との距離が近ければ近いほど、透明導電体 20 の反射率 R が小さくなる。

[0236] 例えば、光が入射する媒質が空気の場合には、空気の屈折率 ($n:1$) から、光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 $(x_0, y_0) = (1, 0)$ となる。また、有機 EL 素子のような有機層であれば、有機層の屈折率を例えば $n=1.8$ とした場合、光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 $(x_0, y_0) = (1.8, 0)$ となる。

従って、導電層 15 の等価アドミッタンス Y_2 のアドミッタンス座標 (x_2, y_2) が、光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 $(1, 0)$ や $(1.8, 0)$ に近づくほど、透明導電体 20 の反射率 R が小さくなる。

[0237] また、反射率 R と、等価アドミッタンス Y_E 、及び、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 との関係式に基づけば、等価アドミッタンス Y_E の座標 (x_E, y_E) が、光が入射する媒質のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) より右側にあると、反射率 R が小さくなりやすい。従って、等価アドミッタンス Y_E の x 座標 x_E 、つまり、導電層 15 の等価アドミッタンス Y_2 の x 座標 x_2 は、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 の x 座標 x_0 よりも大きいことが好ましい。

[0238] 本実施形態の透明導電体 20 では、導電層 15 の両主面の波長 570 nm における光学アドミッタンスを Y_1, Y_2 とする。そして、光学アドミッタンス $Y_1 = x_1 + i y_1$ とし、光学アドミッタンス $Y_2 = x_2 + i y_2$ とした場合に、 x_1 及び x_2 のうち、少なくともいずれか一方が 1.6 以上である。また、好ましくは x_1 及び x_2 の両方が 1.6 以上である。つまり、図 9 のアドミッ

タンス軌跡における $Y_1(x_1, y_1)$ 、及び、 $Y_2(x_2, y_2)$ の少なくともいずれか一方の横軸座標 (x 座標) が 1.6 以上である。その理由を以下に示す。

- [0239] なお、透明導電体 20 の導電層 15 が複数の層から形成されている場合には、最もアドミッタンス調整層 21 側（有機化合物層 12 側）の層の導電層 15 の界面の光学アドミッタンスを $Y_1 = x_1 + i y_1$ とする。そして、最もアドミッタンス調整層 21（有機化合物層 12 側）の反対側の層の導電層 15 の界面の光学アドミッタンスを $Y_2 = x_2 + i y_2$ とする。

従って、金属層 14 とモリブデン含有層 13 とからなる導電層 15 の場合には、アドミッタンス調整層 21 側のモリブデン含有層 13 の界面の光学アドミッタンスを $Y_1 = x_1 + i y_1$ とする。そして、アドミッタンス調整層 21 側（有機化合物層 12 側）と反対側の金属層 14 の界面の光学アドミッタンスを $Y_2 = x_2 + i y_2$ とする。

- [0240] 導電層 15 を構成する金属材料は、一般的に光学アドミッタンスの虚部の値が大きく、金属材料を形成するとアドミッタンス軌跡が縦軸（虚部）方向に大きく移動する。

例えば、アドミッタンス調整層 21 を設けずに、基材 11 上に直接導電層 15 を積層すると、上述の図 8 に示すように、アドミッタンス軌跡が、始点 (x_A, y_A) である基材 11 のアドミッタンス座標 (1.5, 0) から、縦軸（虚部）方向にある (x_2, y_2) に大きく移動する。つまり、アドミッタンス座標の虚部の絶対値 $|y_2|$ が非常に大きくなる。このように、アドミッタンス座標の虚部の絶対値が大きくなると、導電層 15 の光学アドミッタンス Y_2 （透明導電体 20 の等価アドミッタンス Y_E ）は、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) から遠ざかる方向に移動する。このため、導電層 15 の光学アドミッタンス Y_2 を、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 、例えば、空気のアドミッタンス座標 (1, 0) や、有機材料のアドミッタンス座標 (1.8, 0) に近づけることが難しくなる。

[0241] また、導電層 15 の基材 11 側の界面のアドミッタンス Y_1 である、アドミッタンス軌跡の始点 (x_1, y_1) が、基材 11 のアドミッタンス座標 $(1.5, 0)$ から殆ど移動しない場合には、アドミッタンス軌跡がグラフの横軸を中心に線対称になり難い。このように、アドミッタンス軌跡が、横軸を中心に線対称にならないと、他の波長 (570 nm 以外) においても、アドミッタンス軌跡がぶれやすく、等価アドミッタンス Y_E の座標が一定になりにくい。このため、反射防止効果が十分でない波長領域が生じやすい。

[0242] これに対し、図 9 に示す、基材 11 / アドミッタンス調整層 21 / 有機化合物層 12 / 導電層 15 をこの順に備える透明導電体 20 の波長 570 nm のアドミッタンス軌跡では、アドミッタンス調整層 21 により、導電層 15 のアドミッタンス Y_1 のアドミッタンス座標 (x_1, y_1) が、アドミッタンス軌跡の始点 (x_A, y_A) である基材 11 のアドミッタンス座標 $(1.5, 0)$ から横軸（実部）及び縦軸（虚部）の正方向に大きく移動する。

特に、 Y_1 の実部の座標 x_1 を 1.6 以上とすると、アドミッタンス軌跡の円弧が大きくなり、導電層 15 のアドミッタンス Y_1 のアドミッタンス座標 (x_1, y_1) が、アドミッタンス軌跡の始点 (x_A, y_A) から、虚部（縦軸）の正方向に大きく移動する。

[0243] つまり、導電層 15 によって、アドミッタンス軌跡が虚部の負方向に大きく移動しても、 Y_2 の虚部の絶対値 $|y_2|$ が大きくなり難い。さらに、導電層 15 のアドミッタンス軌跡がグラフの横軸を中心に線対称になりやすい。このため、他の波長 (570 nm 以外) においても、アドミッタンス軌跡がグラフの横軸を中心に線対称となりやすく、各波長の等価アドミッタンス Y_E の座標がほぼ同一になる。つまり、いずれの波長においても、等価アドミッタンス Y_E の値が、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) に近づきやすくなる。これはいずれの波長においても、十分な反射防止効果が得られることを示す。

[0244] 導電層 15 に金属材料を用いる場合は、導電層 15 において発生する光吸収には、2つの起源が考えられる。1つは金属材料本来の吸収であり、もう

1つは導電層15の構造に起因するプラズモン吸収である。導電層15のアドミッタンスを高く保つことで金属材料本来の吸収を最小化することができる。

ここで、各層界面のアドミッタンス Y と、各層に存在する電場強度 E との間には、下記関係式が成り立つ。

[0245] [数4]

$$E \propto \frac{1}{\sqrt{\operatorname{Re}(Y)}}$$

[0246] 上記関係式に基づけば、アドミッタンス Y が大きくなれば電場強度 E が小さくなり、電場損失（光の吸収）が抑制される。従って、アドミッタンス調整層21により、導電層15のアドミッタンス Y_1 の実部の座標 x_1 を1.6以上となるように調整すると、導電層15のアドミッタンス Y_1 が大きくなり、導電層15による光の吸収が少なくなる。

[0247] また、アドミッタンス調整層21により、導電層15のアドミッタンス Y_2 の実部の座標 x_2 を1.6以上に調整した場合にも、導電層15のアドミッタンス Y_2 が大きくなり、導電層15による光の吸収が少なくなる。また、導電層15のアドミッタンス軌跡がグラフの横軸を中心に線対称になりやすく、導電層15の電場が小さくなるため、導電層15による光の吸収が抑制される。

[0248] 上述のように、 x_1 及び x_2 は、少なくともどちらかが1.6以上7.0以下であることが好ましい。より好ましくは、 x_1 及び x_2 が共に1.6以上7.0以下である。さらに好ましくは、 x_1 及び／又は x_2 が、1.8以上5.5以下、さらに1.9以上3.0以下であることが好ましい。

[0249] また、 x_1 及び x_2 のうち、特に x_1 が1.6以上であることが好ましい。 x_1 は、アドミッタンス調整層21の屈折率や、アドミッタンス調整層21の厚み等によって調整される。この場合、 x_2 は1.3以上5.5以下であることが好ましく、さらに好ましくは1.5以上3.5以下である。 x_2 は、導電層

15を構成する材料の屈折率や、導電層15の厚み等によって調整される。

[0250] ここで、 x_1 と x_2 との差の絶対値 $|x_1 - x_2|$ は1.5以下であることが好ましく、より好ましくは1.0以下であり、さらに好ましくは0.8以下である。また特に、導電層15のアドミッタンス軌跡と横軸との交点の座標 $Y_{\text{cross}}(x_{\text{cross}}, 0)$ とした場合に $|x_1 - x_2| / x_{\text{cross}}$ が0.5より小さいことが好ましく、より好ましくは0.3以下であり、さらに好ましくは0.2以下である。

[0251] また、アドミッタンス軌跡をグラフの横軸を中心に線対称とするため、上記 Y_1 の虚部の座標 y_1 と、 Y_2 の虚部の座標 y_2 が、 $y_1 \times y_2 < 0$ を満たすことが好ましい。

[0252] また、さらに、等価アドミッタンス Y_E の座標 (x_E, y_E) と、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0, y_0) との距離 $(|x_E - x_0| + |y_E - y_0|)$ は、0.9以下であることが好ましく、より好ましくは0.6以下、さらに好ましくは0.3以下である。

[0253] [透明導電体の効果]

以上のように構成された透明導電体20は、モリブデン含有層13に隣接させて金属層14が形成された、導電層15を設けた構成である。さらに、このモリブデン含有層13と金属層14とからなる導電層15が、有機化合物層12に接して設けられている。これにより、モリブデン含有層13に隣接させて金属層14を形成する際には、金属層14を構成するAg原子とモリブデン含有層13を構成するMoとの相互作用により、Ag原子のモリブデン含有層13表面での拡散距離が減少し、金属材料の凝集が抑えられる。同時に、有機化合物層12とMo原子との相互作用、有機化合物層12とAg原子との相互作用により、モリブデン及び金属材料の凝集が抑えられる。

このため、一般的には核成長型(Volumer-Weber: VW型)での成長により島状に孤立し易い金属層14が、単層成長型(Frank-van der Merwe: FM型)の成長によって形成されるようになる。従って、薄いながらも、均一な厚さの導電層15が得られるようになる。

[0254] さらに、透明導電体 20 は、導電層 15 の界面の光学アドミッタンス Y_1 の実部 x_1 、光学アドミッタンス Y_2 の実部 x_2 が、アドミッタンス調整層 21 により、1.6 以上となるように調整されている。このように、アドミッタンス調整層 21 により、導電層 15 の界面のアドミッタンスを調整することにより、透明導電体 20 の反射を抑制することができ、光透過性を向上させることができる。

[0255] 以上の結果、光透過性を確保しつつ、導電性が確保された透明導電体 20 を得ることができる。このため、透明導電体 20 において、導電性の向上と、光透過性の向上との両立を図ることが可能になる。

[0256] 〈3. 透明導電体（第 3 実施形態）〉

次に、本発明の第 3 実施形態について説明する。図 10 に、第 3 実施形態の透明導電体の概略構成図（断面図）を示す。図 10 に示すように、第 3 実施形態の透明導電体 30 は、アドミッタンス調整層 21 として、第 1 アドミッタンス調整層 31 と第 2 アドミッタンス調整層 32 とを備えることのみが、図 1 に示す第 1 実施形態の透明導電体 10 と異なる。以下、第 1 実施形態と同様の構成要素についての重複する詳細な説明は省略し、第 3 実施形態の透明導電体 30 の構成を説明する。

[0257] [透明導電体の構成]

図 10 に示すように、透明導電体 30 は、アドミッタンス調整層 21 として第 1 アドミッタンス調整層 31 と第 2 アドミッタンス調整層 32 とを備え、さらに、有機化合物層 12 と導電層 15 とを備える構成である。

有機化合物層 12 は、導電層 15 を構成するモリブデン含有層 13 と隣接する位置で、アドミッタンス調整層 21 と導電層 15 との間に挟持されている。導電層 15 は、金属層 14 と、金属層 14 に隣接する位置に形成されたモリブデン含有層 13 とからなる。つまり、導電層 15 において、モリブデン含有層 13 が、金属層 14 と有機化合物層 12 との間に挟まれた構成である。

[0258] 上述のように、図 10 に示す透明導電体 30 は、第 2 アドミッタンス調整

層 3 2、第 1 アドミッタンス調整層 3 1、有機化合物層 1 2、及び、導電層 1 5 からなる透明導電体 3 0 が、基材 1 1 上に形成されている。

つまり、透明導電体 3 0 は、基材 1 1 上に、第 2 アドミッタンス調整層 3 2、第 1 アドミッタンス調整層 3 1、有機化合物層 1 2、モリブデン含有層 1 3、及び、金属層 1 4 がこの順に積層された構成である。

[0259] 第 3 実施形態の透明導電体 3 0 において、有機化合物層 1 2、並びに、導電層 1 5 を構成するモリブデン含有層 1 3 及び金属層 1 4 は、上述の第 1 実施形態と同様の構成である。また、第 1 アドミッタンス調整層 3 1 は、上述の第 2 実施形態の透明導電体のアドミッタンス調整層と同様の構成とすることができる。このため、第 1 アドミッタンス調整層 3 1、及び、この上に形成される有機化合物層 1 2、導電層 1 5 のモリブデン含有層 1 3 及び金属層 1 4 の構成については、詳細な説明を省略する。

[0260] [第 2 アドミッタンス調整層]

第 2 アドミッタンス調整層 3 2 は、アドミッタンス調整層 2 1 を構成する 2 層のうち、導電層 1 5 が形成されない側に設けられた層である。つまり、アドミッタンス調整層 2 1 では、導電層 1 5 が形成されている側に第 1 アドミッタンス調整層 3 1 が設けられ、導電層 1 5 が形成されている側と反対側に第 2 アドミッタンス調整層 3 2 が設けられている。

[0261] 第 2 アドミッタンス調整層 3 2 は、第 1 アドミッタンス調整層 3 1 よりも低い屈折率を有す層である。特に、第 2 アドミッタンス調整層 3 2 は、第 1 アドミッタンス調整層 3 1 よりも、特に波長 550 nm における屈折率が 0.2 以上低いことが好ましい。この第 2 アドミッタンス調整層 3 2 としては、例えば、低い屈折率と、光透過性とを有する材料で構成される。例えば、フッ化マグネシウム (MgF_2 : $n=1.37$)、フッ化リチウム (LiF : $n=1.39$)、フッ化カルシウム (CaF_2 : $n=1.43$)、フッ化アルミニウム (AlF_3 : $n=1.38$) 等が用いられる。例えば、一般的に光学フィルムに用いられる低屈折率材料が好ましく用いられる。また、Poly(1,1,1,3,3,3-hexafluoroisopropyl acrylate): $n=1.38$ 、Poly(2,2,3,3,4,4

,4-heptafluorobutyl acrylate) : $n = 1.38$ 、Poly(2,2,3,3,4,4,4-heptafluorobutyl methacrylate) : $n = 1.38$ 、Poly(2,2,3,3,3-pentafluoropropyl acrylate) : $n = 1.39$ 、Poly(1,1,1,3,3,3-hexafluoroisopropyl methacrylate) : $n = 1.39$ 、Poly(2,2,3,4,4,4-hexafluorobutyl acrylate) : $n = 1.39$ 、Poly(2,2,3,3,3-pentafluoropropyl methacrylate) : $n = 1.40$ 、Poly(2,2,2-trifluoroethyl acrylate) : $n = 1.41$ 、Poly(2,2,3,3-tetrafluoropropyl acrylate) : $n = 1.42$ 、Poly(2,2,3,3-tetrafluoropropyl methacrylate) : $n = 1.42$ 、Poly(2,2,2-trifluoroethyl methacrylate) : $n = 1.42$ 等のポリマー材料などが用いられる。

[0262] 第2アドミッタンス調整層32の厚みは、40～200nmであることが好ましく、より好ましくは50～180nmである。第2アドミッタンス調整層32の厚みが40nm未満又は200nmを超えると、透明導電体30の光透過性を十分に高めることが難しい。アドミッタンス調整層21の厚みは、エリプソメーターで測定される。

[0263] [透明導電体の光学アドミッタンスについて]

次に、透明導電体30の光学アドミッタンスについて説明する。

図11に、透明導電体30の波長570nmのアドミッタンス軌跡を示す。

[0264] 導電層15の第1アドミッタンス調整層31側（有機化合物層12側）の界面の波長570nmの光学アドミッタンスを $Y_1 = x_1 + i y_1$ とし、導電層15の第1アドミッタンス調整層31と反対側の界面の波長570nmの光学アドミッタンスを $Y_2 = x_2 + i y_2$ とする。

導電層15の光学アドミッタンス Y_2 のアドミッタンス座標(x_2 , y_2)が、透明導電体30の等価アドミッタンス Y_E に相当する。

[0265] 図11に示すアドミッタンス軌跡では、アドミッタンス軌跡の始点の座標が、基材11の導電層15側の等価アドミッタンス Y_A であり、アドミッタンス座標(x_A , y_A)である。

そして、透明導電体30では、第1アドミッタンス調整層31よりも屈折

率の低い第2アドミッタンス調整層32を備えることにより、アドミッタンス軌跡がアドミッタンス座標 (x_A, y_A) から、アドミッタンス座標 (x_B, y_B) に移動する。アドミッタンス座標 (x_B, y_B) は、アドミッタンス座標 (x_A, y_A) から縦軸（虚部）及び横軸（実部）の負方向移動した後、縦軸（虚部）の正方向且つ横軸（実部）の負方向、縦軸（虚部）の正方向且つ横軸（実部）の正方向、及び、縦軸（虚部）の負方向且つ横軸（実部）の正方向に円を描くように移動する。

アドミッタンス座標 (x_B, y_B) は、第1アドミッタンス調整層31と第2アドミッタンス調整層32との界面の光学アドミッタンスに相当する。

[0266] さらに、図11に示すように、第1アドミッタンス調整層31を備えることにより、アドミッタンス軌跡がアドミッタンス座標 (x_B, y_B) から、アドミッタンス座標 (x_C, y_C) に移動する。つまり、第1アドミッタンス調整層31により、アドミッタンス軌跡が、横軸（実部）及び縦軸（虚部）の正方向に移動する。

さらに、有機化合物層12を備えることにより、アドミッタンス軌跡が、アドミッタンス座標 (x_C, y_C) から、導電層15のアドミッタンス座標 (x_1, y_1) に移動する。

[0267] このように、第1アドミッタンス調整層31、及び、第2アドミッタンス調整層32を備えることにより、 Y_1 の実部の座標 x_1 が1.6以上となるように、透明導電体30のアドミッタンス軌跡を調整することができる。また、導電層15のアドミッタンス軌跡をグラフの横軸を中心に線対称に近付けることができる。

第1アドミッタンス調整層31による透明導電体30への作用は、上述第2実施形態で説明した透明導電体へのアドミッタンス調整層の作用と同様である。

[0268] 上述のように、屈折率の低い第2アドミッタンス調整層32を備えることにより、アドミッタンス軌跡を、任意の軌跡に調整することができる。このため、第2アドミッタンス調整層32を備えない上述の第2実施形態の場合

に比べて、導電層 15 の光学アドミッタンス Y_1 のアドミッタンス座標 (x_1 , y_1)、及び、光学アドミッタンス Y_2 のアドミッタンス座標 (x_2 , y_2) の調整を、容易に行うことができる。

この結果、導電層 15 の光学アドミッタンス Y_2 を、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 、例えば、空気のアドミッタンス座標 (1, 0) や、有機材料のアドミッタンス座標 (1.8, 0) 等の任意の座標位置に近づけることが容易になる。

[0269] 従って、等価アドミッタンス Y_E の値が、光が入射する媒質の光学アドミッタンス y_0 のアドミッタンス座標 (x_0 , y_0) に近づきやすくなり、透明導電体 30 の反射率を低下させ、光透過性を向上させることができる。また、導電層 15 のアドミッタンスを高く保つことで金属材料本来の吸収を最小化することができる。

[0270] 上述のように、アドミッタンス調整層 21 を複数層で形成する場合には、アドミッタンス調整層 21 を構成する材料や厚さを適宜組み合わせることにより、設計自由度が向上する。このため、アドミッタンス調整層を単層で形成する場合に比べて、導電層 15 の光学アドミッタンス Y_1 及び Y_2 の調整が容易になり、また、光学アドミッタンス Y_1 及び Y_2 を最適化できる範囲が広がる。

従って、アドミッタンス調整層 21 を、第 1 アドミッタンス調整層 31 と第 2 アドミッタンス調整層 32 のように複数の層から構成することで、透明導電体の光透過性を向上させることができる。

[0271] 〈4. 有機電界発光素子（第 4 実施形態）〉

次に、本発明の第 4 実施形態について説明する。第 4 実施形態は、電子デバイスの一例として、上述の第 3 実施形態の透明導電体を用いたボトムエミッション型の有機電界発光素子について説明する。図 12 に、本実施形態の有機電界発光素子の断面構成図を示す。以下にこの図に基づいて有機電界発光素子の構成を説明する。

[0272] [有機電界発光素子の構成]

図 1 2 に示す有機電界発光素子 4 0 は、透明基板である基材 1 1 上に設けられており、基材 1 1 側から順に、アノードとなる透明導電体 3 0、発光機能層 4 6、及びカソードとなる対向電極 4 7 が積層されている。このうち、透明導電体 3 0 として、上述の第 3 実施形態の透明導電体 3 0 が用いられている。このため有機電界発光素子 4 0 は、発生させた光（以下、発光光 h と記す）を、少なくとも基材 1 1 側から取り出すボトムエミッション型として構成されている。

[0273] また、有機電界発光素子 4 0 の全体的な層構造は、上記に限定されることなく、一般的な層構造であってもよい。ここでは、透明導電体 3 0 がアノード（すなわち陽極）側に配置され、主に導電層 1 5 の金属層 1 4 がアノードとして機能する一方、対向電極 4 7 がカソード（すなわち陰極）として機能する。

[0274] この場合、例えば発光機能層 4 6 は、アノードである透明導電体 3 0 の上部に〔正孔注入層 4 6 a／正孔輸送層 4 6 b／発光層 4 6 c／電子輸送層 4 6 d／電子注入層 4 6 e〕をこの順に積層した構成を例示できるが、このうち少なくとも有機材料を用いて構成された発光層 4 6 c を有する。正孔注入層 4 6 a 及び正孔輸送層 4 6 b は、正孔輸送性と正孔注入性とを有する正孔輸送／注入層として設けられてもよい。電子輸送層 4 6 d 及び電子注入層 4 6 e は、電子輸送性と電子注入性とを有する単一層として設けられてもよい。また、これらの発光機能層 4 6 のうち、例えば電子注入層 4 6 e は無機材料で構成されていてもよい。

[0275] また、発光機能層 4 6 は、これらの層の他にも正孔阻止層や電子阻止層等が必要に応じて必要箇所に積層されていてもよい。さらに、発光層 4 6 c は、各波長領域の発光光を発生させる各色発光層を有し、これらの各色発光層を、非発光性の中間層を介して積層させて発光層ユニットとして形成されていてもよい。中間層は、正孔阻止層、電子阻止層として機能してもよい。さらにカソードである対向電極 4 7 も、必要に応じた積層構造であってもよい。このような構成において、透明導電体 3 0 と対向電極 4 7 とで発光機能層

46が挟持されている部分のみが、有機電界発光素子40における発光領域となる。

[0276] また、以上のような層構成においては、透明導電体30の低抵抗化を図ることを目的とし、透明導電体30の導電層15に接して補助電極が設けられていてもよい。

[0277] 以下、上述した有機電界発光素子40を構成するための主要各層の詳細を、基材11、透明導電体30、対向電極47、発光機能層46の発光層46c、発光機能層46の他の層、及び補助電極の順に説明する。その後、有機電界発光素子40の作製方法を説明する。

[0278] [基材]

基材11は、上述の図1に示す第1実施形態の透明導電体30が設けられる基材のうち、光透過性を有する透明な材料が用いられる。

[0279] [透明導電体（アノード側）]

透明導電体30は、上述の第3実施形態の透明導電体30であり、基材11側から、第2アドミッタンス調整層32、第1アドミッタンス調整層31、有機化合物層12、及び、導電層15がこの順に形成された構成である。ここでは特に、透明導電体30を構成する導電層15が実質的なアノードとなる。

[0280] [対向電極（カソード）]

対向電極47は、発光機能層46に電子を供給するためのカソードとして機能する導電層であり、金属、合金、有機又は無機の導電性化合物、及びこれらの混合物が用いられる。具体的には、金、アルミニウム、銀、マグネシウム、リチウム、マグネシウム／銅混合物、マグネシウム／銀混合物、マグネシウム／アルミニウム混合物、マグネシウム／インジウム混合物、インジウム、リチウム／アルミニウム混合物、希土類金属、ITO、ZnO、TiO₂、SnO₂等の酸化物半導体等が挙げられる。

[0281] 対向電極47は、これらの導電性材料を蒸着やスパッタリング等の方法により薄層を形成させることにより作製することができる。また、対向電極4

7としてのシート抵抗は、数百 $\Omega/\square$ 以下が好ましく、厚さは通常5 nm $\sim$ 5 μ m、好ましくは5 nm $\sim$ 200 nmの範囲で選ばれる。

[0282] [発光層]

本実施形態の有機電界発光素子に用いられる発光層46cは、発光材料として例えば燐光発光化合物が含有されている。

[0283] この発光層46cは、電極又は電子輸送層46dから注入された電子と、正孔輸送層46bから注入された正孔とが再結合して発光する層であり、発光する部分は発光層46cの層内であっても発光層46cにおける隣接する層との界面であってもよい。

[0284] このような発光層46cとしては、含まれる発光材料が発光要件を満たしていれば、その構成には特に制限はない。また、同一の発光スペクトルや発光極大波長を有する層が複数層あってもよい。この場合、各発光層46c間には非発光性の中間層（図示せず）を有していることが好ましい。

[0285] 発光層46cの厚さの総和は1 $\sim$ 100 nmの範囲にあることが好ましく、さらに好ましくは、より低い電圧で駆動することができることから1 $\sim$ 30 nmである。なお、発光層46cの厚さの総和とは、発光層46c間に非発光性の中間層が存在する場合には、当該中間層も含む厚さである。

[0286] 複数層を積層した構成の発光層46cの場合、個々の発光層の厚さとしては、1 $\sim$ 50 nmの範囲に調整することが好ましく、1 $\sim$ 20 nmの範囲に調整することがより好ましい。積層された複数の発光層が、青、緑、赤のそれぞれの発光色に対応する場合、青、緑、赤の各発光層の厚さの関係については、特に制限はない。

[0287] 以上のような発光層46cは、後述する発光材料やホスト化合物を、例えば、真空蒸着法、スピンコート法、キャスト法、LB法、インクジェット法等の公知の薄膜形成方法により形成することができる。

[0288] また発光層46cは、複数の発光材料を混合してもよく、また燐光発光材料と蛍光発光材料（蛍光ドーパント、蛍光性化合物ともいう）を同一発光層46c中に混合して用いてもよい。

[0289] 発光層 46c の構成として、ホスト化合物（発光ホストともいう）、発光材料（発光ドーパント化合物、ゲスト材料ともいう）を含有し、発光材料より発光させることが好ましい。

[0290] （ホスト化合物）

発光層 46c に含有されるホスト化合物としては、室温（25℃）における燐光発光の燐光量子収率が 0.1 未満の化合物が好ましい。さらに、燐光量子収率が 0.01 未満である化合物が好ましい。また、ホスト化合物は、発光層 46c に含有される化合物の中で、層中での体積比が 50% 以上であることが好ましい。

[0291] ホスト化合物としては、公知のホスト化合物を単独で用いてもよく、又は複数種用いてもよい。ホスト化合物を複数種用いることで、電荷の移動を調整することが可能であり、有機電界発光素子 40 を高効率化することができる。また、後述する発光材料を複数種用いることで、異なる発光を混ぜることが可能となり、これにより任意の発光色を得ることができる。

[0292] 用いられるホスト化合物としては、従来公知の低分子化合物でも、繰り返し単位をもつ高分子化合物でもよく、ビニル基やエポキシ基のような重合性基を有する低分子化合物（蒸着重合性発光ホスト）でもよい。

[0293] 公知のホスト化合物としては、正孔輸送能、電子輸送能を有しつつ、発光の長波長化を防ぎ、かつ高 T_g（ガラス転移温度）化合物が好ましい。ここでいうガラス転移点（T_g）とは、DSC（Differential Scanning Colorimetry：示差走査熱量法）を用いて、JIS-K-7121 に準拠した方法により求められる値である。

有機電界発光素子に適用可能なホスト化合物の具体例としては、特開 2013-4245 の段落 [0163] ～ [0178] に記載の化合物 H1 ～ H79 を例示することができる。特開 2013-4245 の段落 [0163] ～ [0178] に記載の化合物 H1 ～ H79 を本願明細書に組み込む。

[0294] また、その他の公知のホスト化合物の具体例としては、以下の文献に記載されている化合物を用いることもできる。例えば、特開 2001-2570

76号公報、同2002-308855号公報、同2001-313179号公報、同2002-319491号公報、同2001-357977号公報、同2002-334786号公報、同2002-8860号公報、同2002-334787号公報、同2002-15871号公報、同2002-334788号公報、同2002-43056号公報、同2002-334789号公報、同2002-75645号公報、同2002-338579号公報、同2002-105445号公報、同2002-343568号公報、同2002-141173号公報、同2002-352957号公報、同2002-203683号公報、同2002-363227号公報、同2002-231453号公報、同2003-3165号公報、同2002-234888号公報、同2003-27048号公報、同2002-255934号公報、同2002-260861号公報、同2002-280183号公報、同2002-299060号公報、同2002-302516号公報、同2002-305083号公報、同2002-305084号公報、同2002-308837号公報等が挙げられる。

[0295] (発光材料)

本実施形態の有機電界発光素子に用いることのできる発光材料としては、燐光発光性化合物（燐光性化合物、燐光発光材料ともいう）が挙げられる。

[0296] 燐光発光性化合物とは、励起三重項からの発光が観測される化合物であり、具体的には室温（25℃）にて燐光発光する化合物であり、燐光量子収率が25℃において0.01以上の化合物であると定義されるが、好ましい燐光量子収率は0.1以上である。

[0297] 上記燐光量子収率は、第4版実験化学講座7の分光ⅠⅠの398頁（1992年版、丸善）に記載の方法により測定できる。溶液中での燐光量子収率は種々の溶媒を用いて測定できるが、本例において燐光発光性化合物を用いる場合、任意の溶媒のいずれかにおいて上記燐光量子収率（0.01以上）が達成できればよい。

[0298] 燐光発光性化合物の発光の原理としては2種挙げられる。一つは、キャリ

アが輸送されるホスト化合物上でキャリアの再結合が起こってホスト化合物の励起状態が生成し、このエネルギーを燐光発光性化合物に移動させることで燐光発光性化合物からの発光を得るというエネルギー移動型であり、もう一つは、燐光発光性化合物がキャリアトラップとなり、燐光発光性化合物上でキャリアの再結合が起こり燐光発光性化合物からの発光が得られるというキャリアトラップ型である。いずれの場合においても、燐光発光性化合物の励起状態のエネルギーはホスト化合物の励起状態のエネルギーよりも低いことが条件となる。

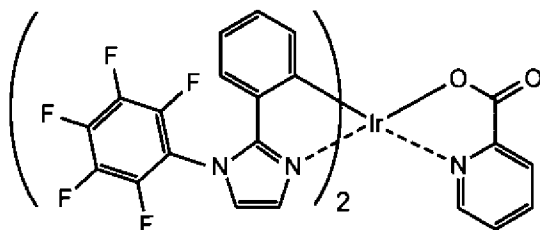
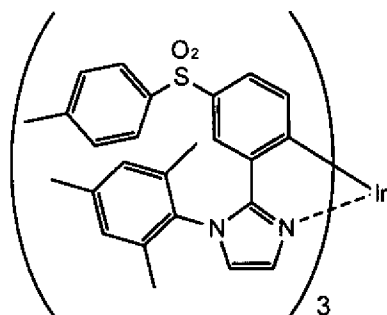
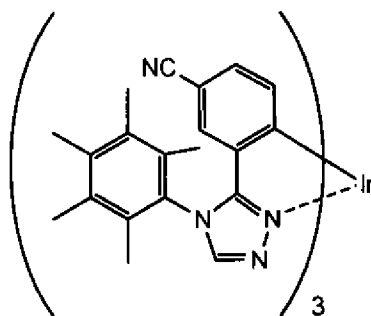
[0299] 燐光発光性化合物は、一般的な有機電界発光素子の発光層46cに使用される公知のものの中から適宜選択して用いることができるが、好ましくは元素の周期表で8～10族の金属を含有する錯体系化合物である。さらに好ましくはイリジウム化合物、オスミウム化合物、又は白金化合物（白金錯体系化合物）、希土類錯体であり、中でも最も好ましいのはイリジウム化合物である。

[0300] 本実施形態の有機電界発光素子40においては、少なくとも一つの発光層46cに2種以上の燐光発光性化合物を含有していてもよく、発光層46cにおける燐光発光性化合物の濃度比が発光層46cの厚さ方向で変化していてもよい。

[0301] 燐光発光性化合物は好ましくは発光層46cの総量に対し0.1体積%以上30体積%未満である。

[0302] 有機電界発光素子に適用可能な燐光発光性化合物としては、特開2013-4245の段落[0185]～[0235]に記載の一般式(4)、一般式(5)、一般式(6)で表される化合物、及び、例示化合物を好ましく挙げることができる。また、その他の例示化合物として、Ir-46、Ir-47、Ir-48、を以下に示す。特開2013-4245の段落[0185]～[0235]に記載の一般式(4)、一般式(5)、一般式(6)で表される化合物、及び、例示化合物(Pt-1～Pt-3、Os-1、Ir-1～Ir-45)を本願明細書に組み込む。

[0303] [化67]

Ir-46**Ir-47****Ir-48**

[0304] 尚、これらの燐光発光性化合物（燐光発光性の金属錯体ともいう）は、発光層46cに発光ドーパントとして含有されることが好ましい態様であるが、発光層46c以外の有機機能層に含有されていてもよい。

[0305] また、燐光発光性化合物は、有機電界発光素子40の発光層46cに使用される公知のものの中から適宜選択して用いることができる。

[0306] 上記の燐光発光性化合物（燐光発光性金属錯体等ともいう）は、例えば、Organic Letters誌 vol.3 No.16 2579～2581頁(2001)、Inorganic Chemistry, 第30巻 第8号 1685～1687頁(1991年)、J. Am. Chem. Soc., 123巻 4304頁(2001年)、Inorganic Chemistry, 第40巻第7号 1704～1711頁(2001年)、Inorganic Chemistry, 第41巻 第12号 3055～3066頁(2002年)、New Journal of Chemistry, 第26巻 1171頁(2002年)、European Journal of Organic Chemistry, 第4巻 695～709頁(2004年)、さらにこれらの文献中に記載の参考文献等の方法を適用することにより合成できる。

[0307] （蛍光発光材料）

蛍光発光材料としては、クマリン系色素、ピラン系色素、シアニン系色素、クロコニウム系色素、スクアリウム系色素、オキソベンツアントラセン系色素、フルオレセイン系色素、ローダミン系色素、ピリリウム系色素、ペリレン系色素、スチルベン系色素、ポリチオフェン系色素、又は希土類錯体系蛍光体等が挙げられる。

[0308] [注入層：正孔注入層、電子注入層]

注入層とは、駆動電圧低下や発光輝度向上のために電極と発光層46cの間に設けられる層のことで、「有機EL素子とその工業化最前線（1998年11月30日エヌ・ティー・エス社発行）」の第2編第2章「電極材料」（123～166頁）に詳細に記載されており、正孔注入層46aと電子注入層46eとがある。

[0309] 注入層は、必要に応じて設けることができる。正孔注入層46aであれば、アノードと発光層46c又は正孔輸送層46bの間、電子注入層46eであればカソードと発光層46c又は電子輸送層46dとの間に配置される。

[0310] 正孔注入層46aは、特開平9-45479号公報、同9-260062号公報、同8-288069号公報等にもその詳細が記載されており、具体例として、銅フタロシアニンに代表されるフタロシアニン層、酸化バナジウムに代表される酸化物層、アモルファスカーボン層、ポリアニリン（エメラルディン）やポリチオフェン等の導電性高分子を用いた高分子層等が挙げら

れる。

[0311] 電子注入層 46e は、特開平 6-325871 号公報、同 9-17574 号公報、同 10-74586 号公報等にもその詳細が記載されており、具体的にはストロンチウムやアルミニウム等に代表される金属層、フッ化カリウムに代表されるアルカリ金属ハライド層、フッ化マグネシウムに代表されるアルカリ土類金属化合物層、酸化モリブデンに代表される酸化物層等が挙げられる。電子注入層 46e はごく薄い層であることが望ましく、素材にもよるがその厚さは 1 nm ~ 10 μm の範囲が好ましい。

[0312] [正孔輸送層]

正孔輸送層 46b は、正孔を輸送する機能を有する正孔輸送材料からなり、広い意味で正孔注入層 46a、電子阻止層も正孔輸送層 46b に含まれる。正孔輸送層 46b は単層又は複数層設けることができる。

[0313] 正孔輸送材料としては、正孔の注入又は輸送、電子の障壁性のいずれかを有するものであり、有機物、無機物のいずれであってもよい。例えば、トリアゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリーールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体及びピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリーールアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、オキサゾール誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、アニリン系共重合体、また、導電性高分子オリゴマー、特にチオフェンオリゴマー等が挙げられる。

[0314] 正孔輸送材料としては、上記のものを使用することができるが、ポルフィリン化合物、芳香族第 3 級アミン化合物及びスチリルアミン化合物、特に芳香族第 3 級アミン化合物を用いることが好ましい。

[0315] 芳香族第 3 級アミン化合物及びスチリルアミン化合物の代表例としては、N, N, N', N' - テトラフェニル - 4, 4' - ジアミノフェニル ; N, N' - ジフェニル - N, N' - ビス (3 - メチルフェニル) - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン (TPD) ; 2, 2 - ビス (4 - ジー p

ートリルアミノフェニル) プロパン; 1, 1-ビス (4-ジ-*p*-トリルアミノフェニル) シクロヘキサン; N, N, N', N'-テトラ-*p*-トリル-4, 4'-ジアミノビフェニル; 1, 1-ビス (4-ジ-*p*-トリルアミノフェニル) -4-フェニルシクロヘキサン; ビス (4-ジメチルアミノ-2-メチルフェニル) フェニルメタン; ビス (4-ジ-*p*-トリルアミノフェニル) フェニルメタン; N, N'-ジフェニル-N, N'-ジ (4-メトキシフェニル) -4, 4'-ジアミノジフェニルエーテル; 4, 4'-ビス (ジフェニルアミノ) クオードリフェニル; N, N, N-トリ (*p*-トリル) アミン; 4- (ジ-*p*-トリルアミノ) -4'- [4- (ジ-*p*-トリルアミノ) スチリル] スチルベン; 4-N, N-ジフェニルアミノ- (2-ジフェニルビニル) ベンゼン; 3-メトキシ-4'-N, N-ジフェニルアミノスチルベンゼン; N-フェニルカルバゾール、さらには米国特許第5, 061, 569号明細書に記載されている2個の縮合芳香族環を分子内に有するもの、例えば、4, 4'-ビス [N- (1-ナフチル) -N-フェニルアミノ] ビフェニル (NPD)、特開平4-308688号公報に記載されているトリフェニルアミンユニットが3つスターバースト型に連結された4, 4', 4''-トリス [N- (3-メチルフェニル) -N-フェニルアミノ] トリフェニルアミン (MTDATA) 等が挙げられる。

[0316] さらにこれらの材料を高分子鎖に導入した、又はこれらの材料を高分子の主鎖とした高分子材料を用いることもできる。また、*p*型-Si、*p*型-SiC等の無機化合物も正孔注入材料、正孔輸送材料として使用することができる。

[0317] また、特開平11-251067号公報、J. Huang et.al., Applied Physics Letters, 80(2002), p.139に記載されているような、いわゆる*p*型正孔輸送材料を用いることもできる。高効率の発光素子が得られることから、これらの材料を用いることが好ましい。

[0318] 正孔輸送層46bは、上記正孔輸送材料を、例えば、真空蒸着法、スピン

コート法、キャスト法、インクジェット法を含む印刷法、LB法等の公知の方法により、薄膜化することにより形成することができる。正孔輸送層46bの厚さについては特に制限はないが、通常は5nm～5μm程度、好ましくは5～200nmである。この正孔輸送層46bは、上記材料の1種又は2種以上からなる一層構造であってもよい。

[0319] また、正孔輸送層46bの材料に不純物をドーピングしてp性を高くすることもできる。その例としては、特開平4-297076号公報、特開2000-196140号公報、同2001-102175号公報、J. Appl. Phys., 95, 5773(2004)等に記載されたものが挙げられる。

[0320] このように、正孔輸送層46bのp性を高くすると、より低消費電力の素子を作製することができるため好ましい。

[0321] [電子輸送層]

電子輸送層46dは、電子を輸送する機能を有する材料からなり、広い意味で電子注入層46e、正孔阻止層（図示せず）も電子輸送層46dに含まれる。電子輸送層46dは単層構造又は複数層の積層構造として設けることができる。

[0322] 単層構造の電子輸送層46d、及び積層構造の電子輸送層46dにおいて発光層46cに隣接する層部分を構成する電子輸送材料（正孔阻止材料を兼ねる）としては、カソードより注入された電子を発光層46cに伝達する機能を有していれば良い。このような材料としては従来公知の化合物の中から任意のものを選択して用いることができる。例えば、ニトロ置換フルオレン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボジイミド、フレオレニリデンメタン誘導体、アントラキノジメタン、アントロン誘導体及びオキサジアゾール誘導体等が挙げられる。さらに、上記オキサジアゾール誘導体において、オキサジアゾール環の酸素原子を硫黄原子に置換したチアジアゾール誘導体、電子吸引基として知られているキノキサリン環を有するキノキサリン誘導体も、電子輸送層46dの材料として用いることができる。さらにこれらの材料を高分子鎖に導入した、又はこれらの材料

を高分子の主鎖とした高分子材料を用いることもできる。

[0323] また、8-キノリノール誘導体の金属錯体、例えば、トリス（8-キノリノール）アルミニウム（Alq3）、トリス（5,7-ジクロロ-8-キノリノール）アルミニウム、トリス（5,7-ジブromo-8-キノリノール）アルミニウム、トリス（2-メチル-8-キノリノール）アルミニウム、トリス（5-メチル-8-キノリノール）アルミニウム、ビス（8-キノリノール）亜鉛（Znq）等、及びこれらの金属錯体の中心金属がIn、Mg、Cu、Ca、Sn、Ga又はPbに置き替わった金属錯体も、電子輸送層46dの材料として用いることができる。

[0324] その他、メタルフリーもしくはメタルフタロシアニン、又はそれらの末端がアルキル基やスルホン酸基等で置換されているものも、電子輸送層46dの材料として好ましく用いることができる。また、発光層46cの材料としても例示されるジスチリルピラジン誘導体も電子輸送層46dの材料として用いることができるし、正孔注入層46a、正孔輸送層46bと同様にn型-Si、n型-SiC等の無機半導体も電子輸送層46dの材料として用いることができる。

[0325] 電子輸送層46dは、上記材料を、例えば、真空蒸着法、スピンコート法、キャスト法、インクジェット法を含む印刷法、LB法等の公知の方法により、薄膜化することにより形成することができる。電子輸送層46dの膜厚については特に制限はないが、通常は5nm～5μm程度、好ましくは5～200nmである。電子輸送層46dは上記材料の1種又は2種以上からなる一層構造であってもよい。

[0326] また、電子輸送層46dに不純物をドーピングし、n性を高くすることもできる。その例としては、特開平4-297076号公報、同10-270172号公報、特開2000-196140号公報、同2001-102175号公報、J. Appl. Phys., 95, 5773 (2004)等に記載されたものが挙げられる。さらに電子輸送層46dには、カリウムやカリウム化合物などを含有させることが好ましい。カリウム化合物としては、例え

ば、フッ化カリウム等を用いることができる。このように電子輸送層46dのn性を高くすると、より低消費電力の素子を作製することができる。

[0327] また、電子輸送層46dの材料（電子輸送性化合物）としては、例えば、上述の化合物No. 1～No. 48の窒素含有化合物、上記一般式（1）～（8a）で表される窒素含有化合物、上述の化合物1～166の窒素含有化合物を用いることが好ましい。

また、一般式（9）～一般式（12）で表される硫黄含有化合物、上述の1-1～1-9、2-1～2-11、3-1～3-23、及び、4-1の硫黄含有化合物を用いることが好ましい。

[0328] [阻止層：正孔阻止層、電子阻止層]

阻止層は、上述のように有機化合物薄膜の基本構成層の他に、必要に応じて設けられる。例えば、特開平11-204258号公報、同11-204359号公報、及び「有機EL素子とその工業化最前線（1998年11月30日エヌ・ティー・エス社発行）」の237頁等に記載されている正孔阻止（ホールブロック）層がある。

[0329] 正孔阻止層とは、広い意味では、電子輸送層46dの機能を有する。正孔阻止層は、電子を輸送する機能を有しつつ正孔を輸送する能力が著しく小さい正孔阻止材料からなり、電子を輸送しつつ正孔を阻止することで電子と正孔の再結合確率を向上させることができる。また、後述する電子輸送層46dの構成を必要に応じて、正孔阻止層として用いることができる。正孔阻止層は、発光層46cに隣接して設けられていることが好ましい。

[0330] 一方、電子阻止層とは、広い意味では、正孔輸送層46bの機能を有する。電子阻止層は、正孔を輸送する機能を有しつつ電子を輸送する能力が著しく小さい材料からなり、正孔を輸送しつつ電子を阻止することで電子と正孔の再結合確率を向上させることができる。また、後述する正孔輸送層46bの構成を必要に応じて電子阻止層として用いることができる。阻止層の厚さとしては、好ましくは3～100nmであり、さらに好ましくは5～30nmである。

[0331] [補助電極]

補助電極は、透明導電体 30 の抵抗を下げる目的で設けられ、透明導電体 30 の導電層 15 に接して設けられる。補助電極を形成する材料は、金、白金、銀、銅、アルミニウム等の抵抗が低い金属が好ましい。これらの金属は光透過性が低いため、光取り出し面からの発光光 h の取り出しの影響のない範囲でパターン形成される。このような補助電極の形成方法としては、蒸着法、スパッタリング法、印刷法、インクジェット法、エアロゾルジェット法などが挙げられる。補助電極の線幅は、光を取り出す開口率の観点から 50 μm 以下であることが好ましく、補助電極の厚さは、導電性の観点から 1 μm 以上であることが好ましい。

[0332] [封止材]

封止材は、有機電界発光素子 40 を覆うものであって、接着剤によって板状（フィルム状）の封止部材が基材 11 側に固定されていてもよく、封止層であってもよい。この封止材は、有機電界発光素子 40 における透明導電体 30 及び対向電極 47 の端子部分を露出させる状態で、少なくとも発光機能層 46 を覆う状態で設けられている。また封止材に電極を設け、有機電界発光素子 40 の透明導電体 30 及び対向電極 47 の端子部分と、この電極とを導通させるように構成されていてもよい。

[0333] 板状（フィルム状）の封止材としては、具体的には、ガラス基板、ポリマー基板が挙げられ、これらの基板材料をさらに薄型のフィルム状にして用いてもよい。ガラス基板としては、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、石英等を挙げることができる。また、ポリマー基板としては、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。

[0334] なかでも、素子を薄型化できるということから、封止材として薄型のフィルム状にしたポリマー基板を好ましく使用することができる。

[0335] さらに、フィルム状としたポリマー基板は、J I S - K - 7 1 2 6 - 1

987に準拠した方法で測定された酸素透過度が $1 \times 10^{-3} \text{ ml} / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h} \cdot \text{atm})$ 以下、JIS-K-7129-1992に準拠した方法で測定された、水蒸気透過度 ($25 \pm 0.5^\circ\text{C}$ 、相対湿度 (90 ± 2) %RH) が、 $1 \times 10^{-3} \text{ g} / (\text{m}^2 \cdot 24 \text{ h})$ 以下であることが好ましい。

[0336] また、以上のような基板材料は、凹板状に加工して封止材として用いてもよい。この場合、上述した基板部材に対してサンドブラスト加工、化学エッチング加工等の加工が施され、凹状に形成される。

[0337] また、これに限らず、金属材料を用いてもよい。金属材料としては、ステンレス、鉄、銅、アルミニウム、マグネシウム、ニッケル、亜鉛、クロム、チタン、モリブデン、シリコン、ゲルマニウム及びタンタルからなる群から選ばれる一種以上の金属又は合金が挙げられる。このような金属材料は、薄型のフィルム状にして封止材として用いることにより、有機電界発光素子が設けられた発光パネル全体を薄型化できる。

[0338] また、このような板状の封止材を基材11側に固定するための接着剤は、封止材と基材11との間に挟持された有機電界発光素子40を封止するためのシール剤として用いられる。このような接着剤は、具体的には、アクリル酸系オリゴマー、メタクリル酸系オリゴマーの反応性ビニル基を有する光硬化及び熱硬化型接着剤、2-シアノアクリル酸エステル等の湿気硬化型等の接着剤を挙げることができる。

[0339] また、このような接着剤としては、エポキシ系等の熱及び化学硬化型（二液混合）を挙げることができる。また、ホットメルト型のポリアミド、ポリエステル、ポリオレフィンを挙げることができる。また、カチオン硬化タイプの紫外線硬化型エポキシ樹脂接着剤を挙げることができる。

[0340] なお、有機電界発光素子40を構成する有機材料は、熱処理により劣化する場合がある。このため、室温から 80°C までに接着硬化できる接着剤を使用することが好ましい。また、接着剤中に乾燥剤を分散させておいてもよい。

[0341] 封止材と基材11との接着部分への接着剤の塗布は、市販のディスペンサ

ーを使ってもよいし、スクリーン印刷のように印刷してもよい。

[0342] また、板状の封止材と基材 11 と接着剤との間に隙間が形成される場合、この隙間には、気相及び液相では、窒素、アルゴン等の不活性気体やフッ化炭化水素、シリコンオイルのような不活性液体を注入することが好ましい。また真空とすることも可能である。また、内部に吸湿性化合物を封入することもできる。

[0343] 吸湿性化合物としては、例えば、金属酸化物（例えば、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化カルシウム、酸化バリウム、酸化マグネシウム、酸化アルミニウム等）、硫酸塩（例えば、硫酸ナトリウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、硫酸コバルト等）、金属ハロゲン化物（例えば、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、フッ化セシウム、フッ化タンタル、臭化セリウム、臭化マグネシウム、沃化バリウム、沃化マグネシウム等）、過塩素酸類（例えば、過塩素酸バリウム、過塩素酸マグネシウム等）等が挙げられ、硫酸塩、金属ハロゲン化物及び過塩素酸類においては無水塩が好適に用いられる。

[0344] 一方、封止材として封止層を用いる場合、有機電界発光素子 40 における発光機能層 46 を完全に覆い、かつ有機電界発光素子 40 における透明導電体 30 及び対向電極 47 の端子部分を露出させる状態で、基材 11 上に封止層が設けられる。

[0345] このような封止層は、無機材料や有機材料を用いて構成される。特に、水分や酸素等、有機電界発光素子 40 における発光機能層 46 の劣化をもたらす物質の浸入を抑制する機能を有する材料で構成されることとする。このような材料として、例えば、酸化珪素、二酸化珪素、窒化珪素等の無機材料が用いられる。さらに封止層の脆弱性を改良するために、これら無機材料からなる層と共に、有機材料からなる層を用いて積層構造としてもよい。

[0346] これらの層の形成方法については、特に限定はなく、例えば真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、分子線エピタキシー法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合法、大気圧

プラズマ重合法、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、コーティング法等を用いることができる。

[0347] [保護層、保護板]

尚、ここでの図示は省略したが、有機電界発光素子及び封止材を挟んで基材11との間に保護層若しくは保護板を設けてもよい。この保護層若しくは保護板は、有機電界発光素子ELを機械的に保護するためのものであり、特に封止材が封止層である場合には、有機電界発光素子に対する機械的な保護が十分ではないため、このような保護層若しくは保護板を設けることが好ましい。

[0348] 以上のような保護層若しくは保護板は、ガラス板、ポリマー板、これよりも薄型のポリマーフィルム、金属板、これよりも薄型の金属フィルム、又はポリマー材料膜や金属材料膜が適用される。このうち特に、軽量かつ薄型化ということからポリマーフィルムを用いることが好ましい。

[0349] [有機電界発光素子の作製方法]

ここでは一例として、図12に示す有機電界発光素子40の製造方法を説明する。

[0350] まず、基材11上に、第2アドミッタンス調整層32を90nm程度の厚さに形成する。次に、第1アドミッタンス調整層31を40nm程度の厚さに形成する。

次に、第1アドミッタンス調整層31上に、有機化合物層12を3nm程度の厚さに形成する。

第1アドミッタンス調整層31、第2アドミッタンス調整層32の形成は、蒸着法（EB法等）、スパッタリング法等があるが、緻密な層が得られやすい点から、イオンアシストEB蒸着法又はスパッタリング法が特に好ましい。

次に、有機化合物層12上に、モリブデン含有層13を1nm程度形成し、その後、金属材料からなる金属層14を3nm～15nmとなるように形成する。モリブデン含有層13と金属層14は、上述の第1実施形態に記載

の方法で形成することができる。

以上により、アノード側の透明導電体 30 を基材 11 上に作製する。

[0351] 次にこの上に、正孔注入層 46 a、正孔輸送層 46 b、発光層 46 c、電子輸送層 46 d、電子注入層 46 e の順に形成し、発光機能層 46 を形成する。これらの各層の形成は、スピコート法、キャスト法、インクジェット法、蒸着法、スパッタ法、印刷法等があるが、均質な層が得られやすく、且つピンホールが生成しにくい等の点から、真空蒸着法又はスピコート法が特に好ましい。さらに層ごとに異なる形成方法を適用してもよい。これらの各層の形成に蒸着法を採用する場合、その蒸着条件は使用する化合物の種類等により異なるが、一般に化合物を収蔵したボート加熱温度 $50^{\circ}\text{C} \sim 450^{\circ}\text{C}$ 、真空度 $10^{-6}\text{Pa} \sim 10^{-2}\text{Pa}$ 、蒸着速度 $0.01\text{nm}/\text{秒} \sim 50\text{nm}/\text{秒}$ 、基板温度 $-50^{\circ}\text{C} \sim 300^{\circ}\text{C}$ 、厚さ $0.1\mu\text{m} \sim 5\mu\text{m}$ の範囲で、各条件を適宜選択することが望ましい。

[0352] 次に、カソードとなる対向電極 47 を、蒸着法やスパッタ法などの適宜の形成方法によって形成する。この際、発光機能層 46 によって透明導電体 30 に対して絶縁状態を保ちつつ、発光機能層 46 の上方から基材 11 の周縁に端子部分を引き出した形状にパターン形成する。

[0353] これにより、有機電界発光素子 40 が得られる。また、その後には、有機電界発光素子 40 における透明導電体 30 及び対向電極 47 の端子部分を露出させた状態で、少なくとも発光機能層 46 を覆う封止材を設ける。この際、接着剤を用いて、封止材を基材 11 側に接着し、これらの封止材－基材 11 間に有機電界発光素子 40 を封止する。

[0354] 以上により、基材 11 上に所望の有機電界発光素子 40 が得られる。このような有機電界発光素子 40 の作製においては、一回の真空引きで一貫して発光機能層 46 から対向電極 47 まで作製するのが好ましいが、途中で真空雰囲気から基材 11 を取り出して異なる形成法を施しても構わない。その際、作業を乾燥不活性ガス雰囲気下で行う等の配慮が必要となる。

[0355] このようにして得られた有機電界発光素子 40 に直流電圧を印加する場合

には、アノードである導電層15を+の極性とし、カソードである対向電極47を-の極性として、電圧2V以上40V以下程度を印加すると発光が観測できる。また交流電圧を印加してもよい。なお、印加する交流の波形は任意でよい。

[0356] なお、上述の実施形態では、第3実施形態の透明導電体をボトムエミッション型の有機電界発光素子に適用した構成について説明しているが、第1実施形態や第2実施形態の透明導電体を用いて有機電界発光素子を構成することもできる。

さらに、これらの透明導電体が適用される有機電界発光素子は、ボトムエミッション型に限られず、例えば、対向電極側から光を取り出すトップエミッション型の構成や、両面から光を取り出す両面発光型の構成としてもよい。有機電界発光素子がトップエミッション型であれば、対向電極に透明な材料を用いると共に、透明導電体の基材に換えて反射性を有する不透明な基材を用い、発光光hを基板で反射させて対向電極側から取り出す構成としてもよい。また、有機電界発光素子が両面発光型であれば、対向電極に透明導電体と同様に透明な材料を用い、発光光hを両面から取り出す構成としてもよい。

また、ボトムエミッション型、トップエミッション型及び両面発光型の有機電界発光素子においても、上述の第4実施形態の有機電界発光素子のよう、透明導電体をアノードとする構成以外にも、透明導電体をカソードとする構成にも適用可能である。

[0357] [有機電界発光素子の用途]

上述した各実施形態の有機電界発光素子は、上述したように面発光体であるため各種の発光光源として用いることができる。例えば、家庭用照明や車内照明などの照明装置、時計や液晶用のバックライト、看板広告用照明、信号機の光源、光記憶媒体の光源、電子写真複写機の光源、光通信処理機的光源、光センサーの光源等が挙げられるが、これに限定するものではなく、特にカラーフィルターと組み合わせた液晶表示装置のバックライト、照明用光

源としての用途に有効に用いることができる。

[0358] また、各実施形態の有機電界発光素子は、照明用や露光光源のような一種のランプとして使用してもよいし、画像を投影するタイプのプロジェクション装置や、静止画像や動画像を直接視認するタイプの表示装置（ディスプレイ）として使用してもよい。この場合、近年の照明装置及びディスプレイの大型化にともない、有機電界発光素子を設けた発光パネル同士を平面的に接合する、いわゆるタイリングによって発光面を大面積化してもよい。

[0359] 動画再生用の表示装置として使用する場合の駆動方式は、単純マトリクス（パッシブマトリクス）方式でもアクティブマトリクス方式でもどちらでもよい。また異なる発光色を有する本発明の有機電界発光素子を2種以上使用することにより、カラー又はフルカラー表示装置を作製することが可能である。

[0360] 〈5. 照明装置（第5実施形態）〉

[照明装置－1]

本発明の第5実施形態について説明する。第5実施形態は、電子デバイスの一例として上述の第4実施形態の有機電界発光素子を用いた照明装置について説明する。

[0361] 本実施形態の照明装置に用いる有機電界発光素子は、上述した第4実施形態の構成の有機電界発光素子に共振器構造を持たせた設計としてもよい。共振器構造として構成された有機電界発光素子の使用目的としては、光記憶媒体の光源、電子写真複写機の光源、光通信処理機の光源、光センサーの光源等が挙げられるが、これらに限定されない。また、レーザー発振をさせることにより上記用途に使用してもよい。

[0362] なお、有機電界発光素子に用いられる材料は、実質的に白色の発光を生じる有機電界発光素子（白色有機電界発光素子ともいう）に適用できる。例えば、複数の発光材料により複数の発光色を同時に発光させて混色により白色発光を得ることもできる。複数の発光色の組み合わせとしては、赤色、緑色、青色の3原色の3つの発光極大波長を含有させてもよいし、青色と黄色、

青緑と橙色等の補色の関係を利用した2つの発光極大波長を含有させてもよい。

[0363] また、複数の発光色を得るための発光材料の組み合わせは、複数のリン光又は蛍光で発光する材料の組み合わせや、蛍光又はリン光で発光する発光材料と、発光材料からの光を励起光として発光する色素材料との組み合わせでもよい。白色有機電界発光素子においては、発光ドーパントを複数組み合わせ混合してもよい。

[0364] このような白色有機電界発光素子は、各色発光の有機電界発光素子をアレー状に個別に並列配置して白色発光を得る構成と異なり、有機電界発光素子自体が白色を発光する。このため、素子を構成するほとんどの層の形成にマスクを必要とせず、一面に蒸着法、キャスト法、スピコート法、インクジェット法、印刷法等で例えば導電層を形成でき、生産性も向上する。

[0365] また、このような白色有機電界発光素子の発光層に用いる発光材料としては、特に制限はなく、例えば液晶表示素子におけるバックライトであれば、CF（カラーフィルター）特性に対応した波長範囲に適合するように、上述の有機電界発光素子の実施形態に記載の金属錯体、また公知の発光材料の中から任意の材料を選択して組み合わせ白色化すればよい。

[0366] 以上に説明した白色有機電界発光素子を用いれば、実質的に白色の発光を生じる照明装置を作製することが可能である。

[0367] [照明装置－2]

また、照明装置は、例えば有機電界発光素子を複数用いることにより、発光面を大面積化することもできる。この場合、基材上に有機電界発光素子設けた複数の発光パネルを、支持基板上に複数配列する（すなわちタイリングする）ことによって発光面を大面積化する。支持基板は、封止材を兼ねるものであってもよく、この支持基板と、発光パネルの基材との間に有機電界発光素子を挟持する状態で各発光パネルをタイリングする。支持基板と基材との間には接着剤を充填し、これによって有機電界発光素子を封止してもよい。尚、発光パネルの周囲には、透明導電体及び対向電極の端子を露出させ

ておく。

- [0368] このような構成の照明装置では、各発光パネルの中央が発光領域となり、発光パネル間には非発光領域が発生する。このため、非発光領域からの光取り出し量を増加させるための光取り出し部材を、光取り出し面の非発光領域に設けてもよい。光取り出し部材としては、集光シートや光拡散シートを用いることができる。

実施例 1

- [0369] 以下に実施例を挙げて本発明を具体的に説明するが、本発明はこれらに限定されるものではない。

[0370] [透明導電体の作製]

試料 101～130 の各透明導電体を、導電性領域の面積が $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ となるように作製した。下記表 2 に、試料 101～130 の各透明導電体の構成を示す。

[0371] [試料 101, 102 の透明導電体の作製]

以下のようにして、ポリエチレンテレフタレート (PET) 製の基材上に、下記表 2 に示すそれぞれの厚さで銀からなる金属層を形成した。

- [0372] まず、PET 製の基材を、市販の真空蒸着装置の基材ホルダーに固定し、真空蒸着装置の真空槽に取り付けた。また、タングステン製の抵抗加熱ボートに銀 (Ag) を入れ、当該真空槽内に取り付けた。次に、真空槽を $4 \times 10^{-4}\text{ Pa}$ まで減圧した後、抵抗加熱ボートを通電して加熱し、蒸着速度 $0.1\text{ nm/秒} \sim 0.2\text{ nm/秒}$ で、銀からなる金属層をそれぞれの厚さで形成した。試料 101 では厚さ 8 nm で形成し、試料 102 では厚さ 12 nm で形成した。

[0373] [試料 103 の透明導電体の作製]

以下のようにして、PET 製の基材上に、酸化インジウムスズ (ITO) からなるアドミッタンス調整層を 20 nm の厚さで形成し、この上部に銀からなる金属層を 8 nm の厚さで形成した。

- [0374] まず、透明な PET 製の基材を市販の電子ビーム蒸着装置の基材ホルダー

に固定し、酸化インジウムスズ（ITO）を加熱ボートに入れ、これらの基板ホルダーと加熱ボートとを電子ビーム蒸着装置の真空槽に取り付けた。また、タングステン製の抵抗加熱ボートに銀（Ag）を入れ、市販の真空蒸着装置の真空槽に取り付けた。

[0375] 次に、電子ビーム蒸着装置の真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、酸化インジウムスズ（ITO）の入った加熱ボートに電子ビームを照射して加熱し、蒸着速度 $0.1 \text{ nm/秒} \sim 0.2 \text{ nm/秒}$ で基材上に厚さ 20 nm のITOからなるアドミッタンス調整層を設けた。

[0376] 次に、アドミッタンス調整層まで形成した基材を真空のまま真空蒸着装置の真空槽に移し、当該真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、銀の入った加熱ボートを通電して加熱した。これにより、蒸着速度 $0.1 \text{ nm/秒} \sim 0.2 \text{ nm/秒}$ で厚さ 8 nm の銀からなる金属層を形成し、アドミッタンス調整層とこの上部の金属層との積層構造からなる試料 103 の透明導電体を得た。

[0377] [試料 104 の透明導電体の作製]

アドミッタンス調整層を酸化チタン（ TiO_2 ）で構成した以外は、上記試料 103 と同様の手順で試料 104 の透明導電体を得た。

[0378] [試料 105 の透明導電体の作製]

以下のようにして、PET製の基材上に、酸化インジウムスズ（ITO）からなるアドミッタンス調整層を 25 nm の厚さで形成した。また、この上部に上記表 1 に示す化合物 No. 10 からなる窒素含有化合物を 3 nm の厚さで形成し、有機化合物層を形成した。さらに、有機化合物層上に、導電層としてモリブデン（Mo）からなるモリブデン含有層（Mo層）を 0.1 nm の厚さで形成し、この上部に銀からなる金属層を 5 nm の厚さで形成した。

[0379] まず、PET製の基材を市販の電子ビーム蒸着装置の基材ホルダーに固定し、酸化インジウムスズ（ITO）を加熱ボートに入れ、これらの基板ホルダーと加熱ボートとを電子ビーム蒸着装置の真空槽に取り付けた。次に、モ

リブデン (Mo) のターゲットをスパッタリング装置の真空槽に取り付けた。また、タングステン製の抵抗加熱ボートに、上記表 1 に示す窒素含有化合物の化合物 No. 10 を入れ、真空蒸着装置の第 1 真空槽に取り付けた。さらに、タングステン製の抵抗加熱ボートに銀 (Ag) を入れ、真空蒸着装置の第 2 真空槽に取り付けた。

[0380] 次に、電子ビーム蒸着装置の真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、ITO の入った加熱ボートに電子ビームを照射し加熱して、蒸着速度 $0.1 \text{ nm/秒} \sim 0.2 \text{ nm/秒}$ で基板上に厚さ 25 nm の ITO からなるアドミッタンス調整層を設けた。

[0381] 続いて、アドミッタンス調整層まで形成した基板を真空のまま真空蒸着装置の第 1 真空槽に移し、第 1 真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、化合物 No. 10 の入った抵抗加熱ボートを通電して加熱した。これにより、蒸着速度 $0.1 \text{ nm/秒} \sim 0.2 \text{ nm/秒}$ で厚さ 3 nm の窒素含有化合物の化合物 No. 10 からなる有機化合物層を形成した。

[0382] 次に、有機化合物層まで形成した基板を真空のままスパッタリング装置の真空槽に移し、真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、Mo のターゲットに電圧を印加し、有機化合物層上に Mo からなるモリブデン含有層を 0.1 nm の厚さで設けた。

[0383] 次に、モリブデン含有層まで形成した基材を真空のまま真空蒸着装置の第 2 真空槽に移し、第 2 真空槽を 4×10^{-4} Pa まで減圧した後、銀の入った抵抗加熱ボートを通電して加熱した。これにより、蒸着速度 $0.1 \text{ nm/秒} \sim 0.2 \text{ nm/秒}$ で厚さ 5 nm の銀からなる金属層を形成した。

これにより、アドミッタンス調整層と、有機化合物層と、モリブデン含有層及び金属層からなる導電層とが、この順に積層された試料 105 の透明導電体を得た。

[0384] [試料 106 の透明導電体の作製]

モリブデン含有層を酸化モリブデン (MoO_3) で構成した以外は、上記試料 105 と同様の手順で試料 106 の透明導電体を得た。

[0385] [試料 107 の透明導電体の作製]

アドミッタンス調整層を、厚さ 20 nm の酸化チタン (TiO_2) で構成した以外は、上記試料 106 と同様の手順で試料 107 の透明導電体を得た。

[0386] [試料 108 の透明導電体の作製]

銀からなる金属層の厚さを 8 nm で構成した以外は、上記試料 106 と同様の手順で試料 108 の透明導電体を得た。

[0387] [試料 109 の透明導電体の作製]

銀からなる金属層の厚さを 8 nm で構成した以外は、上記試料 107 と同様の手順で試料 109 の透明導電体を得た。

[0388] [試料 110 の透明導電体の作製]

アドミッタンス調整層を酸化ニオブ (Nb_2O_5) で構成した以外は、上記試料 108 と同様の手順で試料 110 の透明導電体を得た。

[0389] [試料 111 の透明導電体の作製]

銀からなる金属層の厚さを 10 nm で構成した以外は、上記試料 110 と同様の手順で試料 111 の透明導電体を得た。

[0390] [試料 112 の透明導電体の作製]

銀からなる金属層の厚さを 12 nm で構成した以外は、上記試料 110 と同様の手順で試料 112 の透明導電体を得た。

[0391] [試料 113 の透明導電体の作製]

銀からなる金属層の厚さを 15 nm で構成した以外は、上記試料 110 と同様の手順で試料 113 の透明導電体を得た。

[0392] [試料 114 の透明導電体の作製]

以下のようにして、PET 製の基材上に、フッ化マグネシウム (MgF_2) からなる第 2 アドミッタンス調整層を 180 nm の厚さで形成し、この上部に酸化チタン (TiO_2) からなる第 1 アドミッタンス調整層を 20 nm の厚さで形成した。また、この上部に上記表 1 に示す化合物 No. 10 からなる窒素含有化合物を 3 nm の厚さで形成し、有機化合物層を形成した。さらに、有機化合物層上に、導電層として、モリブデン (Mo) からなるモリブデ

ン含有層（Mo層）を0.1 nmの厚さで形成し、この上部に銀からなる金属層を8 nmの厚さで形成した。

[0393] まず、PET製の基材を市販の電子ビーム蒸着装置の基材ホルダーに固定し、フッ化マグネシウム（ MgF_2 ）を加熱ボートに入れ、これらの基板ホルダーと加熱ボートとを電子ビーム蒸着装置の真空槽に取り付けた。さらに、酸化チタン（ TiO_2 ）を加熱ボートに入れ、当該電子ビーム蒸着装置の真空槽に取り付けた。次に、モリブデン（Mo）のターゲットをスパッタリング装置の真空槽に取り付けた。

[0394] 次に、タングステン製の抵抗加熱ボートに、上記表1に示す窒素含有化合物の化合物No. 10を入れ、真空蒸着装置の第1真空槽に取り付けた。さらに、タングステン製の抵抗加熱ボートに銀（Ag）を入れ、真空蒸着装置の第2真空槽に取り付けた。

[0395] 次に、電子ビーム蒸着装置の真空槽を 4×10^{-4} Paまで減圧した後、フッ化マグネシウム（ MgF_2 ）の入った加熱ボートに電子ビームを照射して加熱し、蒸着速度0.1 nm/秒～0.2 nm/秒で基材上に厚さ180 nmのフッ化マグネシウムからなる第2アドミッタンス調整層を設けた。

さらに、酸化チタン（ TiO_2 ）の入った加熱ボートに電子ビームを照射して加熱し、蒸着速度0.1 nm/秒～0.2 nm/秒で第2アドミッタンス調整層上に厚さ20 nmの酸化チタンからなる第1アドミッタンス調整層を設けた。

[0396] 続いて、アドミッタンス調整層まで形成した基板を真空のまま真空蒸着装置の第1真空槽に移し、第1真空槽を 4×10^{-4} Paまで減圧した後、化合物No. 10の入った抵抗加熱ボートを通電して加熱した。これにより、蒸着速度0.1 nm/秒～0.2 nm/秒で厚さ3 nmの窒素含有化合物の化合物No. 10からなる有機化合物層を形成した。

[0397] 次に、第1アドミッタンス調整層まで形成した基材を真空のままスパッタリング装置の真空槽に移し、真空槽を 4×10^{-4} Paまで減圧した後、Moのターゲットに電圧を印加し、第1アドミッタンス調整層上にMoからなる

モリブデン含有層を0.1 nmの厚さで設けた。

[0398] 次に、モリブデン含有層まで形成した基材を真空のまま真空蒸着装置の第2真空槽に移し、当該真空槽を 4×10^{-4} Paまで減圧した後、銀の入った加熱ボートを通电して加熱した。これにより、蒸着速度0.1 nm/秒～0.2 nm/秒で厚さ8 nmの銀からなる金属層を形成した。これにより、第2アドミッタンス調整層、第1アドミッタンス調整層、有機化合物層、及び、モリブデン含有層と金属層とからなる導電層が、この順に積層された試料114の透明導電体を得た。

[0399] [試料115の透明導電体の作製]

モリブデン含有層を酸化モリブデン(MoO_3)で構成した以外は、上記試料114と同様の手順で試料115の透明導電体を得た。

[0400] [試料116の透明導電体の作製]

第1アドミッタンス調整層を酸化ニオブ(Nb_2O_5)で構成した以外は、上記試料115と同様の手順で試料116の透明導電体を得た。

[0401] [試料117～130の透明導電体の作製]

有機化合物層を、下記表2に示す材料で構成した以外は、上記試料110と同様の手順で試料117～130の透明導電体を得た。試料117～130の有機化合物層に適用する表2に示す各材料は、上記表1に記載の化合物に対応する。

[0402] [実施例1の各試料の評価]

上記の方法で作製した試料101～130の各透明導電体の光学特性として、光学アドミッタンスの決定、吸収率（平均吸収率、最大吸収率、プラズモン吸収率：％）の測定を行った。

また、試料101～130の各透明導電体について、可視光平均透過率（％）、及び、表面抵抗（ $\Omega/\text{sq.}$ ）を測定した。

光学アドミッタンスの決定、吸収率（％）、可視光平均透過率（％）、及び、表面抵抗（ $\Omega/\text{sq.}$ ）の測定は、以下のように行った。

[0403] [アドミッタンスの決定方法]

透明導電体を構成する各界面のアドミッタンスは、薄膜設計ソフト *Essential Macleod Ver. 9.4.375* で算出した。なお、算出に必要な各層の厚み d 、屈折率 n 、及び吸収係数 k は、J. A. Woollam Co. Inc. 製の VB-250 型 VASE エリプソメーターで測定した。

[0404] [平均吸収率、最大吸収率の測定方法]

透明導電体の正面に対して、 5° 傾けた角度から測定光（波長 $450\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$ の光）を入射させ、日立株式会社製：分光光度計 U4100 にて、光の平均透過率及び平均反射率を測定した。そして、平均吸収率は、 $100 - (\text{平均透過率} + \text{平均反射率})$ の計算式より算出した。なお、測定光は、基材側から入射させた。

また、上記と同様の方法で波長 $450\text{ nm} \sim 800\text{ nm}$ の透過率及び反射率を測定した。そして、各波長における吸収率を $100 - (\text{透過率} + \text{反射率})$ の計算式より算出し、得られた値の最大値を最大吸収率とした。

[0405] [プラズモン吸収率の測定方法]

導電層のプラズモン吸収率は、以下のように測定した。

まず、透明ガラス基板上に、モリブデンを真空デバイス社製のマグネトロンスパッタ装置 (MSP-1S) を用いて基板上に 0.2 s (0.1 nm) で形成した。モリブデンの平均厚みは、スパッタ装置のメーカー公称値の成膜速度から算出した。その後、モリブデンが付着した基板上にシンクロン製の BMC-800T 蒸着機を用いて銀を 20 nm 形成した。このときの抵抗加熱は 210 A 、成膜レートは $5\text{ \AA/s}$ とした。

得られた導電層の反射率及び透過率を測定し、吸収率 $= 100 - (\text{透過率} + \text{反射率})$ として算出した。この導電層にはプラズモン吸収が無いと仮定し、実施例で作成した各試料の透明導電体の導電層の吸収率を測定したデータから差し引き、プラズモン吸収率を測定した。

光の透過率及び反射率は、日立株式会社製：分光光度計 U4100 にて測定した。

[0406] [可視光平均透過率の測定方法]

光透過率の測定は、分光光度計（日立製作所製U-3300）を用い、測定光（波長450nm～800nmの光）において、試料と同じ基材をベースラインとして光の平均透過率を測定した。

[0407] [表面抵抗の測定方法]

表面抵抗の測定は、抵抗率計（三菱化学社製MCP-T610）を用い、4端子4探針法定電流印加方式で行った。

[0408] 試料101～130の構成、並びに、光学アドミッタンス、吸収率（%）、可視光平均透過率（%）、及び、表面抵抗（ $\Omega/\text{sq.}$ ）の測定結果を下記表2に示す。

[0409]

[表2]

試料	試料の構成										光学特性						評価結果		備考		
	透明 支持体	透明導電体					光学アディタンス														
		第2 アディタンス 調整層	厚さ nm	第1 アディタンス 調整層	厚さ nm	有機 化合物層	厚さ nm	Mo層	金属層	厚さ nm	x1	y1	x2	y2	平均 吸収率 %	最大 吸収率 %	ガラス 吸収率 %	可視光 平均 透過率 %		表面 抵抗 $\Omega/\text{sq.}$	
101	PET	—	—	—	—	—	—	Ag	8	1.50	0.00	1.40	-0.96	0.00	>15%	>25%	>10%	47.2	58.2	比較	
102	↓	—	—	—	—	—	—	Ag	12	1.50	0.00	1.28	-1.37	0.00	>15%	<25%	<10%	61.5	15.2	比較	
103	↓	—	—	ITO	20	—	—	Ag	8	1.57	0.21	1.40	-1.23	-0.26	>15%	>25%	>10%	58.5	34.3	比較	
104	↓	—	—	TiO ₂	20	—	—	Ag	8	1.66	0.46	1.57	-1.06	-0.49	>15%	>25%	>10%	57.5	38.3	比較	
105	↓	—	—	ITO	25	No.10	3	Mo	Ag	5	1.64	0.27	1.65	-0.38	-0.10	11%	18%	14%	72.0	12.2	本発明
106	↓	—	—	ITO	25	No.10	3	MoO ₃	Ag	5	1.64	0.27	1.65	-0.38	-0.10	11%	18%	14%	71.9	12.4	本発明
107	↓	—	—	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	5	1.71	0.48	1.76	-0.19	-0.09	11%	16%	13%	72.2	11.8	本発明
108	↓	—	—	ITO	25	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.64	0.27	1.60	-0.75	-0.20	8%	8%	4%	75.0	8.3	本発明
109	↓	—	—	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.71	0.48	1.73	-0.58	-0.28	7%	7%	3%	76.1	8.6	本発明
110	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	6%	7%	3%	77.2	7.0	本発明
111	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	10	1.87	0.77	1.93	-0.62	-0.48	6%	7%	2%	77.5	6.9	本発明
112	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	12	1.87	0.77	1.88	-0.89	-0.69	6%	7%	1%	77.4	6.5	本発明
113	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	15	1.87	0.77	1.74	-1.27	-0.98	6%	7%	0.5%	77.1	6.2	本発明
114	↓	MgF ₂	180	TiO ₂	20	No.10	3	Mo	Ag	8	1.76	0.58	1.80	-0.49	-0.28	5%	7%	3%	78.6	7.0	本発明
115	↓	MgF ₂	180	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.76	0.58	1.80	-0.49	-0.28	5%	7%	3%	78.4	7.1	本発明
116	↓	MgF ₂	180	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.91	0.89	2.06	-0.25	-0.22	5%	7%	3%	78.6	7.0	本発明
117	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.1	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
118	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.4	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
119	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.39	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
120	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.40	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
121	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.38	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
122	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.7	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
123	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.8	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
124	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.9	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
125	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.11	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
126	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.12	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
127	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.13	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
128	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.14	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
129	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.15	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明
130	↓	—	—	Nb ₂ O ₅	20	No.18	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	>75	<10	本発明

[0410] [実施例1の評価結果]

アドミッタンス調整層、有機化合物層、及び、モリブデン含有層と金属層とからなる導電層がこの順に形成されている試料105～130の透明導電体では、各吸収率が低く、可視光平均透過率、表面抵抗においても良好な結果が得られた。

[0411] 試料101～104では、有機化合物層、及び、モリブデン含有層が形成されていないため、有機化合物層、及び、モリブデン含有層が形成された試料105～130に比べ、導電層を構成するAg層の均一性が悪く、透明導電体の光吸収率が大きい。このため、可視光平均透過率、及び、表面抵抗も悪化している。

[0412] また、試料101～104の中では、アドミッタンス調整層を備える試料103及び試料104が、アドミッタンス調整層を備えない試料101に比べて、可視光平均透過率が向上している。この結果から、アドミッタンス調整層を備えることにより、透明導電体の光透過率が向上することがわかる。

[0413] 試料105～107は、金属層が5nmであり、試料108～110は、金属層が8nmである。また、試料111～113は、金属層がそれぞれ10nm、12nm、15nmである。これらの試料を比較すると、金属層の厚さが大きくなるほど、表面抵抗が低下する傾向にある。

さらに、金属層の厚さが大きくなるほど、金属層の表面形状に依存するプラズモン吸収も低下している。

一方で、金属層の厚さが増加すると導電層自体の吸収が増加するため、試料111～113では、透明導電体の可視光平均透過率では、あまり変化がない。

従って、金属層の厚さを8nm以上とすることにより、導電層の膜質が向上し、透明導電体の光透過率を向上させることができる。ただし、金属層の厚さが15nmより増加するとプラズモン吸収率の低下よりも、導電層自体の吸収が増加の方が大きくなるため、金属層の厚さを15nm以下とする必要がある。

[0414] アドミッタンス調整層を2層設けた試料114～116は、同じ厚さの導

電層を設けた試料 109 や試料 110 に比べて、平均吸収率が低下し、可視光平均透過率が向上している。このように、試料 114 ~ 116 のように、アドミッタンス調整層を複数形成することにより、導体層の光学アドミッタンスを容易に調整することができる。そして、導体層の光学アドミッタンスを好ましく調整することにより、透明導電体の光透過率を向上させることができる。

[0415] また、有機化合物層を構成する材料が異なる試料 117 ~ 130 では、可視光平均透過率及び表面抵抗において、それぞれ同等な良好な結果が得られた。従って、上記表 1 に記載されているような、有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が $2.0 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ の化合物を用いて構成された有機化合物層と、モリブデン含有層とを有することにより、均質性の高い導電層が形成される。つまり、有機化合物層と、モリブデン含有層とを有することにより、金属層が単層成長型 (Frank-van der Merwe : FM 型) の成長によって形成され、金属層の均質性が向上する。このため、可視光平均透過率及び表面抵抗に優れた透明導電体を構成することができる。

[0416] 試料 105 と試料 106、試料 114 と試料 115 とは、モリブデン含有層を構成する材料が、モリブデン (Mo) とモリブデン酸化物 (MoO₃) である。これらの試料を比較すると、両者とも同程度の結果が得られている。このため、モリブデン含有層としては、モリブデン単体以外にも、モリブデン酸化物等のモリブデンを含む化合物を用いることができる。

[0417] 試料 108 ~ 110 は、アドミッタンス調整層をそれぞれ ITO、TiO₂、Nb₂O₅ で構成した試料である。これらの試料では、光学アドミッタンス x_1 及び x_2 が大きくなると、透明導電体の光吸収率が低下している。特に、 x_1 及び x_2 が 1.8 未満の試料 108 及び試料 109 に対し、 x_1 及び x_2 が 1.8 以上の試料 110 は、透明導電体の吸収率が低下している。そして、最も x_1 及び x_2 が大きい試料 110 は、光吸収率が最も低い。同様に、最も x_1 及び x_2 が大きい試料 110 は、可視光平均透過率が最も大きい。

このため、 x_1 及び x_2 を大きくすることにより、透明導電体の光吸収率が

低下することがわかる。

実施例 2

[0418] [ボトムエミッション型の有機電界発光素子の作製]

実施例 1 で作製した透明導電体の試料 101～130 を、アノードとして発光機能層の下部に設けたボトムエミッション型の有機電界発光素子（有機 EL 素子）の試料 201～230 を作製した。図 13 を参照し、作製手順を説明する。尚、下記表 3 には、試料 201～230 の有機電界発光素子に用いた透明導電体の構成を示している。各有機電界発光素子の試料 201～230 には、試料番号の下 2 ケタが一致する実施例 1 の各試料 101～130 の透明導電体を用いた。

[0419] [試料 201～230 の有機電界発光素子の作製手順]

（透明導電体の形成）

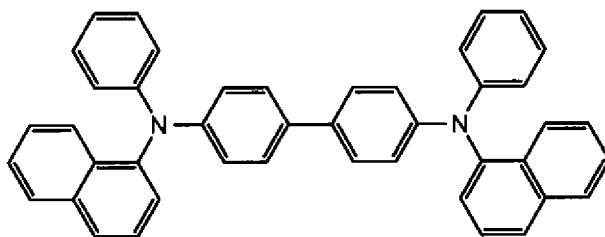
先ず、試料 201～230 の作製において、透明なポリエチレンテレフタレート（PET）製の基材 51 の上部に、各透明導電体 52 を形成した。各透明導電体 52 の形成は、実施例 1 の試料 101～130 と同様の手順で行った。

[0420] （正孔輸送・注入層の形成）

次に、正孔輸送注入材料として下記構造式に示す α -NPD が入った加熱ボートに通電して加熱し、 α -NPD よりなる正孔注入層と正孔輸送層とを兼ねた正孔輸送・注入層 53 を、透明導電体 52 上に形成した。この際、蒸着速度 0.1 nm/秒～0.2 nm/秒、厚さ 20 nm とした。

[0421] [化68]

α -NPD

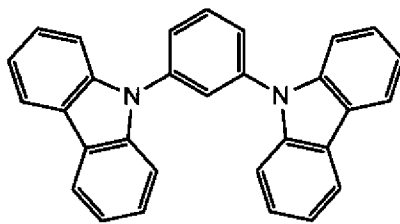


[0422] (発光層の形成)

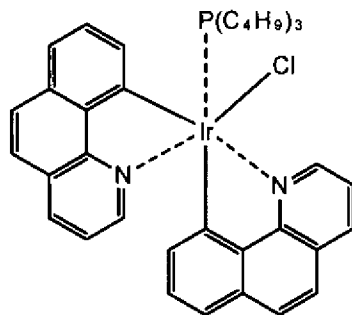
次に、下記構造式に示すホスト材料H4の入った加熱ボートと、下記構造式に示す燐光発光性化合物Ir-4の入った加熱ボートとを、それぞれ独立に通電し、ホスト材料H4と燐光発光性化合物Ir-4とよりなる発光層54を、正孔輸送・注入層53上に形成した。この際、蒸着速度がホスト材料H4：燐光発光性化合物Ir-4＝100：6となるように、加熱ボートの通電を調節した。また、発光層54の厚さを30nmとした。

[0423] [化69]

H4



Ir-4



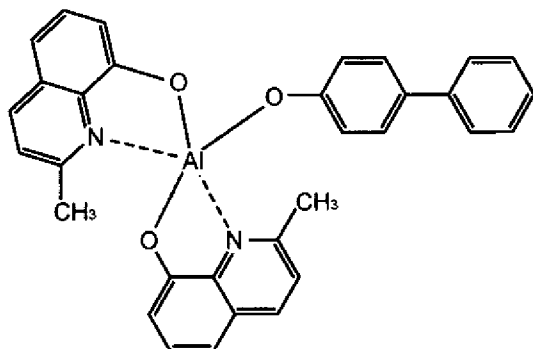
[0424] (正孔阻止層の形成)

次に、正孔阻止材料として下記構造式に示すBAIqが入った加熱ボートに通電して加熱し、BAIqよりなる正孔阻止層55を、発光層54上に形成した。この際、蒸着速度0.1nm/秒～0.2nm/秒、厚さ10nmとした。

[0425]

[化70]

BAIq



[0426] (電子輸送・注入層の形成)

その後、電子輸送材料として、先に構造式を示した化合物10の入った加熱ボートと、フッ化カリウムの入った加熱ボートとを、それぞれ独立に通電し、化合物10とフッ化カリウムとよりなる電子注入層と電子輸送層とを兼ねた電子輸送・注入層56を、正孔阻止層55上に形成した。この際、蒸着速度が化合物10：フッ化カリウム＝75：25になるように、加熱ボートの通電を調節した。また厚さ30nmとした。

[0427] (対向電極：カソードの形成)

以上の後には、発光機能層が形成された基材51を、真空蒸着装置の真空槽内に移送し、第2真空槽内を 4×10^{-4} Paまで減圧した後、真空槽内に取り付けられたアルミニウムの入った抵抗加熱ボートを通電して加熱した。これにより、蒸着速度0.3nm/秒で厚さ100nmのアルミニウムからなる対向電極57を形成した。この対向電極57は、カソードとして用いられる。

以上の方法により、基材51上に、ボトムエミッション型の有機電界発光素子を形成した。

[0428] (素子の封止)

その後、有機電界発光素子を、厚さ300μmのガラス基板からなる封止材で覆い、有機電界発光素子を囲む状態で、透明封止材と基材51との間に

接着剤（シール材）を充填した。接着剤としては、エポキシ系光硬化型接着剤（東亜合成社製ラックストラックLC0629B）を用いた。透明封止材と基材51との間に充填した接着剤に対して、ガラス基板（透明封止材）側からUV光を照射し、接着剤を硬化させて有機電界発光素子を封止した。

[0429] 尚、有機電界発光素子の形成においては、各層の形成に蒸着マスクを使用し、 $5\text{ cm} \times 5\text{ cm}$ の基材51における中央の $4.5\text{ cm} \times 4.5\text{ cm}$ を発光領域とし、発光領域の全周に幅 0.25 cm の非発光領域を設けた。また、アノードである透明導電体52の導電層と、カソードである対向電極57とは、正孔輸送・注入層53から電子輸送・注入層56によって絶縁された状態で、基材51の周縁に端子部分を引き出された形状で形成した。

[0430] 以上のようにして、基材51上に有機電界発光素子を設け、これを透明封止材と接着剤とで封止した試料201～230の有機電界発光素子の各発光パネルを得た。これらの各発光パネルにおいては、発光層54で発生した各色の発光光hが、基材51側から取り出される。

[0431] [実施例2の各試料の評価]

試料201～230で作製した有機電界発光素子について、駆動電圧（V）、及び、色変化（ $\Delta x y$ ）を測定した。この結果を下記表3に合わせて示す。

[0432] [駆動電圧の測定方法]

駆動電圧の測定においては、各試料201～230の有機電界発光素子の透明導電体52側（すなわち基材51側）での正面輝度が 1000 cd/m^2 となるときの電圧を駆動電圧として測定した。なお、輝度の測定には分光放射輝度計CS-2000（コニカミノルタセンシング製）を用いた。得られた駆動電圧の数値が小さいほど、好ましい結果であることを表わす。

[0433] [色変化の測定方法]

色変化の測定においては、各試料201～230の有機電界発光素子に 2.5 mA/cm^2 の電流を加え、角度の異なる位置からCIE1931表色系における色度を測定した。この際、透明導電体52側の発光面に対する法線

方向となる 0° の位置と、垂直水平（上下左右）方向にそれぞれ 45° の各位置とで色度を測定した。角度の異なる位置において測定した色度の差を、色変化（ $\Delta x y$ ）として下記表3に示した。色変化は、色度の視野角特性を表し、数値が小さいほど好ましい結果となる。

[0434] 試料201～230の構成、並びに、駆動電圧（V）、及び、色変化（ $\Delta x y$ ）の測定結果を下記表3に示す。

[0435]

[表3]

試料	試料の構成										光学特性						評価結果		備考	
	透明導電体			光学アドミタンス							吸収率		駆動電圧 V	色変化 Δxy						
	透明 支持体	第2 アトミタンス 調整層	第1 アトミタンス 調整層	厚さ nm	有機 化合物層	厚さ nm	Mo層	金属層	厚さ nm	x1	y1	x2			y2	y1×y2	平均 吸収率 %	最大 吸収率 %		フラスモン 吸収率 %
201	PET	—	—	—	—	—	—	Ag	8	1.50	0.00	1.40	-0.96	0.00	>15%	>25%	>10%	発光せず	比較	
202	↓	—	—	—	—	—	—	Ag	12	1.50	0.00	1.28	-1.37	0.00	>15%	<25%	<10%	<5	0.15	比較
203	↓	—	ITO	20	—	—	—	Ag	8	1.57	0.21	1.40	-1.23	-0.26	>15%	>25%	>10%	発光せず	比較	
204	↓	—	TiO ₂	20	—	—	—	Ag	8	1.66	0.46	1.57	-1.06	-0.49	>15%	>25%	>10%	発光せず	比較	
205	↓	—	ITO	25	No.10	3	Mo	Ag	5	1.64	0.27	1.65	-0.38	-0.10	11%	18%	14%	6	0.09	本発明
206	↓	—	ITO	25	No.10	3	MoO ₃	Ag	5	1.64	0.27	1.65	-0.38	-0.10	11%	18%	14%	6	0.09	本発明
207	↓	—	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	5	1.71	0.48	1.76	-0.19	-0.09	11%	16%	13%	<5	0.05	本発明
208	↓	—	ITO	25	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.64	0.27	1.60	-0.75	-0.20	8%	8%	4%	<5	0.04	本発明
209	↓	—	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.71	0.48	1.73	-0.58	-0.28	7%	7%	3%	<5	0.03	本発明
210	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	6%	7%	3%	<5	0.03	本発明
211	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	10	1.87	0.77	1.93	-0.62	-0.48	6%	7%	2%	<5	0.04	本発明
212	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	12	1.87	0.77	1.88	-0.89	-0.69	6%	7%	1%	<5	0.05	本発明
213	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	15	1.87	0.77	1.74	-1.27	-0.98	6%	7%	0.5%	<5	0.06	本発明
214	↓	MgF ₂	180	TiO ₂	20	No.10	3	Mo	Ag	1.76	0.58	1.80	-0.49	-0.28	5%	7%	3%	<5	0.02	本発明
215	↓	MgF ₂	180	TiO ₂	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	1.76	0.58	1.80	-0.49	-0.28	5%	7%	3%	<5	0.02	本発明
216	↓	MgF ₂	180	Nb ₂ O ₅	20	No.10	3	MoO ₃	Ag	1.91	0.89	2.06	-0.25	-0.22	5%	7%	3%	<5	0.02	本発明
217	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.1	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
218	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.4	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
219	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.39	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
220	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.40	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
221	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.38	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
222	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.7	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
223	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.8	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
224	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.9	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
225	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.11	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
226	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.12	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
227	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.13	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
228	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.14	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.05	本発明
229	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.15	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.06	本発明
230	↓	—	Nb ₂ O ₅	20	No.18	3	MoO ₃	Ag	8	1.87	0.77	1.97	-0.34	-0.26	<10%	<10%	<5%	<5	<0.07	本発明

[0436] [実施例2の評価結果]

アドミッタンス調整層、有機化合物層、及び、モリブデン含有層と金属層とからなる導電層がこの順に形成された透明導電体を備える試料205～230の有機EL素子では、駆動電圧、色変化共に良好な結果が得られた。

[0437] 試料201～204の有機EL素子では、金属層を12nm形成した試料202を除き、発光しなかった。また、試料202においても、色変化の測定結果が大きく、十分な結果が得られなかった。

[0438] 金属層を5nm形成した試料205～207に比べると、金属層を8nm以上形成した試料208～213では、駆動電圧が低く、色変化も小さい、良好な結果が得られた。

[0439] また、色変化の測定結果を見ると、アドミッタンス調整層として TiO_2 や Nb_2O_5 を用いた試料207、試料209～213では、アドミッタンス調整層としてITOを用いた試料205、試料206及び試料208に比べて、良好な結果が得られた。この結果から、アドミッタンス調整層としては、 TiO_2 や Nb_2O_5 を用いることが好ましいと考えられる。

[0440] さらに、アドミッタンス調整層を2層設けた試料214～216は、同じ厚さの導電層を設けた試料209や試料210に比べて、色変化の測定結果で良好な結果が得られた。つまり、試料214～216のように、アドミッタンス調整層を複数形成することにより、導電層の光学アドミッタンスを調整することが可能となり、有機EL素子の光学特性を向上させることが可能となる。

符号の説明

[0441] 10, 20, 30, 52・・・透明導電体、11, 51・・・基材、12・・・有機化合物層、13・・・モリブデン含有層、14・・・金属層、15・・・導電層、21・・・アドミッタンス調整層、31・・・第1アドミッタンス調整層、32・・・第2アドミッタンス調整層、40・・・有機電界発光素子、46・・・発光機能層、46a・・・正孔注入層、46b・・・正孔輸送層、46c, 54・・・発光層、46d・・・電子輸送層、46e・・・電子注入層、47, 57・・・対向電極、53・・・正孔輸送・注

入層、55・・・正孔阻止層、56・・・電子輸送・注入層

請求の範囲

- [請求項1] 有機化合物層と、
前記有機化合物層に隣接して設けられた導電層と、を備え、
前記導電層は、銀（Ag）を主成分とする金属層と、モリブデン（Mo）を含むモリブデン含有層とからなり、
前記モリブデン含有層が、前記導電層において前記有機化合物層側に設けられている
透明導電体。
- [請求項2] 前記有機化合物層が、ルイス塩基を有する化合物からなる請求項1に記載の透明導電体。
- [請求項3] 前記ルイス塩基を有する化合物は、当該化合物に含まれる窒素原子（N）又は硫黄原子が有する非共有電子対のうち、芳香族性に関与せずかつ金属に配位していない非共有電子対の数を n 、分子量を M とした場合の有効非共有電子対含有率 $[n/M]$ が、 $2.0 \times 10^{-3} \leq [n/M]$ となる請求項2に記載の透明導電体。
- [請求項4] 前記金属層の厚さが、3 nm以上15 nm以下である請求項1に記載の透明導電体。
- [請求項5] 前記有機化合物層の前記導電層が形成されている面と反対側の面に、アドミッタンス調整層を有し、
前記導電層の前記有機化合物層側の界面における波長570 nmの光学アドミッタンスを $Y_1 = x_1 + i y_1$ 、前記導電層の前記有機化合物層と反対側の界面における波長570 nmの光学アドミッタンスを $Y_2 = x_2 + i y_2$ 、で表した場合に、 x_1 及び x_2 の少なくとも一方が1.6以上である
請求項1に記載の透明導電体。
- [請求項6] 前記アドミッタンス調整層が、誘電性材料、又は、酸化物半導体材料を含有する請求項5に記載の透明導電体。
- [請求項7] 前記導電層のプラズモン吸収率が、波長400 nm～800 nmの

全範囲で15%以下である請求項5に記載の透明導電体。

[請求項8] x_1 及び x_2 が共に1.6以上である請求項5に記載の透明導電体

。

[請求項9] 前記光学アドミッタンス Y_1 の y_1 と、前記光学アドミッタンス Y_2 の y_2 とが、 $y_1 \times y_2 < 0$ の関係を満たす請求項5に記載の透明導電体。

[請求項10] 前記アドミッタンス調整層が、 TiO_2 、又は、 Nb_2O_5 を含む請求項5に記載の透明導電体。

[請求項11] 前記アドミッタンス調整層の屈折率が1.8以上2.5以下である請求項5に記載の透明導電体。

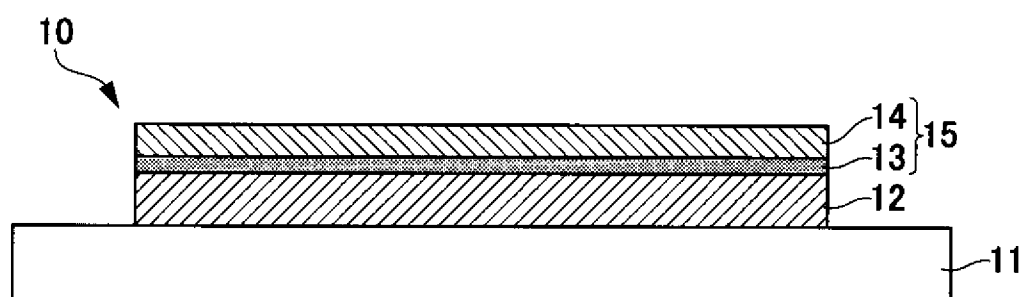
[請求項12] 前記アドミッタンス調整層が、第1アドミッタンス調整層と、第2アドミッタンス調整層とからなり、前記第1アドミッタンス調整層側に前記有機化合物層が設けられている請求項5に記載の透明導電体。

[請求項13] 前記第1アドミッタンス調整層の屈折率が、前記第2アドミッタンス調整層の屈折率よりも0.2以上大きい請求項12に記載の透明導電体。

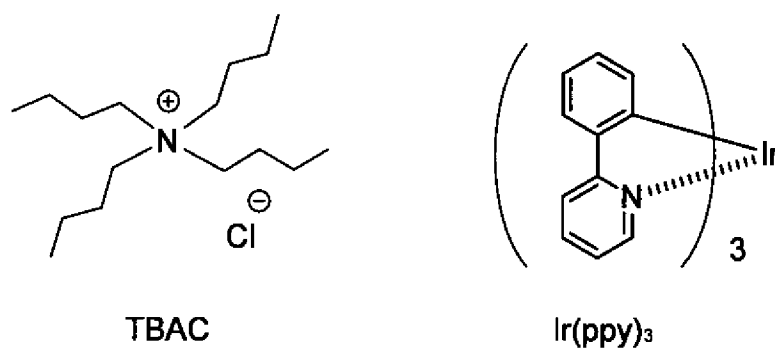
[請求項14] 前記請求項1から13のいずれかに記載の透明導電体を備える電子デバイス。

[請求項15] 前記透明導電体上に発光機能層を有する請求項14に記載の電子デバイス。

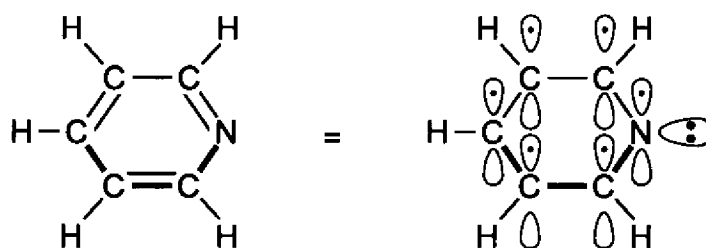
[図1]

FIG. 1

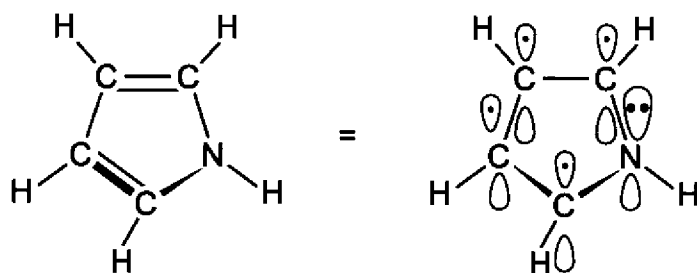
[図2]

FIG. 2

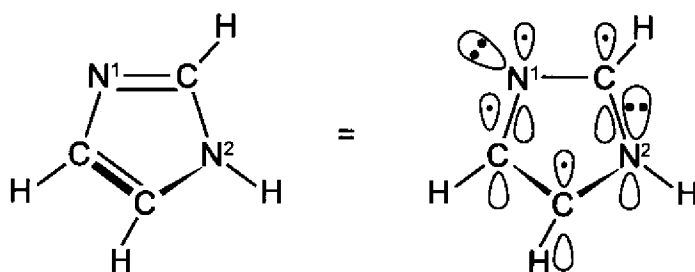
[図3]

FIG. 3

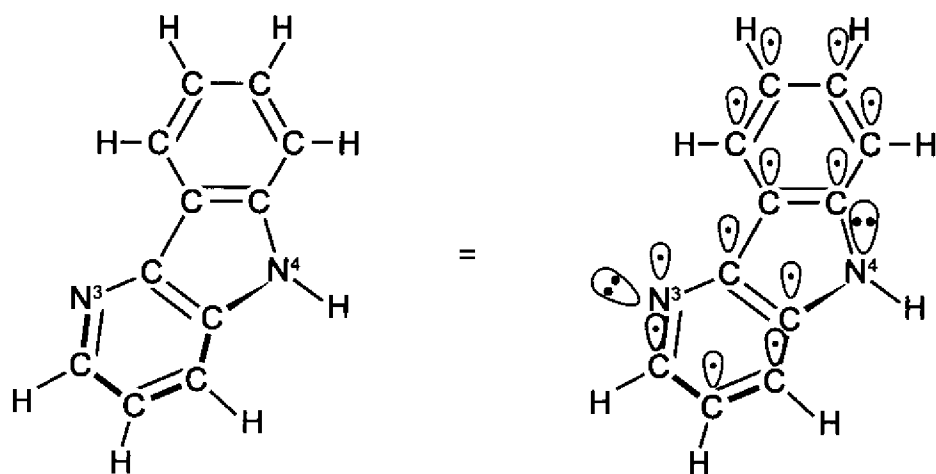
[図4]

FIG. 4

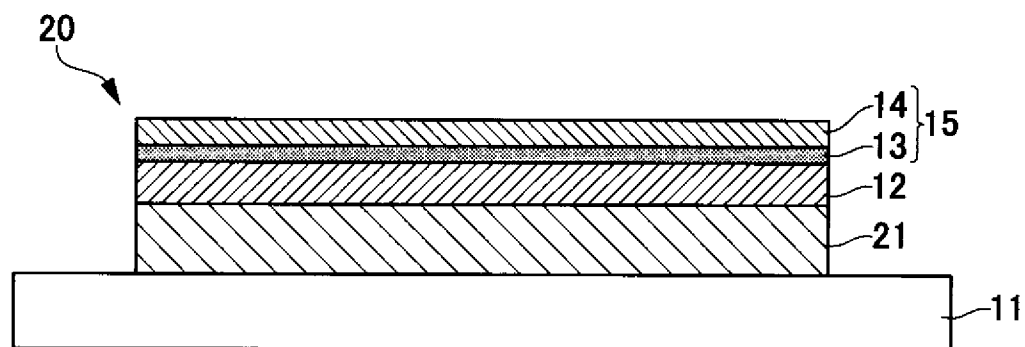
[図5]

FIG. 5

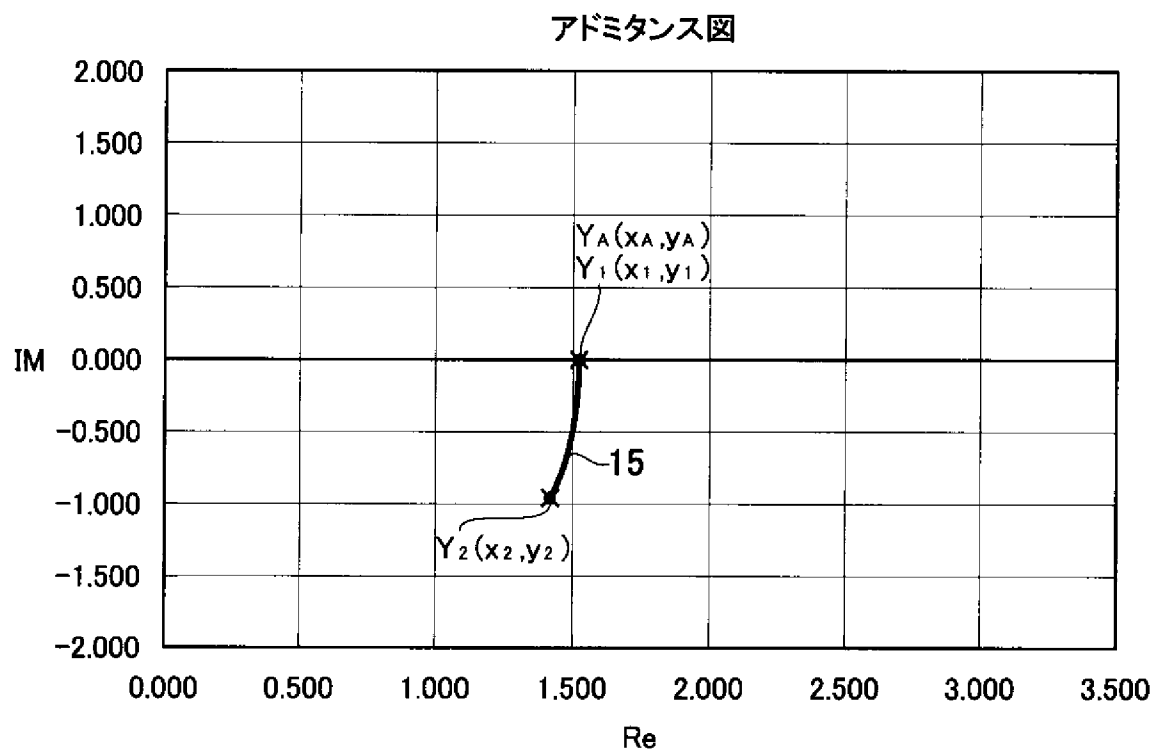
[図6]

FIG. 6

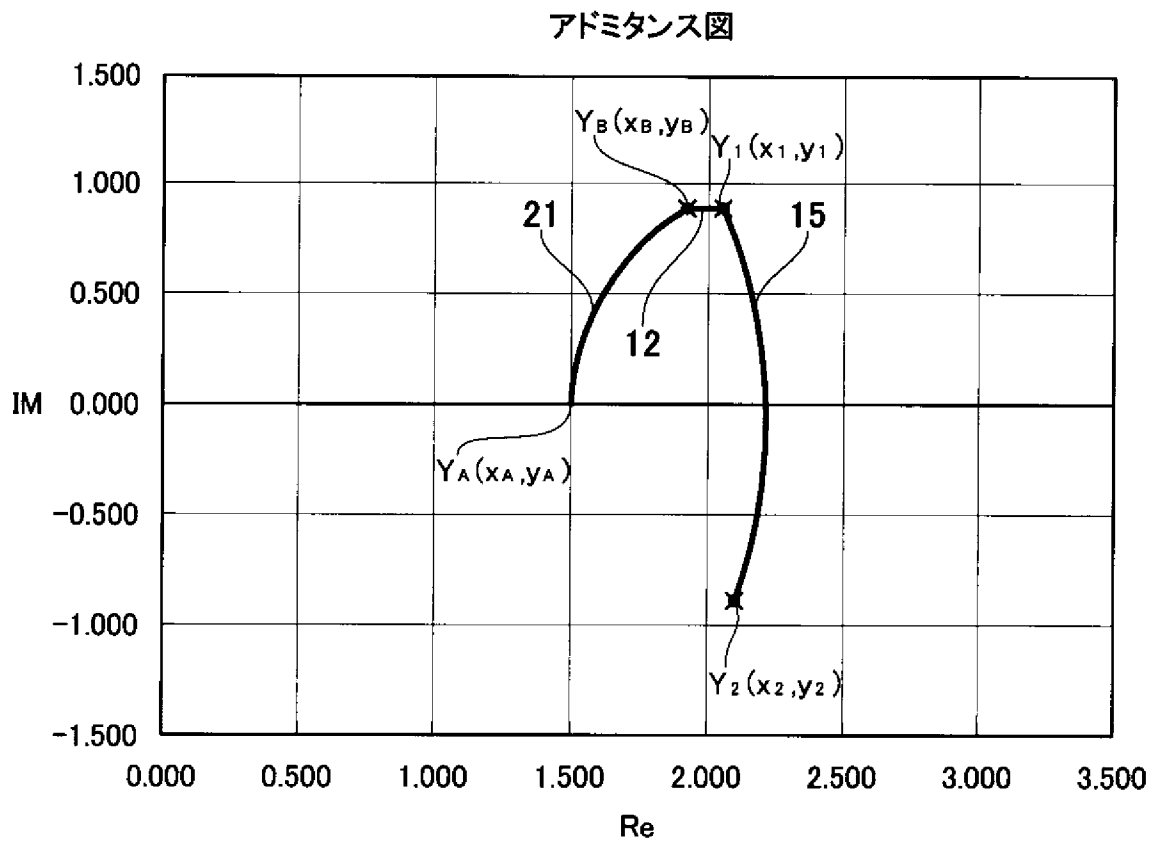
[図7]

FIG. 7

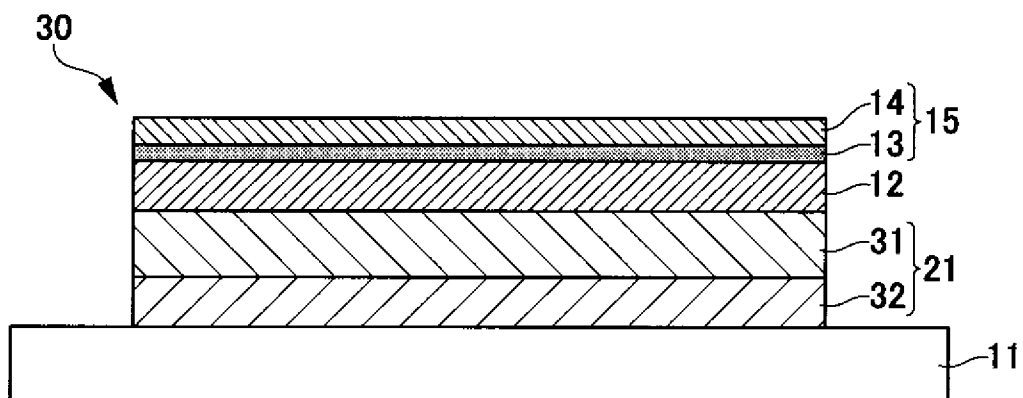
[図8]

FIG. 8

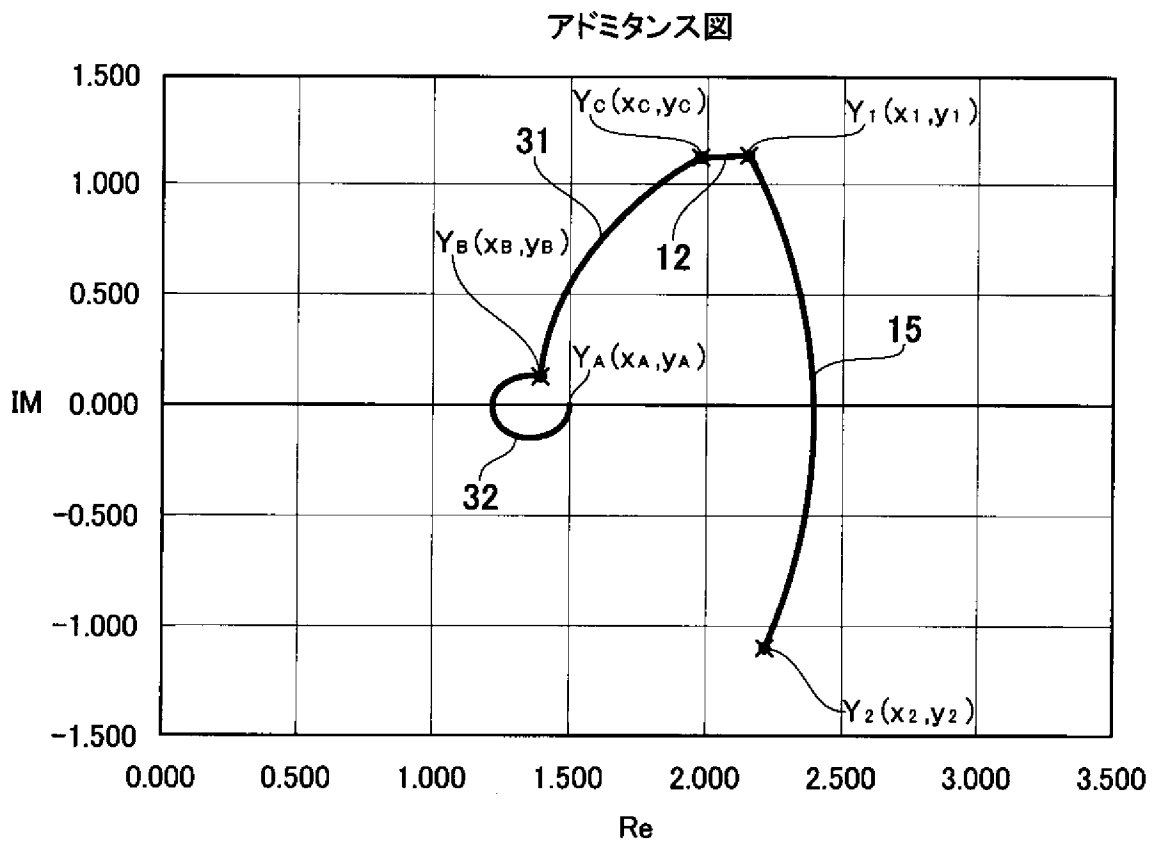
[図9]

FIG. 9

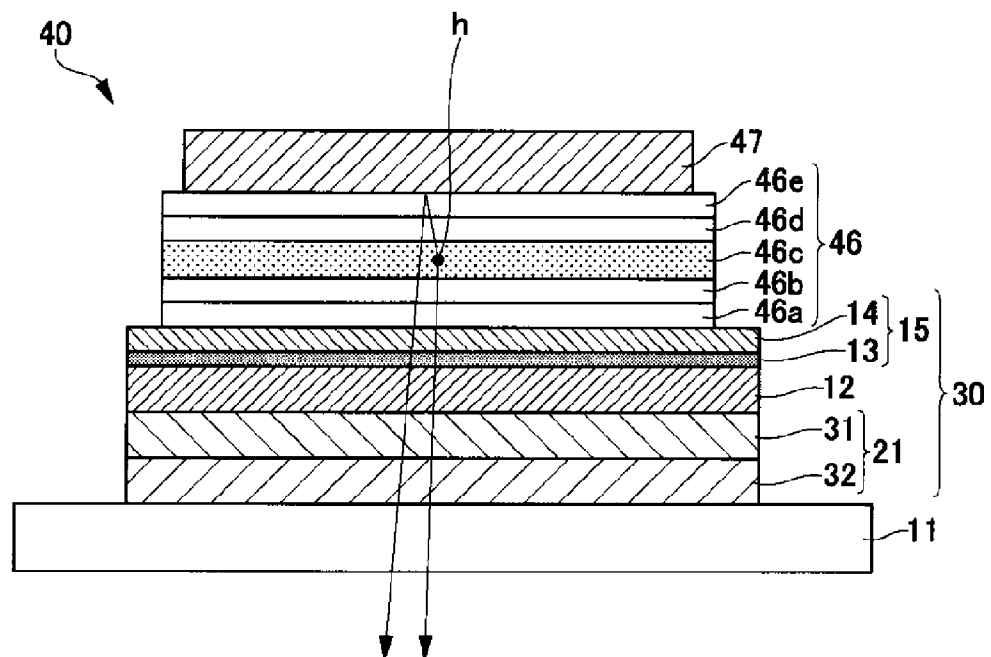
[図10]

FIG. 10

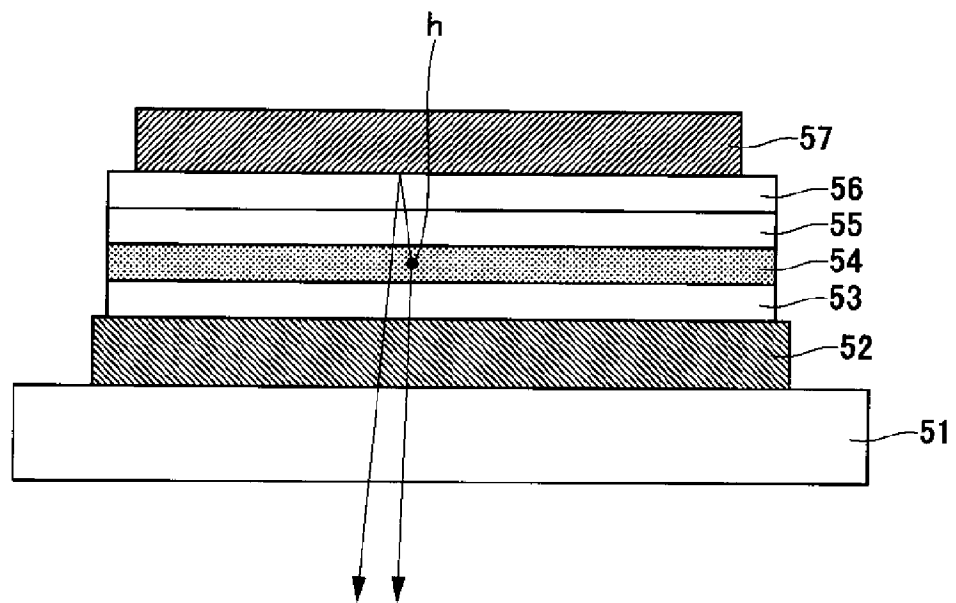
[図11]

FIG. 11

[図12]

FIG. 12

[図13]

FIG. 13

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H05B33/28(2006.01)i, H01B5/14(2006.01)i, H01L51/50(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)

H05B33/28, H01B5/14, H01L51/50

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.
Y A	JP 2008-171637 A (Fuji Electric Holdings Co., Ltd.), 24 July 2008 (24.07.2008), claims 1 to 18; paragraphs [0009] to [0012], [0021] to [0027], [0081]; fig. 1(b) (Family: none)	1-4, 14-15 5-13
Y A	JP 9-291355 A (Asahi Glass Co., Ltd.), 11 November 1997 (11.11.1997), claims 1 to 2; paragraphs [0012] to [0014] (Family: none)	1-4, 14-15 5-13
A	JP 10-264287 A (Mitsui Chemicals, Inc.), 06 October 1998 (06.10.1998), claims 1 to 9; paragraphs [0017] to [0030] (Family: none)	1-15

☒ 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
24 July, 2014 (24.07.14)

Date of mailing of the international search report
05 August, 2014 (05.08.14)

Name and mailing address of the ISA/
Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2014/061790

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2006-184849 A (Toppan Printing Co., Ltd.), 13 July 2006 (13.07.2006), claims 1 to 9; paragraphs [0026] to [0038], [0046] to [0051] (Family: none)	1-15
A	JP 2010-212692 A (Saint-Gobain Glass France), 24 September 2010 (24.09.2010), claims 1 to 24; paragraph [0039] & US 2004/0144419 A1 & EP 1356528 A & FR 2820241 A & BR 206785 A & CN 1533610 A & AU 2002233459 A & MX PA03006682 A	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C））

Int.Cl. H05B33/28(2006.01)i, H01B5/14(2006.01)i, H01L51/50(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. H05B33/28, H01B5/14, H01L51/50

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
Y A	JP 2008-171637 A（富士電機ホールディングス株式会社） 2008. 07. 24, 【請求項 1】-【請求項 18】，段落【0009】-【0012】，【0021】-【0027】， 【0081】，【図 1(b)】 (ファミリーなし)	1-4, 14-15 5-13
Y A	JP 9-291355 A（旭硝子株式会社）1997. 11. 11, 【請求項 1】-【請求項 2】，段落【0012】-【0014】 (ファミリーなし)	1-4, 14-15 5-13

☒ 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 4 . 0 7 . 2 0 1 4

国際調査報告の発送日

0 5 . 0 8 . 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 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）

素川 慎司

2 0

4 8 4 4

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
A	JP 10-264287 A (三井化学株式会社) 1998. 10. 06, 【請求項 1】 - 【請求項 9】 , 段落 【0017】 - 【0030】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2006-184849 A (凸版印刷株式会社) 2006. 07. 13, 【請求項 1】 - 【請求項 9】 , 段落 【0026】 - 【0038】 , 【0046】 - 【0051】 (ファミリーなし)	1-15
A	JP 2010-212692 A (サンヨーバン グラス フランス) 2010. 09. 24, 【請求項 1】 - 【請求項 24】 , 段落 【0039】 & US 2004/0144419 A1 & EP 1356528 A & FR 2820241 A & BR 206785 A & CN 1533610 A & AU 2002233459 A & MX PA03006682 A	1-15