

(19) 日本国特許庁(JP)

## (12) 公表特許公報(A)

(11) 特許出願公表番号

特表2004-535051  
(P2004-535051A)

(43) 公表日 平成16年11月18日(2004.11.18)

(51) Int.Cl. <sup>7</sup>	F 1	テマコード (参考)
<b>H05B 33/14</b>	H05B 33/14	B 3K007
<b>C07C 15/60</b>	C07C 15/60	4H006
<b>C09K 11/06</b>	C09K 11/06	610
<b>// C07C 15/62</b>	C09K 11/06	640
	C09K 11/06	645
	審査請求 未請求 予備審査請求 有 (全 125 頁) 最終頁に続く	
(21) 出願番号	特願2003-513286 (P2003-513286)	(71) 出願人 000005201
(86) (22) 出願日	平成14年7月10日 (2002.7.10)	富士写真フィルム株式会社
(85) 翻訳文提出日	平成16年1月8日 (2004.1.8)	神奈川県南足柄市中沼210番地
(86) 國際出願番号	PCT/JP2002/006998	(74) 代理人 100080012
(87) 國際公開番号	W02003/007658	弁理士 高石 橘馬
(87) 國際公開日	平成15年1月23日 (2003.1.23)	(72) 発明者 五十嵐 達也
(31) 優先権主張番号	特願2001-211269 (P2001-211269)	神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写
(32) 優先日	平成13年7月11日 (2001.7.11)	真フィルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	(72) 発明者 邱 雪鵬
(31) 優先権主張番号	特願2001-329676 (P2001-329676)	神奈川県南足柄市中沼210番地 富士写
(32) 優先日	平成13年10月26日 (2001.10.26)	真フィルム株式会社内
(33) 優先権主張国	日本国 (JP)	F ターム (参考) 3K007 AB01 AB04 AB11 DB03 4H006 AA03 AB91

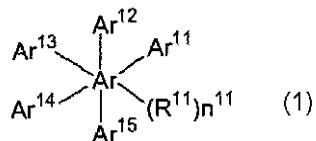
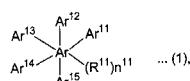
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】発光素子及び芳香族化合物

## (57) 【要約】

一対の電極間に発光層又は発光層を含む複数の有機層を有し、前記発光層又は前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層は、下記一般式(1)：

## 【化1】



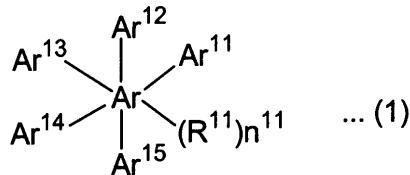
(ただし、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $\text{Ar}$ はベンゼン環、ナフタレン環、フェナントレン環又はアントラセン環を表し、 $\text{Ar}$ 、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ のうち少なくとも1つは縮環したアリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基、あるいは縮環したアリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基であり、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することなく、 $\text{R}^{11}$ は置換基を表し、 $n^{11}$ は0以上の整数を表す。)により表される少なくとも1種の化合物を含有することを特徴とする発光素子

## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

一対の電極間に発光層又は発光層を含む複数の有機層を有する発光素子において、前記発光層又は前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層が、下記一般式(1):

## 【化 1】



10

(ただし、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $Ar$ はベンゼン環、ナフタレン環、フェナントレン環又はアントラセン環を表し、 $Ar$ 、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ のうち少なくとも1つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基であり、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することなく、 $R^{11}$ は置換基を表し、 $n^{11}$ は0以上の整数を表す。)により表される少なくとも1種の化合物を含有することを特徴とする発光素子。

20

## 【請求項 2】

前記一般式(1)における $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ のうち少なくとも1つはピレニル基である請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 3】

前記一般式(1)における $R^{11}$ 、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ のうち少なくとも4つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

30

## 【請求項 4】

前記一般式(1)における $R^{11}$ 、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ のうち少なくとも1つはナフチル基、フェナ NSリル基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

30

## 【請求項 5】

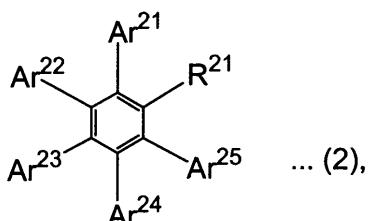
前記一般式(1)により表される化合物が一重項励起状態から発光する請求項1に記載の発光素子。

40

## 【請求項 6】

前記一般式(1)により表される化合物が下記一般式(2):

## 【化 2】



40

(ただし、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも1つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基であり、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することなく、 $R^{21}$ は水素原子又は置換基を表す。)により表されることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 7】

前記一般式(2)における $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 及び $Ar^{24}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、

50

アンスリル基、フェナ NSリル基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれ、 $Ar^{25}$ はフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれ、 $R^{21}$ は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれ、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも1つは縮環アリール基であり、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成しないことを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項8】

前記一般式(2)における $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 及び $Ar^{24}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基及びフェナ NSリル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項7に記載の発光素子。

10

【請求項9】

前記一般式(2)における $R^{21}$ は水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項7に記載の発光素子。

【請求項10】

前記一般式(2)における $R^{21}$ 、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも4つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項11】

前記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{22}$ は縮環アリール基又は縮環ヘテロアリール基であることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

20

【請求項12】

前記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{24}$ は縮環アリール基又は縮環ヘテロアリール基であることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項13】

前記一般式(2)における $R^{21}$ 、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも1つはナフチル基、フェナ NSリル基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項14】

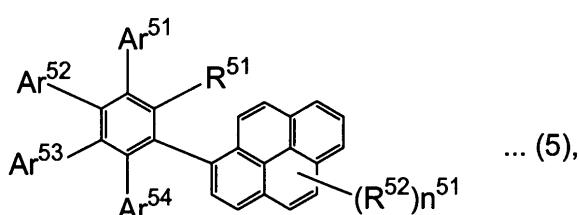
前記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{23}$ は縮環アリール基であり、 $R^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、フェナ NSリル基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

30

【請求項15】

前記一般式(2)により表される化合物が、下記一般式(5):

【化3】



40

(ただし、 $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はアリール基を表し、 $R^{51}$ は水素原子又は置換基を表し、 $R^{52}$ は置換基を表し、 $n^{51}$ は0～9の整数を表す。)により表されることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

【請求項16】

前記一般式(5)における $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSリル基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項15に記載の発光素子。

【請求項17】

50

前記一般式(5)におけるR<sup>51</sup>は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項15に記載の発光素子。

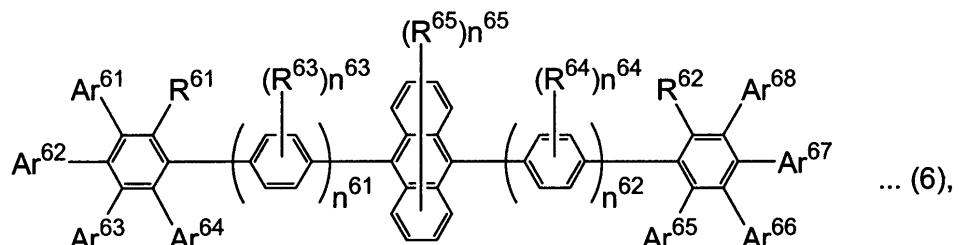
【請求項18】

前記一般式(5)におけるR<sup>51</sup>は水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項17に記載の発光素子。

【請求項19】

前記一般式(2)により表される化合物が下記一般式(6):

【化4】



10

(ただし、Ar<sup>61</sup>、Ar<sup>62</sup>、Ar<sup>63</sup>、Ar<sup>64</sup>、Ar<sup>65</sup>、Ar<sup>66</sup>、Ar<sup>67</sup>及びAr<sup>68</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、R<sup>61</sup>及びR<sup>62</sup>はそれぞれ水素原子又は置換基を表し、R<sup>63</sup>、R<sup>64</sup>及びR<sup>65</sup>は置換基を表し、n<sup>61</sup>及びn<sup>62</sup>はそれぞれ0～5の整数を表し、n<sup>63</sup>及びn<sup>64</sup>はそれぞれ0～4の整数を表し、n<sup>65</sup>は0～8の整数を表す。)により表されることを特徴とする請求項6に記載の発光素子。

20

【請求項20】

前記一般式(6)のAr<sup>61</sup>、Ar<sup>62</sup>、Ar<sup>63</sup>、Ar<sup>64</sup>、Ar<sup>65</sup>、Ar<sup>66</sup>、Ar<sup>67</sup>及びAr<sup>68</sup>はそれぞれフェニル基、ナフチル基及びフェナ NSR基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項19に記載の発光素子。

【請求項21】

前記一般式(6)のR<sup>61</sup>及びR<sup>62</sup>はそれぞれ水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項19に記載の発光素子。

【請求項22】

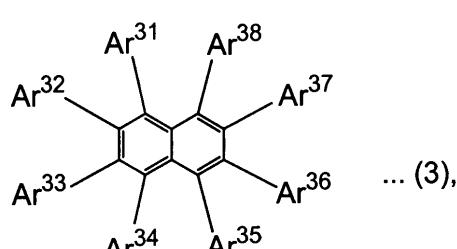
前記一般式(6)のn<sup>61</sup>及びn<sup>62</sup>はそれぞれ0又は1を表すことを特徴とする請求項19に記載の発光素子。

30

【請求項23】

前記一般式(1)により表される化合物が下記一般式(3):

【化5】



40

(ただし、Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>がそれ respectiveに結合して環を形成することはない。)により表されることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

【請求項24】

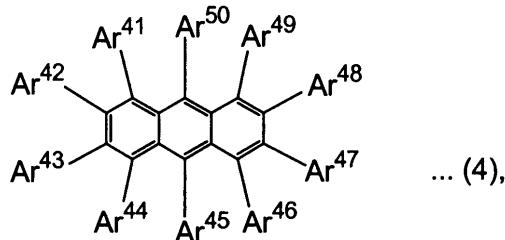
前記一般式(3)のAr<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR基及びピレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項23に記載の発光素子。

50

## 【請求項 25】

前記一般式(1)により表される化合物が、下記一般式(4):

## 【化6】



10

(ただし、Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>がそれぞれ互いに結合して環を形成することはない。)により表されることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 26】

前記一般式(4)のAr<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSリル基及びピレニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項25に記載の発光素子。

## 【請求項 27】

前記発光層中における前記一般式(1)により表される化合物の含有量は発光材料として0.1~100質量%であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 28】

前記発光層及び前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層における前記一般式(1)により表される化合物の含有量はホスト材料として10~99.9質量%であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 29】

前記発光層及び前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層が発光層であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 30】

前記発光層及び前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層が正孔輸送層であることを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

30

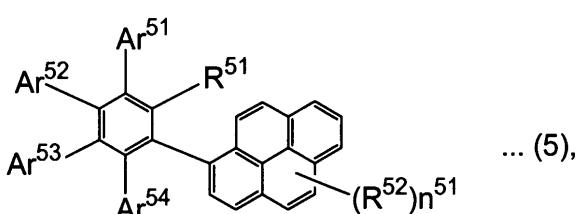
## 【請求項 31】

前記発光層が少なくとも1種の蛍光化合物を含有することを特徴とする請求項1に記載の発光素子。

## 【請求項 32】

下記一般式(5):

## 【化7】



40

(ただし、Ar<sup>51</sup>、Ar<sup>52</sup>、Ar<sup>53</sup>及びAr<sup>54</sup>はアリール基を表し、R<sup>51</sup>は水素原子又は置換基を表し、R<sup>52</sup>は置換基を表し、n<sup>51</sup>は0~9の整数を表す。)により表されることを特徴とする化合物。

## 【請求項 33】

前記一般式(5)におけるAr<sup>51</sup>、Ar<sup>52</sup>、Ar<sup>53</sup>及びAr<sup>54</sup>はそれぞれフェニル基、ナフチル基、

50

アンスリル基、フェナンスリル基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項32に記載の化合物。

【請求項 3 4】

前記一般式(5)における $R^{51}$ は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれることを特徴とする請求項32に記載の化合物。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0 0 0 1】

本発明は電気エネルギーを光に変換する発光素子に関し、特に表示素子、ディスプレイ、バックライト、電子写真、照明光源、記録光源、露光光源、読み取り光源、標識、看板、インテリア、光通信デバイス等に好適な発光素子、及びかかる発光素子に用いることができる新規な芳香族化合物に関する。 10

【背景技術】

【0 0 0 2】

今日、種々の表示素子に関する研究開発が活発に行われてあり、中でも有機電界発光(EL)素子は低電圧で高輝度の発光が可能であるため注目されている。例えば、有機化合物の蒸着により形成した有機薄膜を有する発光素子が知られている(「アプライド フィジックス レターズ (Applied Physics Letters)」, 51巻, 913頁, 1987年)。この発光素子は、電子輸送材料(トリス(8-ヒドロキシキノリナト)アルミニウム錯体(Alq))と正孔輸送材料(アミン化合物)を積層した構造を有し、従来の単層型素子に比べて大幅に向上した発光特性を示す。 20

【0 0 0 3】

近年、有機EL素子をフルカラーディスプレイに適用するための研究が活発に行われている。高性能フルカラーディスプレイを得る為には、青・緑・赤それぞれの発光特性を向上する必要がある。例えば青色発光素子は色純度、耐久性、発光輝度及び効率の点で問題があり、改良が望まれている。これらの問題を解消する手法として、芳香族縮環化合物を含有する素子が検討されているが(特開平11-12205号公報等)、発光効率が低く、高色純度の青色発光が実現できない等の問題がある。その他に、有機EL素子についても改良が望まれている。 30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0 0 0 4】

従って本発明の目的は、発光特性及び耐久性に優れた発光素子を提供することである。

【0 0 0 5】

本発明のもう一つの目的は、このような発光素子に使用できる色純度及び耐久性に優れた芳香族化合物を提供することである。

【課題を解決するための手段】

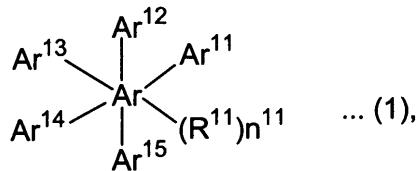
【0 0 0 6】

上記目的に鑑み鋭意研究の結果、本発明者等は、特定の構造を有する芳香族化合物を用いることにより、優れた発光特性及び耐久性を有する発光素子が得られることを発見し、本発明に想到した。 40

【0 0 0 7】

即ち、本発明の発光素子は、一対の電極間に発光層又は発光層を含む複数の有機層を有し、前記発光層又は前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層は、下記一般式(1):

【化 1】



(ただし、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $\text{Ar}$ はベンゼン環、ナフタレン環、フェナントレン環又はアントラセン環を表し、 $\text{Ar}$ 、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ のうち少なくとも1つは縮環したアリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基、あるいは縮環したアリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基であり、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することはなく、 $\text{R}^{11}$ は置換基を表し、 $\text{n}^{11}$ は0以上の整数を表す。)により表される少なくとも1種の化合物を含有することを特徴とする。

10

## 【0008】

上記一般式(1)における $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ のうち少なくとも1つはピレニル基であるのが好ましい。

## 【0009】

上記一般式(1)における $\text{R}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ のうち少なくとも4つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であるのが好ましく、縮環アリール基であるのがより好ましく、フェナ NSR 基又はピレニル基であるのが最も好ましい。

20

## 【0010】

上記一般式(1)における $\text{R}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{11}$ 、 $\text{Ar}^{12}$ 、 $\text{Ar}^{13}$ 、 $\text{Ar}^{14}$ 及び $\text{Ar}^{15}$ のうち少なくとも1つはナフチル、フェナ NSR 基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれ、ナフチル基又はフェナ NSR 基であるのがより好ましい。

## 【0011】

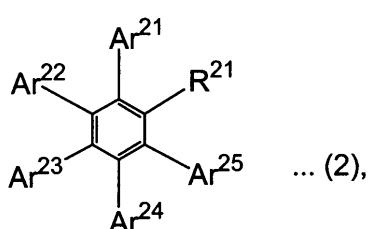
上記一般式(1)により表される化合物は一重項励起状態から発光するのが好ましい。

## 【0012】

上記一般式(1)の好ましい第一の例は下記一般式(2):

30

## 【化2】



(ただし、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 、 $\text{Ar}^{24}$ 及び $\text{Ar}^{25}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 、 $\text{Ar}^{24}$ 及び $\text{Ar}^{25}$ のうち少なくとも1つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基、あるいは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基であり、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 、 $\text{Ar}^{24}$ 及び $\text{Ar}^{25}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することはなく、 $\text{R}^{21}$ は水素原子又は置換基を表す。)である。

40

## 【0013】

上記一般式(2)において、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 及び $\text{Ar}^{24}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR 基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれ、 $\text{Ar}^{25}$ はフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR 基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれ、 $\text{R}^{21}$ は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれ、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 、 $\text{Ar}^{24}$ 及び $\text{Ar}^{25}$ のうち少なくとも1つは縮環アリール基であり、 $\text{Ar}^{21}$ 、 $\text{Ar}^{22}$ 、 $\text{Ar}^{23}$ 、 $\text{Ar}^{24}$ 及び $\text{Ar}^{25}$ がそれぞれ互いに結合して環を

50

形成しないのが好ましい。

【0014】

上記一般式(2)において、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 及び $Ar^{24}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基及びフェナ NSR 基からなる群から選ばれるのがより好ましく、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 及び $Ar^{24}$ はフェニル基であるのが最も好ましい。

【0015】

上記一般式(2)において、 $Ar^{25}$ はアンスリル基、フェナ NSR 基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましい。

【0016】

上記一般式(2)において、 $R^{21}$ は水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましい。 10

【0017】

上記一般式(2)における $R^{21}$ 、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも4つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であるのが好ましく、縮環アリール基であるのがより好ましく、フェナ NSR 基又はピレニル基であるのが最も好ましい。

【0018】

上記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{22}$ は縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であるのが好ましく、縮環アリール基であるのがより好ましく、フェナ NSR 基又はピレニル基であるのが最も好ましい。 20

【0019】

上記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{24}$ は縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基であるのが好ましく、縮環アリール基であるのがより好ましく、フェナ NSR 基又はピレニル基であるのが最も好ましい。

【0020】

上記一般式(2)における $R^{21}$ 、 $Ar^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{23}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ のうち少なくとも1つはナフチル基、フェナ NSR 基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれるのが好ましく、ナフチル基又はフェナ NSR 基であるのがより好ましい。

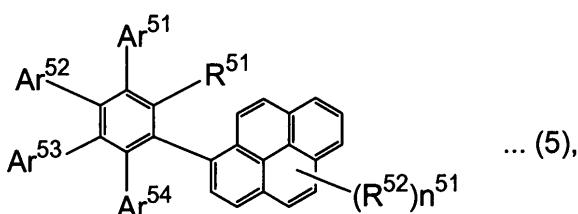
【0021】

上記一般式(2)における $Ar^{21}$ 及び $Ar^{23}$ は縮環アリール基であり、 $R^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、フェナ NSR 基、アンスリル基、フルオランテニル基、ピレニル基及びペリレニル基からなる群から選ばれるのが好ましく、 $Ar^{21}$ 及び $Ar^{23}$ はピレニル基であり、 $R^{21}$ 、 $Ar^{22}$ 、 $Ar^{24}$ 及び $Ar^{25}$ はフェニル基、ナフチル基及びフェナ NSR 基からなる群から選ばれるのがより好ましい。 30

【0022】

上記一般式(2)の好ましい第一の例は下記一般式(5):

【化3】



(ただし、 $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はアリール基を表し、 $R^{51}$ は水素原子又は置換基を表し、 $R^{52}$ は置換基を表し、 $n^{51}$ は0~9の整数を表す。)である。 40

【0023】

上記一般式(5)において、 $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR 基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれるのが

好ましく、フェニル基であるのがより好ましい。

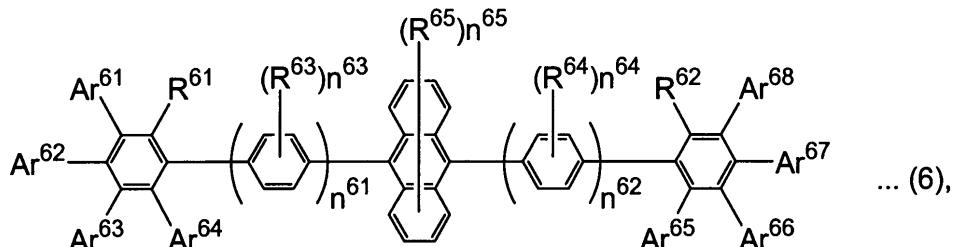
【0024】

上記一般式(5)において、 $R^{51}$ は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれるのが好ましく、水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましく、フェニル基又はピレニル基であるのが最も好ましい。

【0025】

上記一般式(2)の好ましい第二の例は下記一般式(6):

【化4】



(ただし、 $Ar^{61}$ 、 $Ar^{62}$ 、 $Ar^{63}$ 、 $Ar^{64}$ 、 $Ar^{65}$ 、 $Ar^{66}$ 、 $Ar^{67}$ 及び $Ar^{68}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $R^{61}$ 及び $R^{62}$ はそれぞれ水素原子又は置換基を表し、 $R^{63}$ 、 $R^{64}$ 及び $R^{65}$ は置換基を表し、 $n^{61}$ 及び $n^{62}$ はそれぞれ0~5の整数を表し、 $n^{63}$ 及び $n^{64}$ はそれぞれ0~4の整数を表し、 $n^{65}$ は0~8の整数を表す。)である。

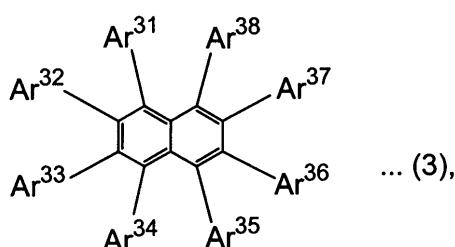
【0026】

上記一般式(6)において、 $Ar^{61}$ 、 $Ar^{62}$ 、 $Ar^{63}$ 、 $Ar^{64}$ 、 $Ar^{65}$ 、 $Ar^{66}$ 、 $Ar^{67}$ 及び $Ar^{68}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基及びフェナンスリル基からなる群から選ばれるのが好ましい。特に $R^{61}$ 及び $R^{62}$ はそれぞれ水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのが好ましい。 $n^{61}$ 及び $n^{62}$ はそれぞれ0又は1であるのが好ましい。

【0027】

上記一般式(1)の好ましい第二の例は下記一般式(3):

【化5】



(ただし、 $Ar^{31}$ 、 $Ar^{32}$ 、 $Ar^{33}$ 、 $Ar^{34}$ 、 $Ar^{35}$ 、 $Ar^{36}$ 、 $Ar^{37}$ 及び $Ar^{38}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $Ar^{31}$ 、 $Ar^{32}$ 、 $Ar^{33}$ 、 $Ar^{34}$ 、 $Ar^{35}$ 、 $Ar^{36}$ 、 $Ar^{37}$ 及び $Ar^{38}$ がそれ互いに結合して環を形成することはない。)である。

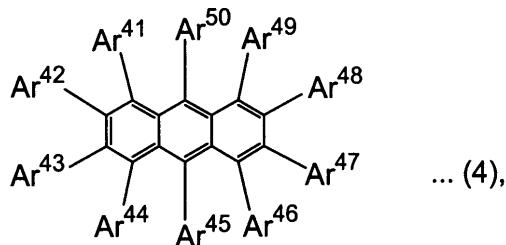
【0028】

上記一般式(3)において、 $Ar^{31}$ 、 $Ar^{32}$ 、 $Ar^{33}$ 、 $Ar^{34}$ 、 $Ar^{35}$ 、 $Ar^{36}$ 、 $Ar^{37}$ 及び $Ar^{38}$ はそれぞれアリール基であるのが好ましく、フェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナンスリル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましく、フェニル基であるのが最も好ましい。

【0029】

上記一般式(1)の好ましい第三の例は下記一般式(4):

【化6】



(ただし、 $Ar^{41}$ 、 $Ar^{42}$ 、 $Ar^{43}$ 、 $Ar^{44}$ 、 $Ar^{45}$ 、 $Ar^{46}$ 、 $Ar^{47}$ 、 $Ar^{48}$ 、 $Ar^{49}$ 及び $Ar^{50}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、 $Ar^{41}$ 、 $Ar^{42}$ 、 $Ar^{43}$ 、 $Ar^{44}$ 、 $Ar^{45}$ 、 $Ar^{46}$ 、 $Ar^{47}$ 、 $Ar^{48}$ 、 $Ar^{49}$ 及び $Ar^{50}$ がそれぞれ互いに結合して環を形成することはない。)である。 10

【0030】

上記一般式(4)において、 $Ar^{41}$ 、 $Ar^{42}$ 、 $Ar^{43}$ 、 $Ar^{44}$ 、 $Ar^{45}$ 、 $Ar^{46}$ 、 $Ar^{47}$ 、 $Ar^{48}$ 、 $Ar^{49}$ 及び $Ar^{50}$ はそれぞれアリール基であるのが好ましく、フェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSリル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましく、フェニル基であるのが最も好ましい。

【0031】

上記一般式(1)により表される化合物は、上記一般式(2)～(4)のいずれかにより表されるのが好ましく、一般式(2)により表されるのがより好ましい。 20

【0032】

前記発光層中における上記一般式(1)により表される化合物の含有量は発光材料として0.1～100質量%であるのが好ましい。

【0033】

前記発光層又は前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層における上記一般式(1)により表される化合物の含有量はホスト材料として10～99.9質量%であるのが好ましい。

【0034】

前記発光層及び前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層が発光層であるのが好ましい。

【0035】

前記発光層及び前記発光層を含む複数の有機層の少なくとも一層が正孔輸送層であるのが好ましい。 30

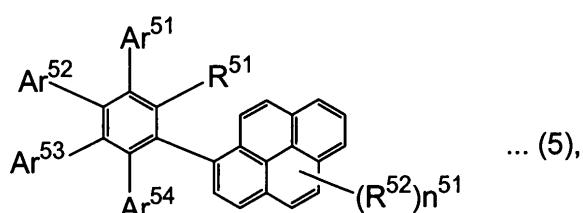
【0036】

前記発光層が少なくとも1種の蛍光化合物を含有するのが好ましい。

【0037】

また、本発明の芳香族化合物は下記一般式(5)：

【化7】



(ただし、 $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はアリール基を表し、 $R^{51}$ は水素原子又は置換基を表し、 $R^{52}$ は置換基を表し、 $n^{51}$ は0～9の整数を表す。)により表されることを特徴とする。 40

【0038】

上記一般式(5)において、 $Ar^{51}$ 、 $Ar^{52}$ 、 $Ar^{53}$ 及び $Ar^{54}$ はそれぞれフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSリル基及びフルオランテニル基からなる群から選ばれるのが

好ましく、フェニル基であるのがより好ましい。

【0039】

上記一般式(5)において、 $R^{51}$ は水素原子、アルキル基及びアリール基からなる群から選ばれるのが好ましく、水素原子、フェニル基及びピレニル基からなる群から選ばれるのがより好ましく、フェニル基又はピレニル基であるのが最も好ましい。

【0040】

上記一般式(5)により表される芳香族化合物は上記一般式(2)により表される化合物の好ましい一例であり、上記一般式(1)により表される化合物として好適に使用できる。

【発明の効果】

【0041】

以上のように、本発明の発光素子は発光効率、発光特性、耐久性、耐熱性及びアモルファス性に優れており、結晶化しにくい。このような特徴を有する本発明の発光素子は、色純度の高い青色発光素子や白色発光素子として使用できるため、表示素子、ディスプレイ、バックライト、電子写真、照明光源、記録光源、露光光源、読み取り光源、標識、看板、インテリア、光通信等に好適である。本発明の発光素子に使用する化合物(1)は、有機EL素子用材料として使用でき、更に医療用途、蛍光増白剤、写真用材料、UV吸収材料、レーザー色素、カラーフィルター用染料、色変換フィルター、有機半導体材料、有機導電材料等にも適用可能である。

10

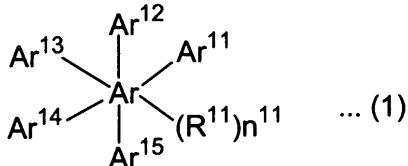
【発明を実施するための最良の形態】

【0042】

本発明の発光素子は一对の電極間に発光層又は発光層を含む複数の有機層を有し、下記一般式(1)により表される少なくとも1種の化合物を含む。以下、一般式(1)～(6)により表される化合物を「化合物(1)」又は「本発明の化合物」と称する。

20

【化8】



30

【0043】

一般式(1)中、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表す。アリール基の例としてはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR基、フルオランテニル基、ピレニル基、ペリレニル基、クリセニル基、トリフェニル基、ベンゾアンスリル基、ベンゾフェナ NSR基等が挙げられる。中でもフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナ NSR基、ピレニル基及びペリレニル基が好ましい。ヘテロアリール基の例としてはピリジル基、キノリル基、キノキサリル基、キナゾリル基、アクリジル基、フェナントリジル基、フタラジル基、フェナ NSR基、トリアジル基等が挙げられる。中でもピリジル基、キノリル基及びトリアジル基が好ましい。 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ は置換基を有していてもよく、該置換基の例は後述する $R^{11}$ の例と同じで良い。 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ はアリール基であるのが好ましい。 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ は、それぞれ互いに結合して環を形成することはない。

40

【0044】

一般式(1)中、 $Ar$ はベンゼン環、ナフタレン環、フェナントレン環又はアントラセン環を表す。 $Ar$ はベンゼン環又はナフタレン環であるのが好ましく、ベンゼン環であるのがより好ましい。

【0045】

$Ar$ 、 $Ar^{11}$ 、 $Ar^{12}$ 、 $Ar^{13}$ 、 $Ar^{14}$ 及び $Ar^{15}$ のうち少なくとも1つは縮環したアリール基(例えばナフチル基、フェナ NSR基、アンスリル基、ピレニル基、ペリレニル基、フルオラン

50

テニル基等)、又は縮環したヘテロアリール基(例えばピリジル基、キノリル基、キノキサリル基、キナゾリル基、アクリジル基、フェナントリジル基、フタラジル基、フェナンスロリル基、トリアジル基等)を有する基である。Ar、Ar<sup>11</sup>、Ar<sup>12</sup>、Ar<sup>13</sup>、Ar<sup>14</sup>及びAr<sup>15</sup>のうち少なくとも1つは縮環アリール基を有する基であるのが好ましく、ピレニル基であるのがより好ましい。化合物(1)が有するピレニル基は2つ以下であるのが好ましい。このような縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基は、縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基とアルキレン基、アリーレン基等からなるものであってよいが、縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基のみからなる基であるのが好ましい。

## 【0046】

一般式(1)中、R<sup>11</sup>は置換基を表す。置換基R<sup>11</sup>の例としては、アルキル基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~10であり、例えばメチル基、エチル基、イソプロピル基、t-ブチル基、n-オクチル基、n-デシル基、n-ヘキサデシル基、シクロプロピル基、シクロペンチル基、シクロヘキシル基等)、アルケニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~10であり、例えばビニル基、アリル基、2-ブテニル基、3-ペンテニル基等)、アルキニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~10であり、例えばプロパルギル基、3-ペンチニル基等)、アリール基(好ましくは炭素数6~30、より好ましくは炭素数6~20、最も好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニル基、p-メチルフェニル基、ナフチル基、アントラニル基等)、アミノ基(好ましくは炭素数0~30、より好ましくは炭素数0~20、最も好ましくは炭素数0~10であり、例えばアミノ基、メチルアミノ基、ジメチルアミノ基、ジエチルアミノ基、ジベンジルアミノ基、ジフェニルアミノ基、ジトリルアミノ基等)、アルコキシ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~10であり、例えばメトキシ基、エトキシ基、ブトキシ基、2-エチルヘキシロキシ基等)、アリールオキシ基(好ましくは炭素数6~30、より好ましくは炭素数6~20、最も好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニルオキシ基、1-ナフチルオキシ基、2-ナフチルオキシ基等)、ヘテロ環オキシ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばピリジルオキシ基、ピラジルオキシ基、ピリミジルオキシ基、キノリルオキシ基等)、アシル基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばアセチル基、ベンゾイル基、ホルミル基、ピバロイル基等)、アルコキシカルボニル基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~12であり、例えばメトキシカルボニル基、エトキシカルボニル基等)、アリールオキシカルボニル基(好ましくは炭素数7~30、より好ましくは炭素数7~20、最も好ましくは炭素数7~12であり、例えばフェニルオキシカルボニル基等)、アシルオキシ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセトキシ基、ベンゾイルオキシ基等)、アシルアミノ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~10であり、例えばアセチルアミノ基、ベンゾイルアミノ基等)、アルコキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数2~30、より好ましくは炭素数2~20、最も好ましくは炭素数2~12であり、例えばメトキシカルボニルアミノ基等)、アリールオキシカルボニルアミノ基(好ましくは炭素数7~30、より好ましくは炭素数7~20、最も好ましくは炭素数7~12であり、例えばフェニルオキシカルボニルアミノ基等)、スルホニルアミノ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばメタンスルホニルアミノ基、ベンゼンスルホニルアミノ基等)、スルファモイル基(好ましくは炭素数0~30、より好ましくは炭素数0~20、最も好ましくは炭素数0~12であり、例えばスルファモイル基、メチルスルファモイル基、ジメチルスルファモイル基、フェニルスルファモイル基等)、カルバモイル基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばカルバモイル基、メチルカルバモイル基、ジエチルカルバモイル基、フェニルカルバモイル基等)、アルキルチオ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ま

10

20

30

40

50

しくは炭素数1~12であり、例えばメチルチオ基、エチルチオ基等)、アリールチオ基(好ましくは炭素数6~30、より好ましくは炭素数6~20、最も好ましくは炭素数6~12であり、例えばフェニルチオ基等)、ヘテロ環チオ基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばピリジルチオ基、2-ベンズイミダゾリルチオ基、2-ベンズオキサゾリルチオ基、2-ベンズチアゾリルチオ基等)、スルホニル基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばメシリル基、トシリル基等)、スルフィニル基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばメタンスルフィニル基、ベンゼンスルフィニル基等)、ウレイド基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばウレイド基、メチルウレイド基、フェニルウレイド基等)、リン酸アミド基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~20、最も好ましくは炭素数1~12であり、例えばジエチルリン酸アミド基、フェニルリン酸アミド基等)、ヒドロキシ基、メルカブト基、ハロゲン原子(例えばフッ素原子、塩素原子、臭素原子、ヨウ素原子等)、シアノ基、スルホ基、カルボキシル基、ニトロ基、ヒドロキサム酸基、スルフィノ基、ヒドラジノ基、イミノ基、ヘテロ環基(好ましくは炭素数1~30、より好ましくは炭素数1~12であり、ヘテロ原子として窒素原子、酸素原子、硫黄原子等を含み、例えばイミダゾリル基、ピリジル基、キノリル基、フリル基、チエニル基、ビペリジル基、モルホリノ基、ベンズオキサゾリル基、ベンズイミダゾリル基、ベンズチアゾリル基、カルバゾリル基、アゼビニル基、トリアジル基等)、シリル基(好ましくは炭素数3~40、より好ましくは炭素数3~30、最も好ましくは炭素数3~24であり、例えばトリメチルシリル基、トリフェニルシリル基等)、シロキシ基(好ましくは炭素数3~30、より好ましくは炭素数6~30であり、例えばトリフェニルシリルオキシ基、t-ブチルジメチルシリルオキシ基等)等が挙げられる。これらの置換基は更に置換されていてもよい。R<sup>11</sup>はアルキル基又はアリール基であるのが好ましい。

## 【0047】

一般式(1)中、n<sup>11</sup>は0以上、好ましくは0~5、より好ましくは0~2、最も好ましくは1の整数を表す。

## 【0048】

素子作製時の蒸着適性の観点から、化合物(1)中のベンゼン環の数は15以下が好ましい。また、化合物(1)が4環以上の縮環基(例えばピレン基、トリフェニレン基等)を有する場合、4環以上の縮環基の数は2個以下であるのが好ましい。

## 【0049】

化合物(1)は好ましくは下記一般式(2)、(3)又は(4)で表され、また下記一般式(4)は好ましくは下記一般式(6)により表される。化合物(1)はより好ましくは下記一般式(2)で表され、更に好ましくは下記一般式(5)又は(6)で表され、最も好ましくは下記一般式(5)により表される。

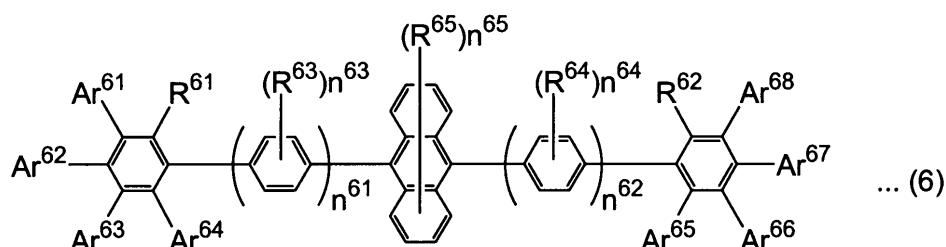
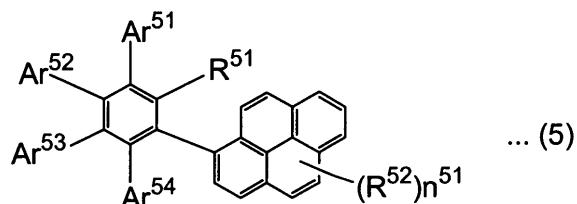
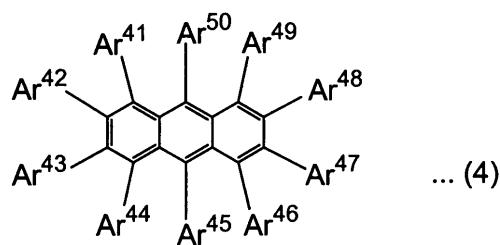
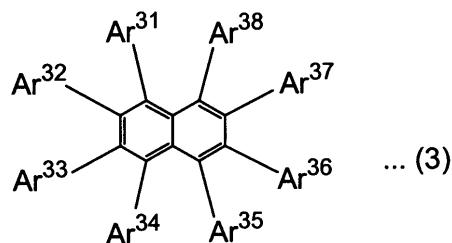
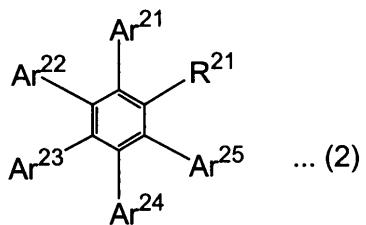
## 【0050】

## 【化9】

10

20

30



【 0 0 5 1 】

一般式(2)中、Ar<sup>21</sup>、Ar<sup>22</sup>、Ar<sup>23</sup>、Ar<sup>24</sup>及びAr<sup>25</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表し、好ましくはアリール基である。Ar<sup>21</sup>、Ar<sup>22</sup>、Ar<sup>23</sup>、Ar<sup>24</sup>及びAr<sup>25</sup>は置換基を有していてもよく、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。Ar<sup>21</sup>、Ar<sup>22</sup>、Ar<sup>23</sup>、Ar<sup>24</sup>及びAr<sup>25</sup>のうち少なくとも1つは縮環アリール基又は縮環若しくは非縮環ヘテロアリール基を有する基である。Ar<sup>21</sup>、Ar<sup>22</sup>、Ar<sup>23</sup>及びAr<sup>24</sup>はそれぞれより好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナンスリル基又はフルオランテニル基であり、更に好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基又はフェナンスリル基であり、最も好ましくはフェニル基、ナフチル基又はフェナンスリル基であり、最も好ましくはフェニル基である。Ar<sup>25</sup>はより好ましくはフェニル基、ナフチル基、フェナンスリル基、アンスリル基、ピレニル基、ペリレニル基又はフルオランテニル基であり、更に好ましくはフェナンス

10

20

30

40

50

リル基、アンスリル基又はピレニル基であり、最も好ましくはピレニル基である。Ar<sup>21</sup>、Ar<sup>22</sup>、Ar<sup>23</sup>、Ar<sup>24</sup>及びAr<sup>25</sup>がそれぞれ互いに結合して環を形成することはない。

【0052】

一般式(2)中、R<sup>21</sup>は水素原子又は置換基を表し、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。R<sup>21</sup>は水素原子、アルキル基又はアリール基であるのが好ましく、水素原子、フェニル基又はピレニル基であるのがより好ましく、ピレニル基であるのが最も好ましい。

【0053】

一般式(3)中、Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表す。Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>は置換基を有していてもよく、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>はそれぞれ互いに結合して環を形成することはない。Ar<sup>31</sup>、Ar<sup>32</sup>、Ar<sup>33</sup>、Ar<sup>34</sup>、Ar<sup>35</sup>、Ar<sup>36</sup>、Ar<sup>37</sup>及びAr<sup>38</sup>はそれ好ましくはアリール基であり、より好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、ピレニル基又はフェナスリル基であり、最も好ましくはフェニル基である。 10

【0054】

一般式(4)中、Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>はそれぞれアリール基又はヘテロアリール基を表す。Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>は置換基を有していてもよく、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>がそれ互いに結合して環を形成することはない。Ar<sup>41</sup>、Ar<sup>42</sup>、Ar<sup>43</sup>、Ar<sup>44</sup>、Ar<sup>45</sup>、Ar<sup>46</sup>、Ar<sup>47</sup>、Ar<sup>48</sup>、Ar<sup>49</sup>及びAr<sup>50</sup>はそれ好ましくはアリール基であり、より好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、ピレニル基又はフェナスリル基であり、最も好ましくはフェニル基である。 20

【0055】

一般式(5)中、Ar<sup>51</sup>、Ar<sup>52</sup>、Ar<sup>53</sup>及びAr<sup>54</sup>はアリール基を表し、好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基、フェナスリル基又はフルオランテニル基であり、より好ましくはフェニル基、ナフチル基、アンスリル基又はフェナスリル基であり、更に好ましくはフェニル基、ナフチル基又はフェナスリル基であり、最も好ましくはフェニル基である。Ar<sup>51</sup>、Ar<sup>52</sup>、Ar<sup>53</sup>及びAr<sup>54</sup>は置換基を有していてもよく、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。 30

【0056】

一般式(5)中、R<sup>51</sup>は水素原子又は置換基を表し、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。R<sup>51</sup>は水素原子、アルキル基又はアリール基であるのが好ましく、水素原子、フェニル基又はピレニル基であるのがより好ましく、ピレニル基であるのが最も好ましい。

【0057】

一般式(5)中、R<sup>52</sup>は置換基を表し、その例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。R<sup>52</sup>は好ましくはアルキル基又はアリール基である。R<sup>52</sup>の数を示すn<sup>51</sup>は0~9の整数を表し、好ましくは0~2の整数であり、より好ましくは0である。なお、一般式(5)により表される化合物が有するピレニル基の数は2つ以下であるのが好ましい。

【0058】

一般式(6)中、Ar<sup>61</sup>及びAr<sup>68</sup>はそれぞれ上記Ar<sup>21</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。Ar<sup>62</sup>及びAr<sup>67</sup>はそれぞれ上記Ar<sup>22</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。Ar<sup>63</sup>及びAr<sup>66</sup>はそれぞれ上記Ar<sup>23</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。Ar<sup>64</sup>及びAr<sup>65</sup>はそれぞれ上記Ar<sup>24</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。Ar<sup>61</sup>、Ar<sup>62</sup>、Ar<sup>63</sup>、Ar<sup>64</sup>、Ar<sup>65</sup>、Ar<sup>66</sup>、Ar<sup>67</sup>及びAr<sup>68</sup>は置換基を有していてもよく、該置換基の例は上述のR<sup>11</sup>の例と同じで良い。n<sup>61</sup>及びn<sup>62</sup>はそれぞれ0~5の整数を表し、好ましくは0~3の整数であり、より好ましくは0又は1である。 40

【0059】

一般式(6)中、R<sup>61</sup>及びR<sup>62</sup>は上記R<sup>21</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。R<sup>63</sup>、R<sup>64</sup>及びR<sup>65</sup>は上記R<sup>22</sup>と同義であり、好ましい態様も同様である。n<sup>63</sup>及びn<sup>64</sup>は0~4の整数を

表し、好ましくは0又は1であり、より好ましくは0である。 $n^{6^5}$ は0~8の整数を表し、好ましくは0~2の整数であり、より好ましくは0である。

#### 【0060】

化合物(1)は低分子化合物であるのが好ましいが、オリゴマー又はポリマーであってもよい。ポリマーである場合、その質量平均分子量(ポリスチレン換算)は好ましくは1,000~5,000,000、より好ましくは2,000~1,000,000、最も好ましくは3000~100,000である。一般式(1)により表される構造がポリマーの主鎖又は側鎖に含まれていてもよい。このようなポリマーはホモポリマーであってもコポリマーであってもよい。

#### 【0061】

化合物(1)は、その単膜又は粉末の蛍光スペクトルの $\lambda_{max}$ (最大発光波長)が370~500 nmであるのが好ましい。 $\lambda_{max}$ はより好ましくは390~480 nmであり、より好ましくは400~460 nmであり、最も好ましくは400~440 nmである。

#### 【0062】

一般式(1)で表される化合物、電子輸送層で用いる化合物及び正孔輸送層で用いる化合物の各々のガラス転移点は100 以上が好ましく、120 以上がより好ましく、140 以上がさらに好ましく、160 以上が特に好ましい。

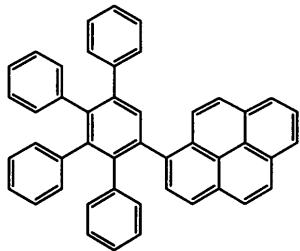
#### 【0063】

本発明の発光素子はその発光層にさらに少なくとも1つの蛍光化合物を含んでいるのが好ましい。好ましい蛍光化合物の範囲は、ここで発光層の材料としては挙げられているもの及びその誘導体である。化合物(1)の具体例を以下に示すが、本発明はそれらに限定されるものではない。

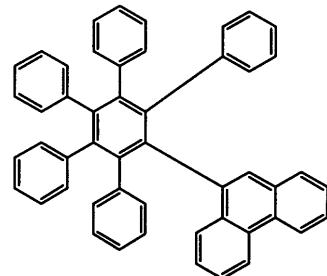
#### 【0064】

#### 【化10】

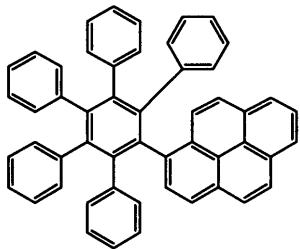
(1-1)



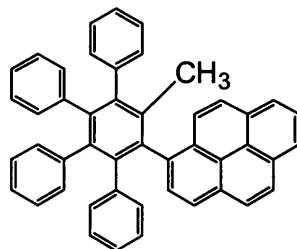
(1-6)



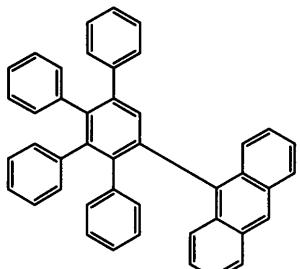
(1-2)



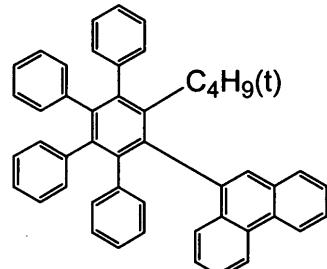
(1-7)



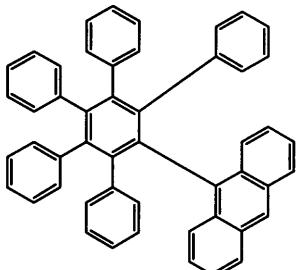
(1-3)



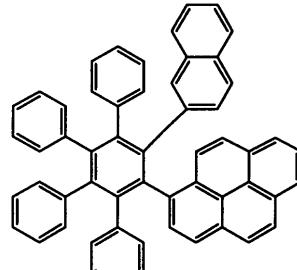
(1-8)



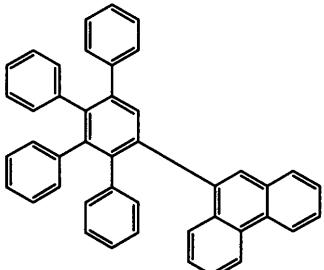
(1-4)



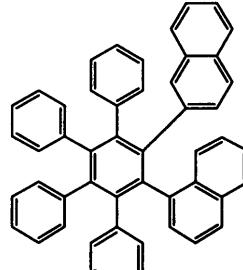
(1-9)



(1-5)



(1-10)



10

20

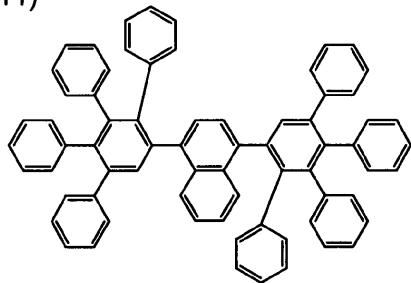
30

40

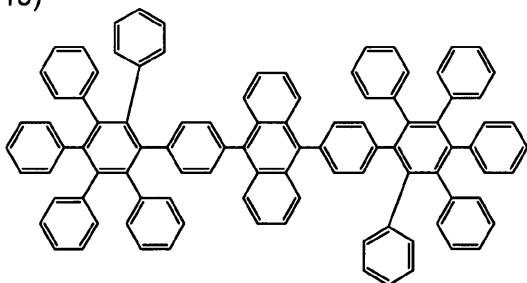
【 0 0 6 5 】

【 化 1 1 】

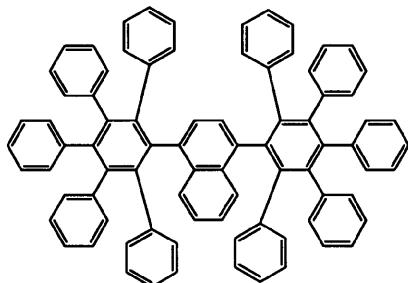
(1-11)



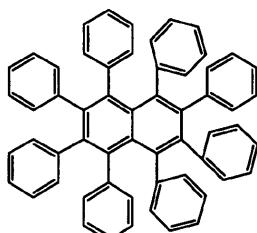
(1-16)



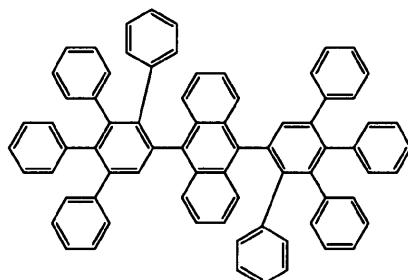
(1-12)



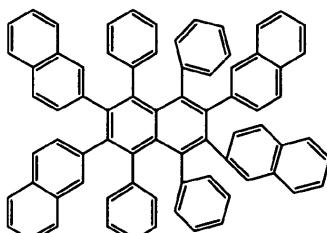
(1-17)



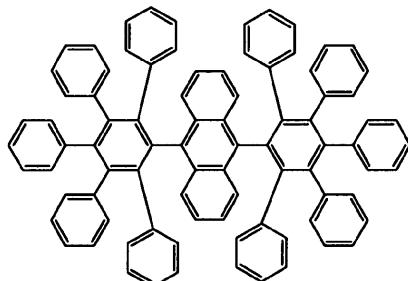
(1-13)



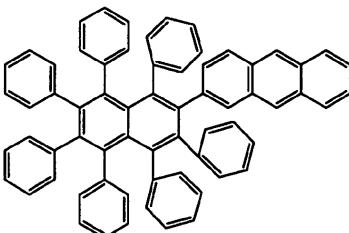
(1-18)



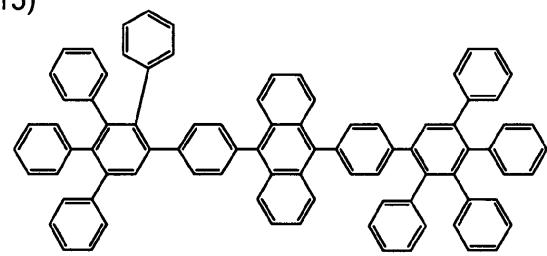
(1-14)



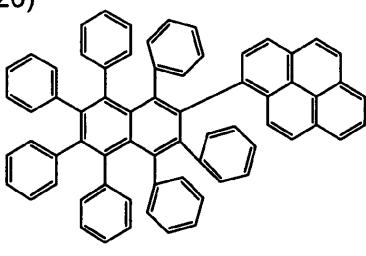
(1-19)



(1-15)



(1-20)



10

20

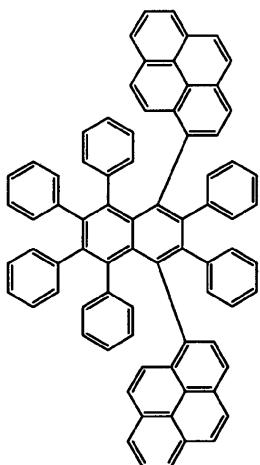
30

40

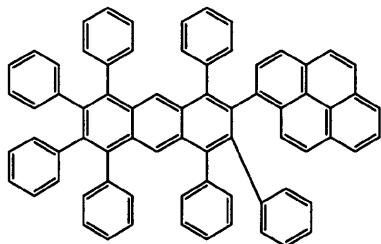
【 0 0 6 6 】

【 化 1 2 】

(1-21)

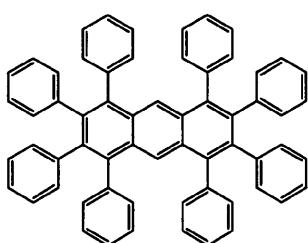


(1-25)

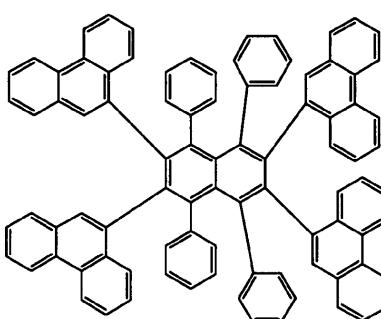


10

(1-22)

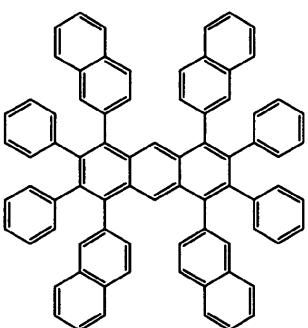


(1-26)

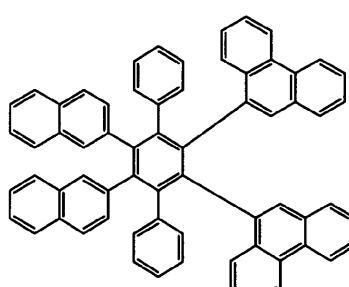


20

(1-23)

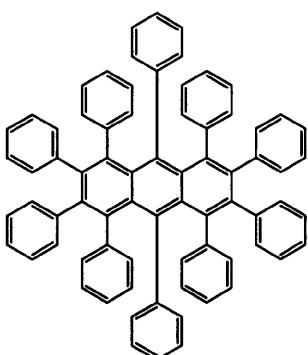


(1-27)

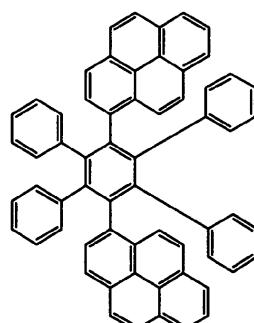


30

(1-24)



(1-28)

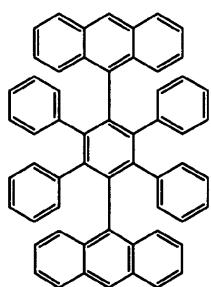


40

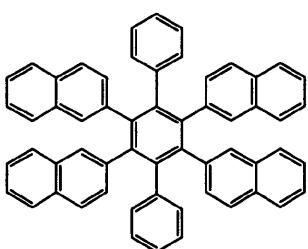
【 0 0 6 7 】

【 化 1 3 】

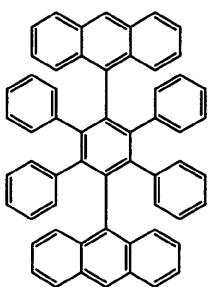
(1-29)



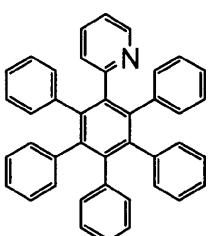
(1-30)



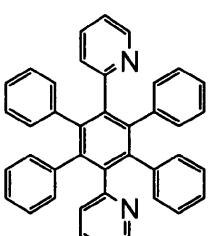
(1-31)



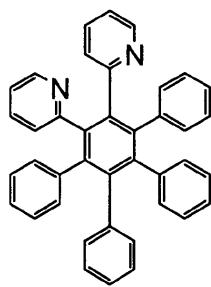
(1-32)



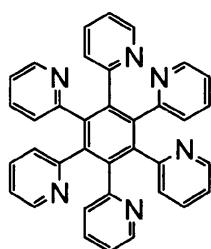
(1-33)



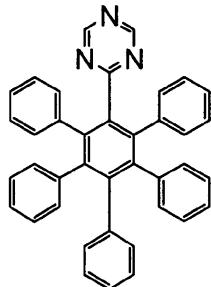
(1-34)



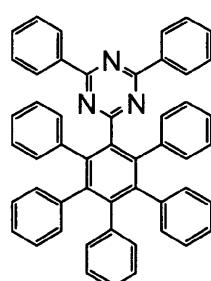
(1-35)



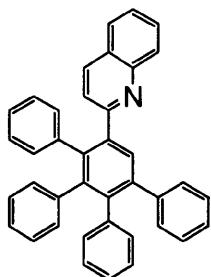
(1-36)



(1-37)



(1-38)



10

20

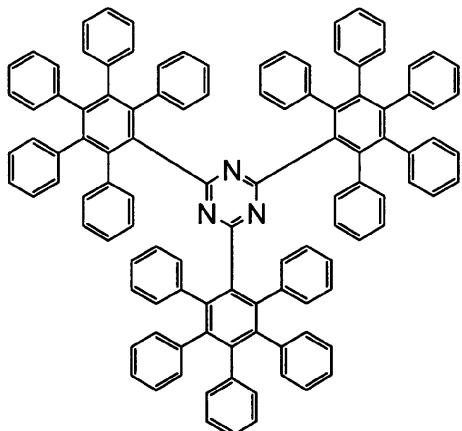
30

40

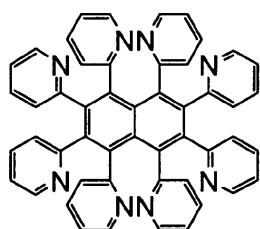
【 0 0 6 8 】

【 化 1 4 】

(1-39)

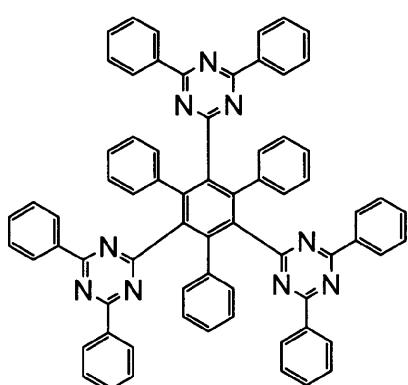


(1-43)

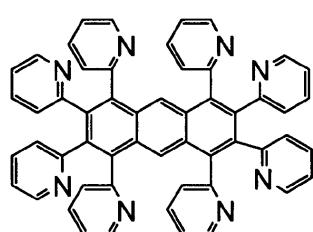


10

(1-40)

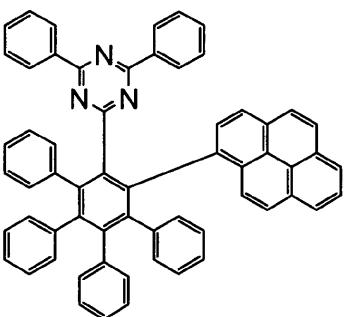


(1-44)

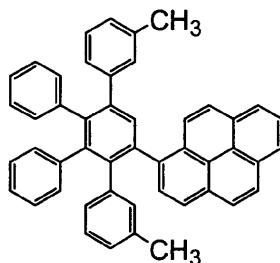


20

(1-41)

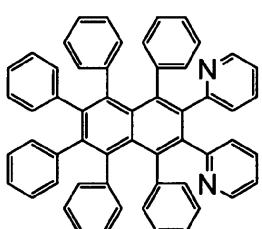


(1-45)

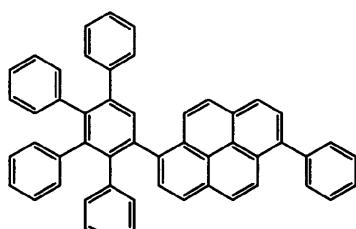


30

(1-42)



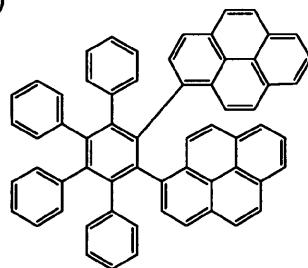
(1-46)



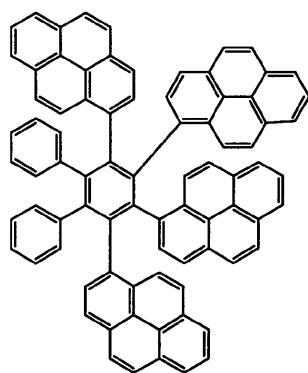
40

【 0 0 6 9 】  
 【 化 1 5 】

(1-47)

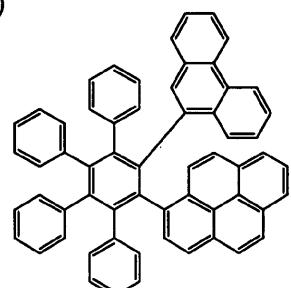


(1-51)

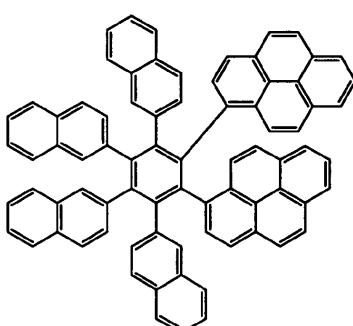


10

(1-48)

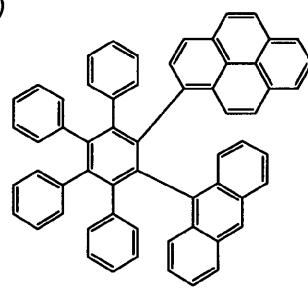


(1-52)

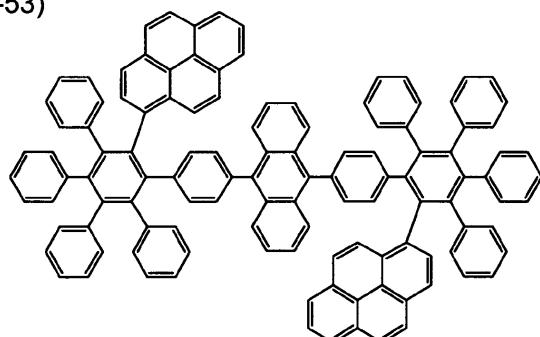


20

(1-49)

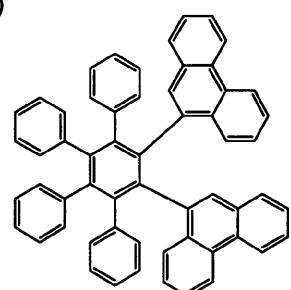


(1-53)

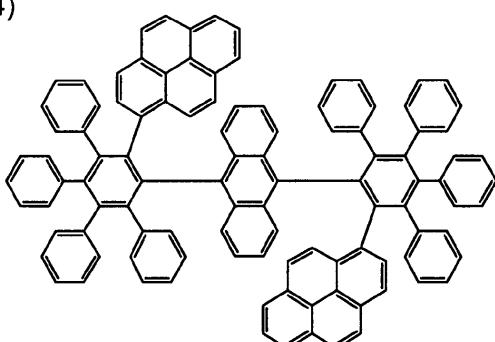


30

(1-50)



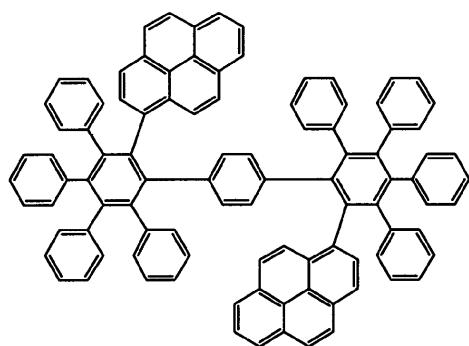
(1-54)



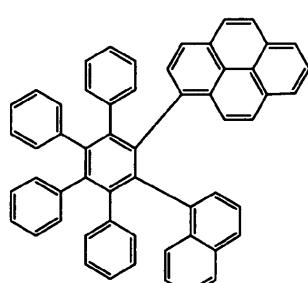
40

【 0 0 7 0 】  
【 化 1 6 】

(1-55)

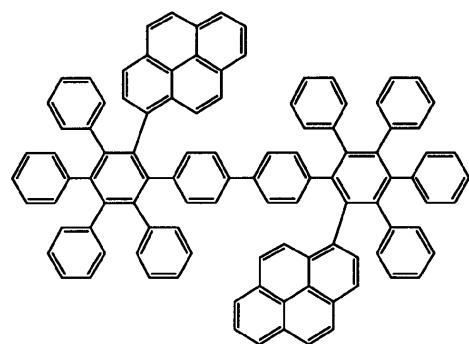


(1-59)

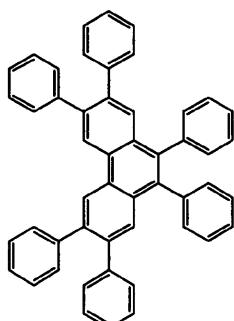


10

(1-56)

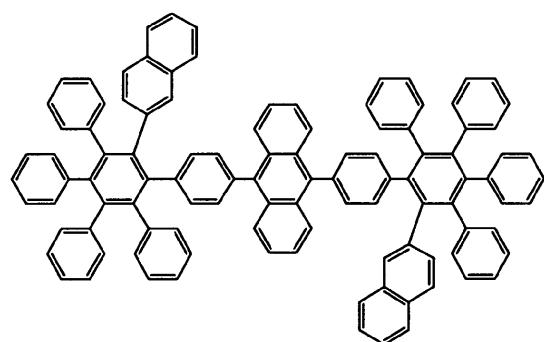


(1-60)

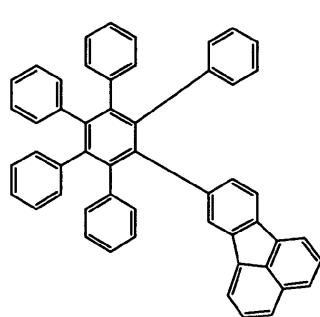


20

(1-57)

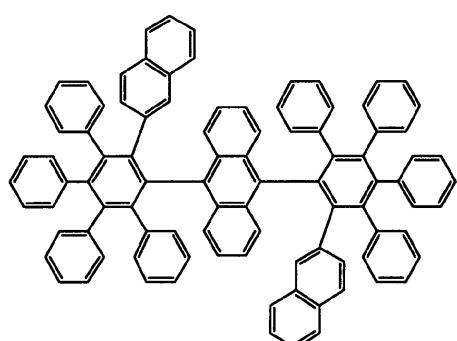


(1-61)

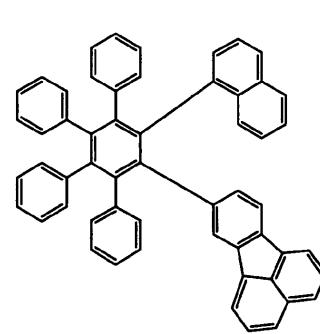


30

(1-58)



(1-62)

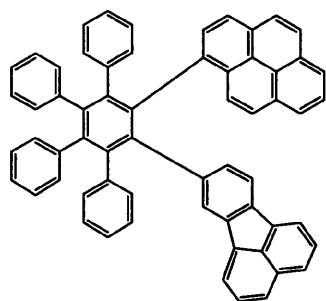


40

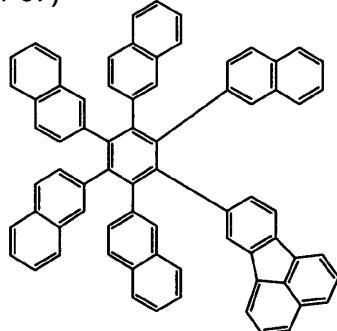
【 0 0 7 1 】

【 化 1 7 】

(1-63)

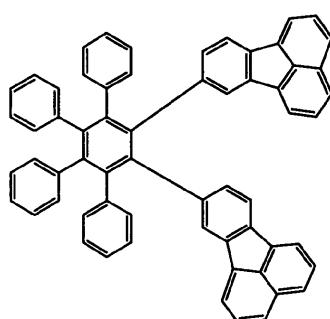


(1-67)

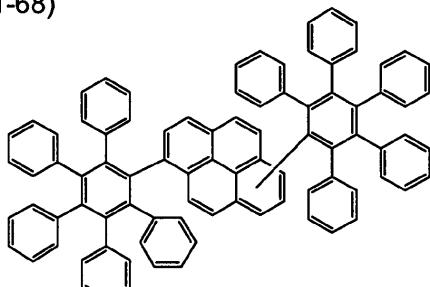


10

(1-64)

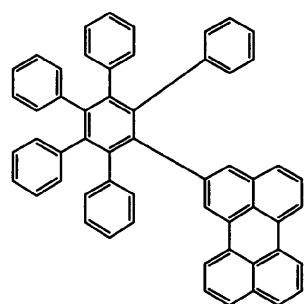


(1-68)

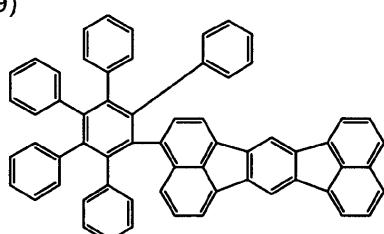


20

(1-65)

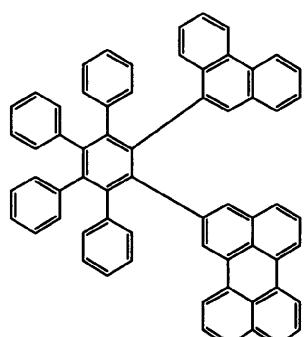


(1-69)

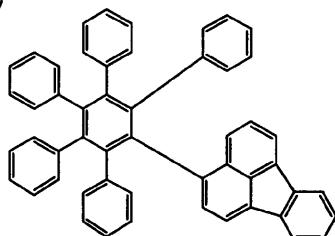


30

(1-66)

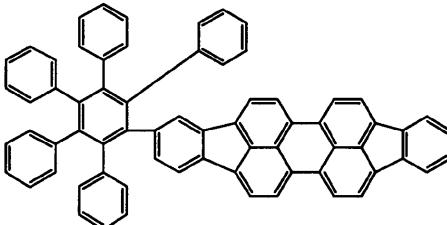


(1-70)



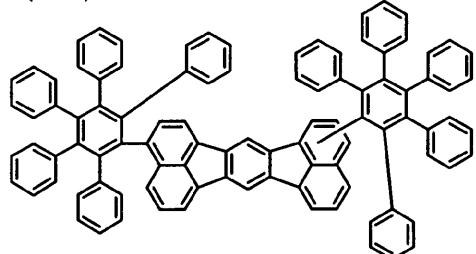
40

(1-71)

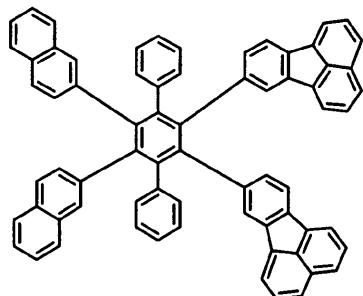


【 0 0 7 2 】  
【 化 1 8 】

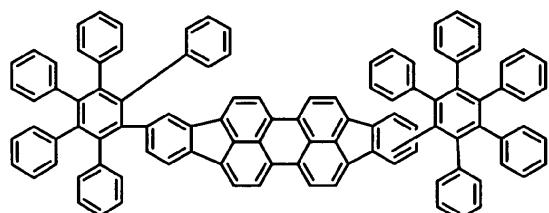
(1-72)



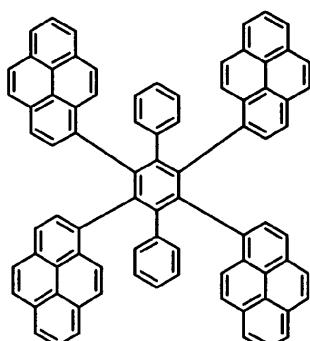
(1-76)



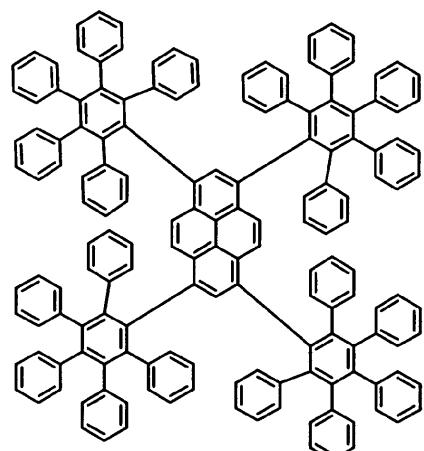
(1-73)



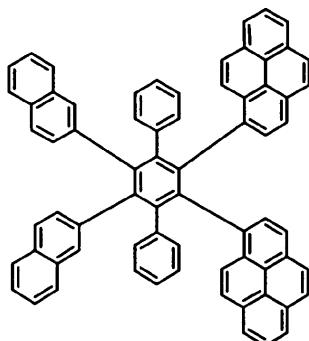
(1-77)



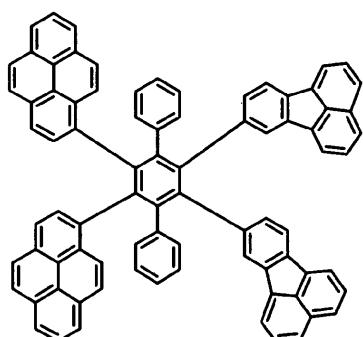
(1-74)



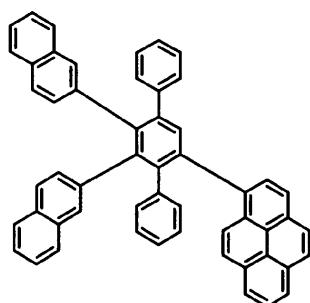
(1-78)



(1-75)



(1-79)



10

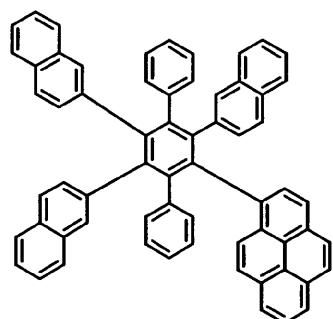
20

30

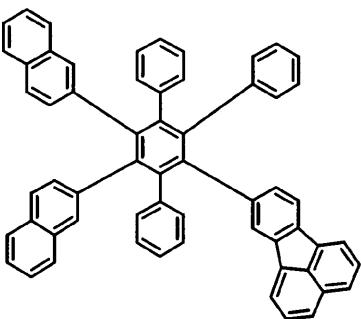
40

【 0 0 7 3 】  
 【 化 1 9 】

(1-80)

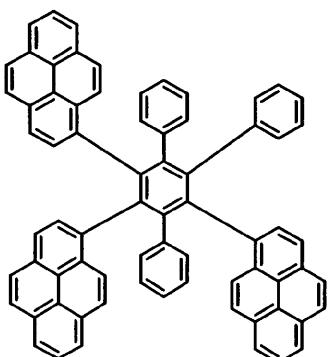


(1-84)

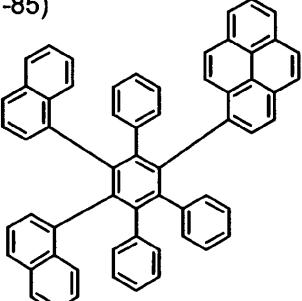


10

(1-81)

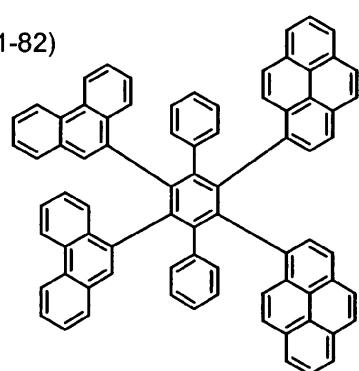


(1-85)

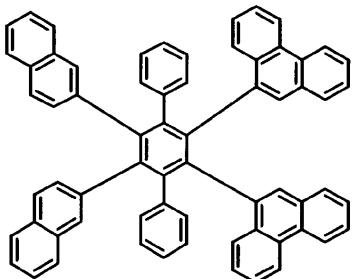


20

(1-82)

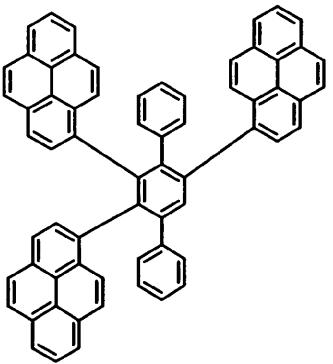


(1-86)

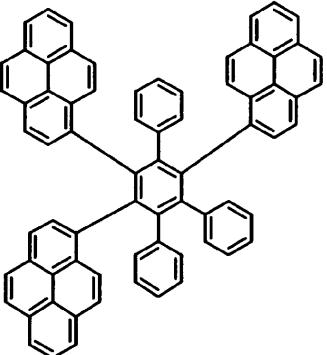


30

(1-83)



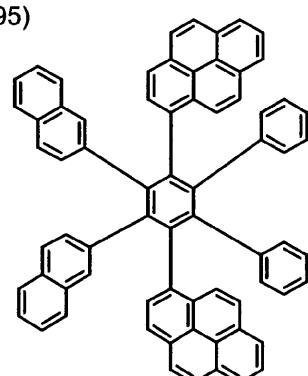
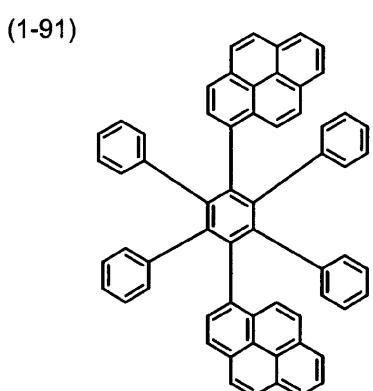
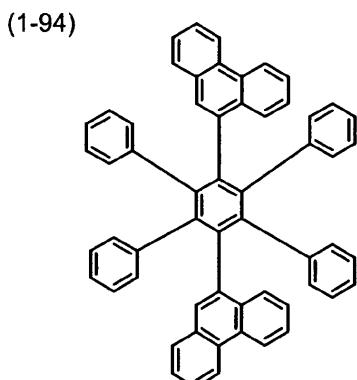
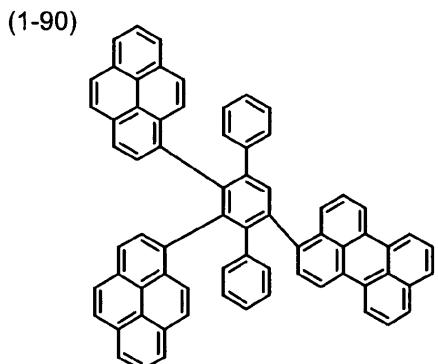
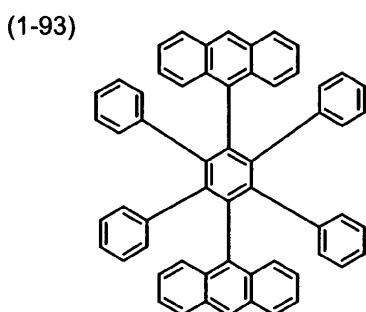
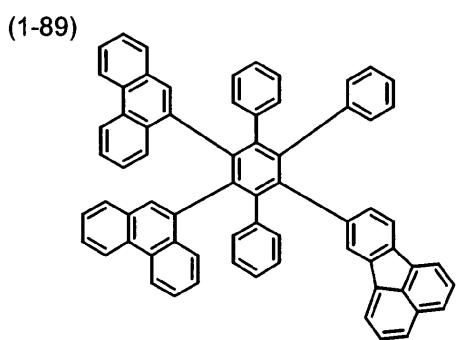
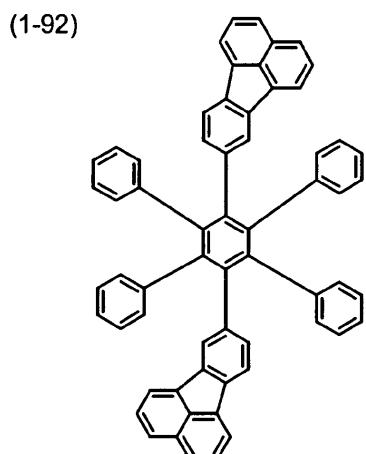
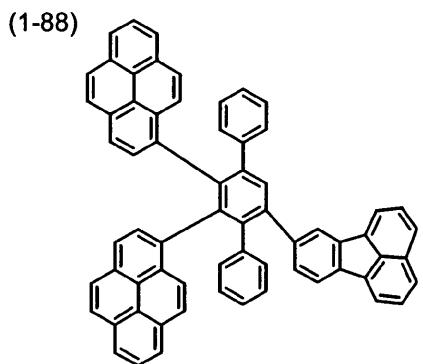
(1-87)



40

【 0 0 7 4 】

【 化 2 0 】



10

20

30

40

## 【 0 0 7 5 】

一般式(1)～(6)により表される化合物は精製しても良い。精製方法は特に限定されず、例えば再結晶法、カラムクロマトグラフィー法、昇華精製法等を用いればよい。

## 【 0 0 7 6 】

昇華精製法は公知であり、例えば実験化学講座1基本操作[1](pp. 425～430, 丸善(株)発行)に記載の方法、特開平5-269371号、特開平6-263438号、特開平7-24205号、特開平7-

50

204402号、特開平11-171801号、特開2000-93701号、特開2000-48955号、特公昭62-22960号、特許第2583306号、特許第2706936号などに記載の方法を用いることができる。昇華精製は、真空中又は不活性ガス（窒素、アルゴンなど）流中で行ってもよい。昇華精製を真空中で行うための真空ポンプは特に限定されず、例えばロータリーポンプ、ターボ分子ポンプ、拡散ポンプなどを用いればよい。

【0077】

化合物(1)は、例えばTetrahedron誌、1997年、53号(No. 45)、15349頁、J. Am. Chem. Soc.誌、1996年、118号、741頁、J. Org. Chem. Soc.誌、1986年、51号、979頁、Angew. Chem. Int. Ed. Engl.誌、1997年、36号、631頁、Indian J. Chem. Sect. B誌、2000年、39号、173頁、Org. Synth. Coll. Vol. 5誌、1973年、604頁、Chem. Ber.誌、1960年、93号、1769頁等に記載の公知の手法で合成することができる。

【0078】

本発明の発光素子のシステム、駆動方法、利用形態等は特に限定されないが、化合物(1)からの発光を利用する形態、或いは化合物(1)をホスト材料、電子注入材料、電子輸送材料、正孔注入材料及び／又は正孔輸送材料として利用する形態が好ましい。代表的な発光素子として、有機EL(エレクトロルミネッセンス)素子を挙げることができる。

【0079】

本発明の発光素子は、一対の電極(陽極及び陰極)間に、発光層又は発光層を含む複数の有機層を有する。この発光層又は複数の有機層のうち少なくとも一層は本発明の化合物を含有する。本発明の化合物を含有する層における該化合物の量(質量基準)は、例えば本発明の化合物を発光材料として使用する場合、好ましくは0.1～100質量%であり、より好ましくは0.5～100質量%である。また本発明の化合物をホスト材料として使用する場合には、本発明の化合物の量は好ましくは10～99.9質量%であり、より好ましくは20～99.5質量%である。

【0080】

化合物(1)を含有する層の形成方法は特に限定されず、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム法、スパッタリング法、分子積層法、コーティング法、インクジェット法、印刷法、転写法、電子写真法等の方法が使用可能である。中でも、素子の特性及び製造面から抵抗加熱蒸着法、コーティング法及び印刷法が好ましい。

【0081】

本発明の発光素子は、発光層に加えて正孔注入層、正孔輸送層、電子注入層、電子輸送層、保護層等を含んでいてよく、これらの層はそれぞれ他の機能を備えたものであってもよい。化合物(1)はこれらの層のいずれに含まれていてもよい。以下、各層について詳述する。

【0082】

(A)陽極

陽極は正孔注入層、正孔輸送層、発光層等に正孔を供給するものである。陽極を形成する材料としては、純金属、合金、金属酸化物、電気伝導性化合物、これらの混合物等を用いることができ、好ましくは仕事関数が4 eV以上の材料を用いる。陽極材料の具体例としては、金属(金、銀、クロム、ニッケル又はこれらの合金等)、導電性金属酸化物(酸化スズ、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウムスズ(ITO)等)、これら金属と導電性金属酸化物との混合物又は積層物、無機導電性物質(ヨウ化銅、硫化銅等)、有機導電性材料(ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロール等)、及びこれらとITOとの積層物等が挙げられる。陽極は導電性金属酸化物からなるのが好ましく、生産性、高導電性、透明性等の観点からITOが特に好ましい。

【0083】

陽極の形成法は用いる材料に応じて適宜選択すればよく、例えばITOの場合、電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法、化学反応法(ゾル・ゲル法等)、酸化インジウムスズ分散物の塗布等の方法を用いることができる。陽極に洗浄等の処理を施すことにより、発光素子の駆動電圧を下げたり、発光効率を高めたりすることも可能である。例えばIT

10

20

30

40

50

0からなる陽極の場合、UV-オゾン処理、プラズマ処理等が効果的である。陽極のシート抵抗は数百 / 以下とするのが好ましい。陽極の膜厚は材料に応じて適宜選択可能であるが、通常10 nm ~ 5 μmとするのが好ましく、50 nm ~ 1 μmとするのがより好ましく、100 ~ 500 nmとするのが最も好ましい。

【0084】

陽極は通常、ソーダライムガラス、無アルカリガラス、透明樹脂等からなる基板上に形成する。ガラス基板の場合、ガラスからの溶出イオンを低減するためには無アルカリガラスを用いるのが好ましい。ソーダライムガラス基板を用いる場合は、予めその表面にシリカ等のバリアコートを形成するのが好ましい。基板の厚さは、機械的強度を保つのに十分であれば特に制限はないが、ガラス基板の場合は通常0.2 mm以上、好ましくは0.7 mm以上とする。

【0085】

(B) 陰極

陰極は電子注入層、電子輸送層、発光層等に電子を供給するものである。陰極の材料としては、純金属、合金、金属ハロゲン化物、金属酸化物、電気伝導性化合物、これらの混合物等を用いることができ、発光層等の隣接する層との密着性やイオン化ポテンシャル、安定性等を考慮して選択すればよい。具体例としては、アルカリ金属(Li、Na、K等)及びそのフッ化物や酸化物、アルカリ土類金属(Mg、Ca等)及びそのフッ化物や酸化物、金、銀、鉛、アルミニウム、ナトリウム及びカリウムからなる合金及び混合金属、リチウム及びアルミニウムからなる合金及び混合金属、マグネシウム及び銀からなる合金及び混合金属、希土類金属(インジウム、イッテルビウム等)、それらの混合物等が挙げられる。陰極は仕事関数が4 eV以下の材料からなるのが好ましく、アルミニウム、リチウムとアルミニウムからなる合金又は混合金属、或いはマグネシウムと銀からなる合金又は混合金属からなるのがより好ましい。

【0086】

陰極は、上記のような材料からなる単層構造であっても、上記材料からなる層を含む積層構造であってもよい。例えば、アルミニウム/フッ化リチウム、アルミニウム/酸化リチウム等の積層構造が好ましい。陰極は電子ビーム法、スパッタリング法、抵抗加熱蒸着法、コーティング法等により形成することができる。蒸着法の場合、材料を単独で蒸着することも、二種以上の材料を同時に蒸着することもできる。合金電極を形成する場合は、複数の金属を同時蒸着して形成することが可能であり、また予め調整した合金を蒸着してもよい。陰極のシート抵抗は数百 / 以下とするのが好ましい。陰極の膜厚は材料に応じて適宜選択可能であるが、通常10 nm ~ 5 μmとするのが好ましく、50 nm ~ 1 μmとするのがより好ましく、100 nm ~ 1 μmとするのが最も好ましい。

【0087】

(C) 正孔注入層及び正孔輸送層

正孔注入層及び正孔輸送層に用いる材料は、陽極から正孔を注入する機能、正孔を輸送する機能、及び陰極から注入された電子を障壁する機能のいずれかを有しているものであればよい。その具体例としては、カルバゾール、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、イミダゾール、ポリアリールアルカン、ピラゾリン、ピラゾロン、フェニレンジアミン、アリールアミン、アミノ置換カルコン、スチリルアントラセン、フルオレノン、ヒドラゾン、スチルベン、シラザン、芳香族第三級アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリディン系化合物、ポルフィリン系化合物、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)、アニリン系共重合体、チオフェンオリゴマーやポリチオフェン等の導電性ポリマー又はコポリマー、有機シラン、上記化合物(1)、これらの誘導体、カーボン等が挙げられる。

【0088】

正孔注入層及び正孔輸送層は1種又は2種以上の上記材料からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。正孔注入層及び正孔輸送層の形成方法としては、真空蒸着法、LB法、上記材料を溶媒中に溶解又は分散させ

10

20

30

40

50

てコーティングする方法(スピンドルコート法、キャスト法、ディップコート法等)、インクジェット法、印刷法、転写法、電子写真法等が用いられる。コーティング法の場合、上記材料を樹脂成分と共に溶解又は分散させて塗布液を調製しても良い。該樹脂成分としては、ポリ塩化ビニル、ポリカーボネート、ポリスチレン、ポリメチルメタクリレート、ポリブチルメタクリレート、ポリエステル、ポリスルホン、ポリフェニレンオキシド、ポリブタジエン、ポリ(ニ-ビニルカルバゾール)、炭化水素樹脂、ケトン樹脂、フェノキシ樹脂、ポリアミド、エチルセルロース、ポリ酢酸ビニル、ABS樹脂、ポリウレタン、メラミン樹脂、不飽和ポリエステル樹脂、アルキド樹脂、エポキシ樹脂、シリコン樹脂等が使用できる。正孔注入層及び正孔輸送層の膜厚は特に限定されないが、通常1 nm～5 μmとするのが好ましく、5 nm～1 μmとするのがより好ましく、10～500 nmとするのが最も好ましい。

10

## 【0089】

## (D)発光層

発光素子に電界を印加すると、発光層において陽極、正孔注入層又は正孔輸送層から注入された正孔と、陰極、電子注入層又は電子輸送層から注入された電子とが再結合し、光を発する。発光層を形成する材料は、電界印加時に陽極等から正孔を受け取る機能、陰極等から電子を受け取る機能、電荷を移動させる機能、及び正孔と電子の再結合の場を提供して発光させる機能を有する層を形成することができるものであれば特に限定されない。発光層の材料としては例えばベンゾオキサゾール、ベンゾイミダゾール、ベンゾチアゾール、スチリルベンゼン、ポリフェニル、ジフェニルブタジエン、テトラフェニルブタジエン、ナフタルイミド、クマリン、ペリノン、オキサジアゾール、アルダジン、ピラリジン、シクロペンタジエン、ビススチリルアントラセン、キナクリドン、ピロロピリジン、チアジアゾロピリジン、シクロペンタジエン、スチリルアミン、芳香族ジメチリディン、ピロメテン、芳香族縮環化合物(アントラセン、ピレン、フルオランテン、ペリレン等)金属錯体(8-キノリノール誘導体の金属錯体等)、高分子発光材料(ポリチオフェン、ポリフェニレン、ポリフェニレンビニレン、ポリフルオレン等)、有機シラン、上記化合物(1)、これらの誘導体等が使用できる。

20

## 【0090】

発光層は単一の材料で形成しても複数の材料で形成してもよい。発光層は1つであっても複数であってもよい。発光層が複数の場合も、それぞれの発光層は単一の材料で形成しても複数の材料で形成してもよい。また、複数の発光層がそれぞれ異なる発光色で発光し白色等を発してもよく、単一の発光層が白色発光してもよい。

30

## 【0091】

発光層の形成方法は特に限定されず、抵抗加熱蒸着法、電子ビーム法、スパッタリング法、分子積層法、コーティング法(スピンドルコート法、キャスト法、ディップコート法等)、インクジェット法、印刷法、LB法、転写法、電子写真法等が使用可能である。中でも抵抗加熱蒸着法及びコーティング法が好ましい。発光層の膜厚は特に限定されず、通常1 nm～5 μmとするのが好ましく、5 nm～1 μmとするのがより好ましく、10～500 nmとするのが最も好ましい。

## 【0092】

## (E)電子注入層及び電子輸送層

電子注入層及び電子輸送層をなす材料は、陰極から電子を注入する機能、電子を輸送する機能、並びに陽極から注入された正孔を障壁する機能のいずれかを有しているものであればよい。その具体例としては、トリアゾール、オキサゾール、オキサジアゾール、イミダゾール、フルオレノン、アントラキノジメタン、アントロン、ジフェニルキノン、チオピランジオキシド、カルボジイミド、フルオレニリデンメタン、ジスチリルピラジン、ナフタレン、ペリレン等の芳香環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン、金属錯体(8-キノリノール誘導体の金属錯体、メタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体等、金属は例えばアルミニウム、亜鉛、ガリウム、ベリリウム、マグネシウム等)、有機シラン、上記化合物(1)、これらの誘導体等が挙げられる。

40

## 【0093】

50

電子注入層及び電子輸送層は1種又は2種以上の上記材料からなる単層構造であってもよいし、同一組成又は異種組成の複数層からなる多層構造であってもよい。電子注入層及び電子輸送層の形成方法としては、真空蒸着法、LB法、上記材料を溶媒中に溶解又は分散させてコーティングする方法(スピンドルコート法、キャスト法、ディップコート法等)、インクジェット法、印刷法、転写法、電子写真法等が用いられる。コーティング法の場合、上記材料を樹脂成分と共に溶解又は分散させて塗布液を調製してもよい。該樹脂成分としては、前述した正孔注入層及び正孔輸送層の場合と同様のものが使用できる。電子注入層及び電子輸送層の膜厚は特に限定されず、通常1 nm~5 μmとするのが好ましく、5 nm~1 μmとするのがより好ましく、10~500 nmとするのが最も好ましい。

【0094】

10

## (F)保護層

保護層は水分、酸素等の素子劣化を促進するものが素子内に入ることを抑止する機能を有する。保護層の材料としては、金属(In、Sn、Pb、Au、Cu、Ag、Al、Ti、Ni等)、金属酸化物(MgO、SiO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO、NiO、CaO、BaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>等)、金属フッ化物(MgF<sub>2</sub>、LiF、AlF<sub>3</sub>、CaF<sub>2</sub>等)、窒化物(SiN<sub>x</sub>、SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>等)、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイミド、ポリウレア、ポリテトラフルオロエチレン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリジクロロジフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレンとジクロロジフルオロエチレンとの共重合体、テトラフルオロエチレンと少なくとも1種のコモノマーとを含むモノマー混合物を共重合させて得られる共重合体、共重合主鎖に環状構造を有する含フッ素共重合体、吸水率1%以上の吸水性物質、吸水率0.1%以下の防湿性物質等が使用できる。

【0095】

20

保護層の形成方法は特に限定されず、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、MBE(分子線エピタキシ)法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、高周波励起イオンプレーティング法、プラズマ重合法、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、ガスソースCVD法、コーティング法、印刷法、転写法等が適用できる。

## 【実施例】

【0096】

30

以下実施例により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。

合成実施例1

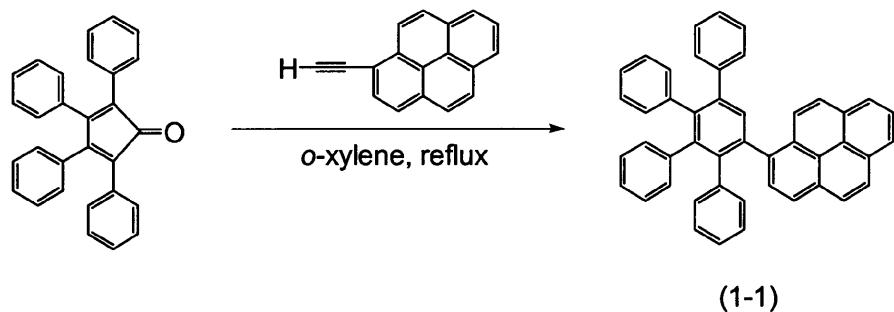
## 化合物(1-1)の合成

0.5 gの1-エチニルビレン及び0.85 gのテトラフェニルシクロペンタジエノンに10 mlのo-キシレンを加え、還流下で3時間攪拌した。得られた反応生成物溶液を室温に冷却し、これに50 mlのメタノールを加え、析出した固体をろ別し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(ヘキサン/クロロホルム=5/1)で精製し、1.1 gの白色固体を得た。マススペクトル測定の結果、白色固体が化合物(1-1)であることを確認した。これから、化合物(1-1)は下記の反応により得られたことが分かる。

【0097】

【化21】

40



10

【0098】

合成実施例2

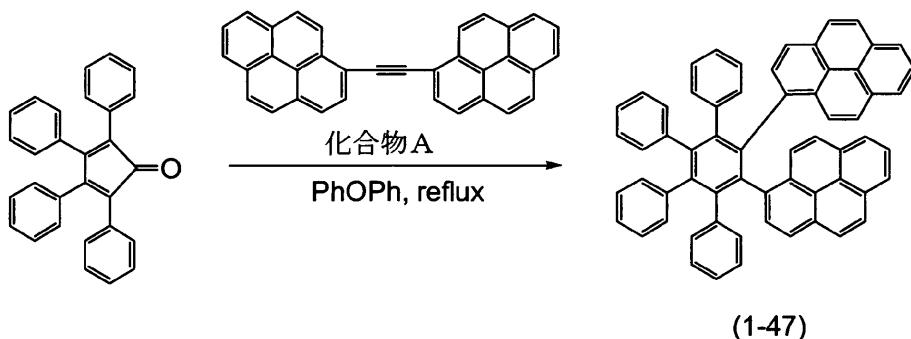
## 化合物(1-47)の合成

1 gの下記化合物A及び1.35 gのテトラフェニルシクロペンタジエノンに50 mlのジフェニルエーテルを加え、還流下で30時間攪拌した。得られた反応生成物溶液を室温に冷却し、これに100 mlのメタノールを加え、析出した固体をろ別し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(クロロホルム)で精製し、1.3 gの白色固体を得た。マススペクトル測定の結果、白色固体が化合物(1-47)であることを確認した。これから、化合物(1-47)は下記の反応により得られたことが分かる。

20

【0099】

## 【化22】



30

【0100】

合成実施例3

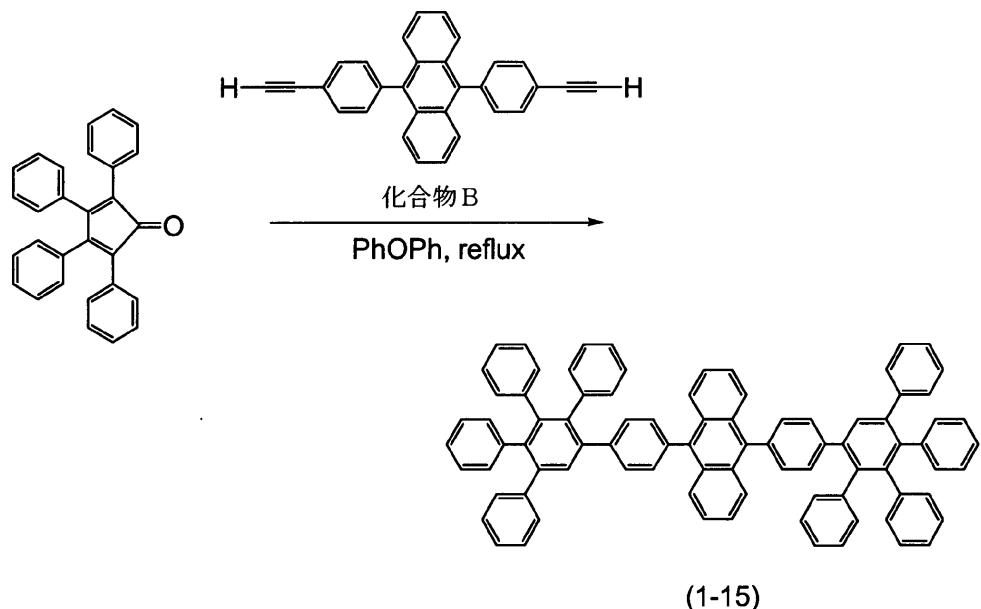
## 化合物(1-15)の合成

1 gの下記化合物B及び3 gのテトラフェニルシクロペンタジエノンに50 mlのジフェニルエーテルを加え、還流下で10時間攪拌した。得られた反応生成物溶液を室温に冷却し、これに100 mlのメタノールを加え、析出した固体をろ別し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(クロロホルム)で精製し、2.0 gの白色固体を得た。マススペクトル測定の結果、白色固体が化合物(1-15)であることを確認した。これから、化合物(1-15)は下記の反応により得られたことが分かる。

40

【0101】

## 【化23】



## 【0102】

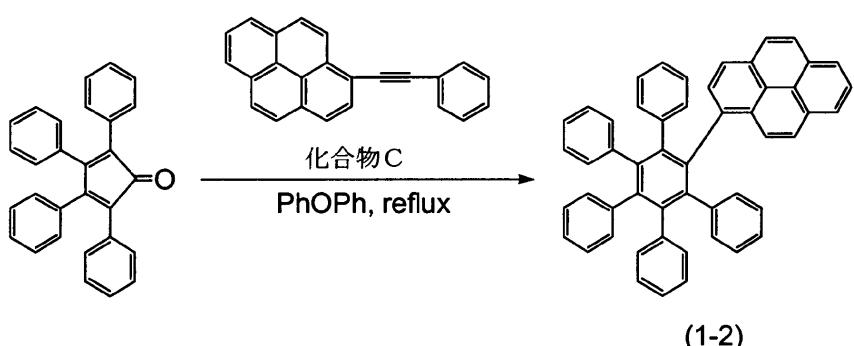
## 合成実施例4

## 化合物(1-2)の合成

0.5 gの下記化合物C及び0.85 gのテトラフェニルシクロペンタジエノンに10 mlのジフェニルエーテルを加え、還流下で3時間攪拌した。得られた反応生成物溶液を室温に冷却し、これに50 mlのメタノールを加え、析出した固体をろ別し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(ヘキサン/クロロホルム=5/1)で精製し、1.0 gの白色固体を得た。マススペクトル測定の結果、白色固体が化合物(1-2)であることを確認した。これから、化合物(1-2)は下記の反応により得られたことが分かる。

## 【0103】

## 【化24】



## 【0104】

## 合成実施例5

## (1-14)の合成

0.5 gの下記化合物D及び3 gのテトラフェニルシクロペンタジエノンに50 mlのジフェニルエーテルを加え、還流下で10時間攪拌した。得られた反応生成物溶液を室温に冷却し、これに100 mlのメタノールを加え、析出した固体をろ別し、シリカゲルカラムクロマトグラフィー(クロロホルム)で精製し、0.9 gの淡黄色固体を得た。マススペクトル測定の結果、淡黄色固体が化合物(1-14)であることを確認した。これから、化合物(1-14)は下記の反応により得られたことが分かる。

## 【0105】

## 【化25】

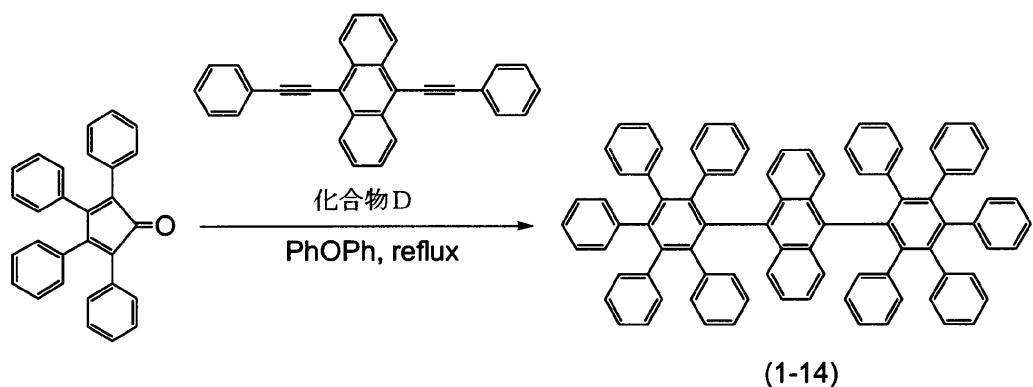
10

20

30

40

50

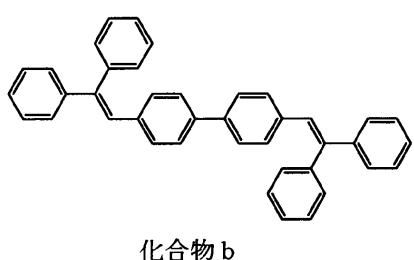


10

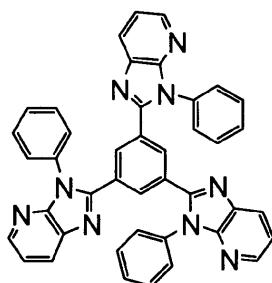
【 0 1 0 6 】

以下の化合物b~vを下記の実施例及び比較例に使用した。

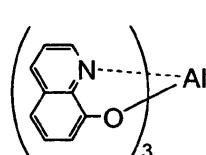
【 化 2 6 】



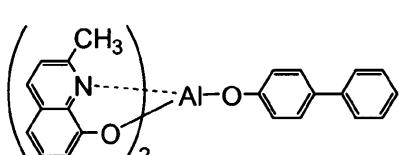
### 化合物 b



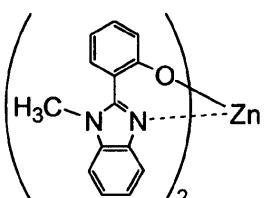
### 化合物 c



### 化合物 d



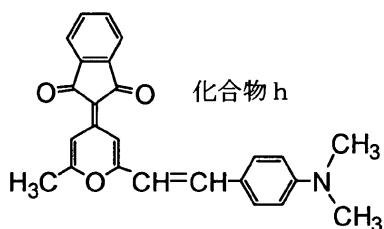
### 化合物 e



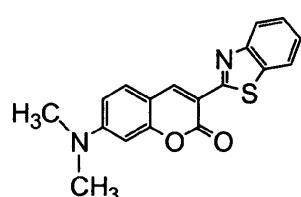
### 化合物 f



### 化合物 g



### 化合物 h



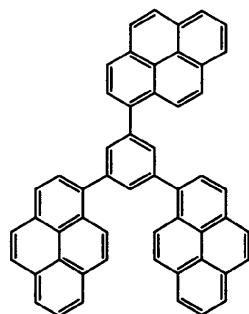
### 化合物i



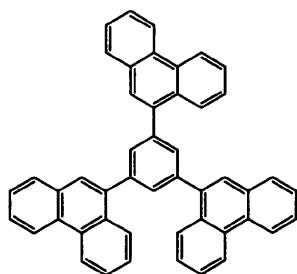
### 化合物 i



### 化合物 k

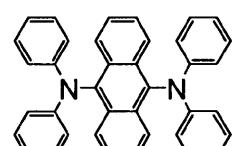
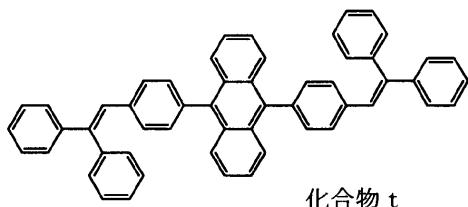
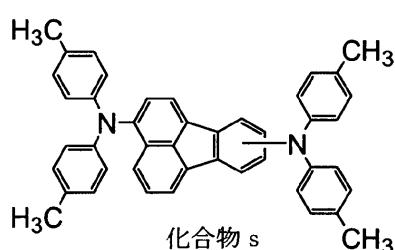
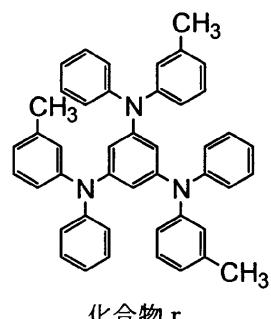
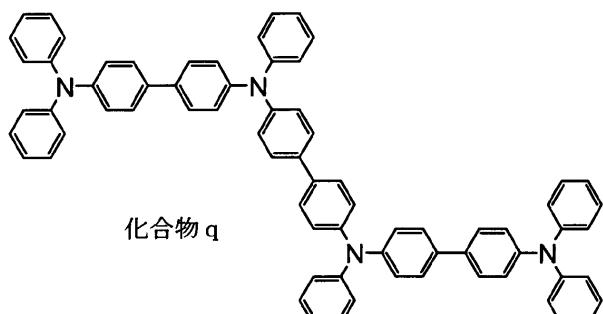
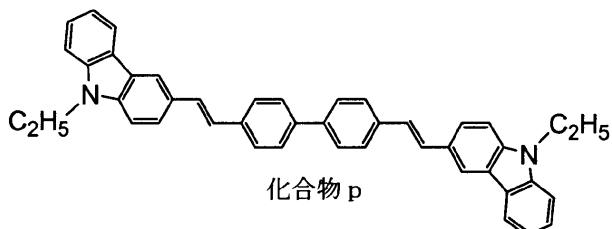
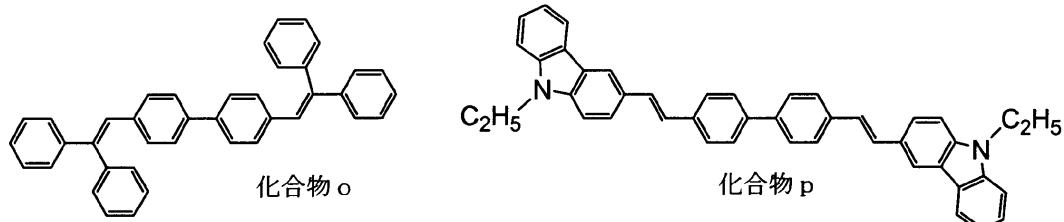


### 化合物m

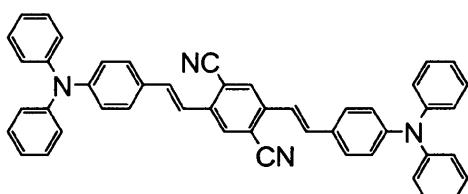


### 化合物 n

【化 2 7】



化合物 u



## 【 0 1 0 7 】

## 比較例 1

洗浄したITO基板を入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に上記ジスチリル化合物(化合物b)を20nm蒸着し、更にこの上に上記アゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して、比較例1の発光素子を作製した。

## 【 0 1 0 8 】

得られた発光素子に、(株)東陽テクニカ(Toyo Corp.)製の「ソースメジャーユニット2400型」を用いて直流定電圧を印加して発光させ、その発光輝度をトプコン社製の「輝度計BM-8」を用いて測定し、発光波長を浜松フォトニクス(株)製の「スペクトルアナライザ-PMA-11」を用いて測定した。その結果、色度値(0.15, 0.20)の青緑色発光が得られ、最高輝度は1130 cd/m<sup>2</sup>であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したところ、膜面の白濁が観察された。

## 【 0 1 0 9 】

10

20

30

40

50

実施例1

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.10)の青色発光が得られ、最高輝度は4370 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $E_L = 1.4\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

【0110】

実施例2

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-17)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.14)の青色発光が得られ、最高輝度は2920 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $E_L = 1.3\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

【0111】

実施例3

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-24)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.18)の青色発光が得られ、最高輝度は2000 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $E_L = 1.3\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

【0112】

実施例4

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)とDCM(7,4-(Dicyanomethylene)-2-methyl-6-(4-dimethylaminostyryl)-4H-pyran)を1000対5の質量比で20 nm共蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.30, 0.32)の白色発光が得られ、最高輝度は4300 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $E_L = 2.2\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

【0113】

実施例5

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上にAlq(トリス(8-ヒドロキシキノリナト)アルミニウム)とDCMを100対1の質量比で5 nm共蒸着し、この上に化合物(1-1)を15 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム:銀の質量比=10:1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.10)の青色発光が得られ、最高輝度は4370 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $E_L = 1.4\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

10

20

30

40

50

× 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム：銀の質量比=10：1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.31, 0.33)の白色発光が得られ、最高輝度は4400 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL} = 2.3\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0114】

実施例6

40 mgのポリ(N-ビニルカルバゾール)、12 mgの2-(4-t-ブチルフェニル)-5-(4-ビフェニル)-1,3,4-オキサジアゾール及び1 mgの化合物(1-1)を2.5 mlのジクロロエタンに溶解し、これを洗浄したITO基板上にスピンドルコートした(1500 rpm、20 sec)。得られた有機層の膜厚は110 nmであった。この有機層上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム：銀の質量比=10：1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.10)の青色発光が得られ、最高輝度は1900 cd/m<sup>2</sup>であった。

## 【0115】

実施例7

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-15)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に発光面積が4 mm × 5 mmとなるようにパターニングしたマスクを設置し、蒸着装置内でマグネシウム及び銀(マグネシウム：銀の質量比=10：1)を50 nm共蒸着した後、銀を50 nm蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.08)の青色発光が得られ、最高輝度は3200 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL} = 1.2\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0116】

実施例8

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-2)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.08)の青色発光が得られ、最高輝度は1400 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL} = 1.5\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0117】

実施例9

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.17, 0.17)の青色発光が得られ、最高輝度は6470 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL} = 3.4\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0118】

実施例10

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-14)を20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着

10

20

30

40

50

して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.17)の青色発光が得られ、最高輝度は2500 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL} = 0.8\%$ であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0119】

実施例11

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物dを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、1100 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

10

## 【0120】

実施例12

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物eを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に9 Vの電圧を印加した結果、1300 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0121】

実施例13

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物fを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に9 Vの電圧を印加した結果、1200 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

20

## 【0122】

実施例14

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物gを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、2500 cd/m<sup>2</sup>の橙色発光が得られた。

30

## 【0123】

実施例15

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物hを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、1800 cd/m<sup>2</sup>の赤色発光が得られた。

## 【0124】

実施例16

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物iを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、6300 cd/m<sup>2</sup>の緑色発光が得られた。

40

## 【0125】

実施例17

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-2)と化合物jを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、4500 cd/m<sup>2</sup>の黄緑色発光が得られた。

50

## 【0126】

実施例18

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物kを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、3900 cd/m<sup>2</sup>の黄色発光が得られた。

## 【0127】

実施例19

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物mを10対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、2800 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0128】

実施例20

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物mを1対10の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、3400 cd/m<sup>2</sup>の青緑色発光が得られた。

## 【0129】

実施例21

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物nを1対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、1100 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0130】

実施例22

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物oを10対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、1800 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0131】

実施例23

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物pを20対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、3800 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0132】

実施例24

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、化合物qを40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、2100 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0133】

実施例25

10

20

30

40

50

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、化合物rを10 nm蒸着した後、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を30 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に6 Vの電圧を印加した結果、2200 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

【0134】

実施例26

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物(1-2)を1対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、2200 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

【0135】

実施例27

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物dと化合物kを100対1の質量比で5 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物pを20対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを20 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、4100 cd/m<sup>2</sup>の白色発光が得られた。

【0136】

実施例28

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-14)と化合物pを20対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、2900 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

【0137】

実施例29

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-14)と化合物mを1対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、3700 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

【0138】

実施例30

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物pと化合物gを100対5対0.2の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、1800 cd/m<sup>2</sup>の白色発光が得られた。

【0139】

実施例31

Baytron P(PEDOT-PSS溶液(ポリエチレンジオキシチオフェン-ポリスチレンスルホン酸ドープ体)/バイエル社製)を洗浄したITO基板上にスピンコートし(1000 rpm、30 sec)、150 °Cにて1.5時間、真空乾燥した。有機層の膜厚は70 nmであった。10 mgのポリメチルメタクリレート及び30 mgの化合物(1-1)を4 mlのジクロロエタンに溶解し、上記基板上にスピンコートした(1500 rpm、20 sec)。有機層の膜厚の総計は120 nmであった。この上に化合物cを50 nm蒸着した後、比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に10Vの電圧を印加した結果、800 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

【0140】

10

20

30

40

50

実施例32

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)を20 nm蒸着し、更にこの上に化合物dを40 nm蒸着した。この上にLiFを3 nm蒸着した後、アルミニウム100 nmを蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、1300 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0141】

実施例33

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-2)と化合物sを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、2500 cd/m<sup>2</sup>の緑色発光が得られた。

## 【0142】

実施例34

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-2)と化合物tを1対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、1500 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0143】

実施例35

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物uを100対1の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、2700 cd/m<sup>2</sup>の緑色発光が得られた。

## 【0144】

実施例36

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物vを100対1の質量比で20 nm蒸着し、この上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に8 Vの電圧を印加した結果、2200 cd/m<sup>2</sup>の赤橙色発光が得られた。

## 【0145】

実施例37

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-61)と化合物pを100対2の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、1000 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0146】

実施例38

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に、化合物(1-65)と化合物sを100対2の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上に化合物cを40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子に7 Vの電圧を印加した結果、1100 cd/m<sup>2</sup>の青色発光が得られた。

## 【0147】

実施例39

10

20

30

40

50

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-2)と化合物pを95対5の質量比で20 nm蒸着し、この上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.18)の青色発光を得られ、最高輝度は17000 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL}=4\%$  であった。またこの発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0148】

実施例40

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物pを95対5の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.20)の青色発光が得られ、最高輝度は10,000 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL}=3.5\%$  であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0149】

実施例41

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-47)と化合物pを99対1の質量比で20 nm蒸着し、この上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。得られた有機薄膜上に比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.16, 0.18)の青色発光が得られ、最高輝度は12,000 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL}=3.5\%$  であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【0150】

実施例42

洗浄したITO基板を蒸着装置に入れ、-NPD(N,N'-ジフェニル-N,N'-ジ(-ナフチル)-ベンジジン)を40 nm蒸着し、この上に化合物(1-1)と化合物pを95対5の質量比で20 nm蒸着し、更にこの上にアゾール化合物(化合物c)を40 nm蒸着した。比較例1と同様に陰極を蒸着して発光素子を作製した。この発光素子の発光輝度及び発光波長を上記比較例1と同様に測定した結果、色度値(0.15, 0.22)の青色発光が得られ、最高輝度は13,000 cd/m<sup>2</sup>であった。この発光素子の外部量子効率を算出したところ、 $\eta_{EL}=3.3\%$  であった。また、この発光素子を窒素雰囲気下で1日放置したが、膜面は透明であった。

## 【国際公開パンフレット】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
23 January 2003 (23.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/007658 A2

(51) International Patent Classification<sup>5</sup>: H05B

(81) Designated States (national): A1, AG, A1<sub>n</sub>, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CI, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FL, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TI, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/JP02/06998

(22) International Filing Date: 10 July 2002 (10.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data:  
2001-211269 11 July 2001 (11.07.2001) JP  
2001-329676 26 October 2001 (26.10.2001) JP

(71) Applicant (for all designated States except US): FUJI PHOTO FILM CO., LTD. [JP/JP]; 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP).

(72) Inventors and  
(73) Inventors/Applicants (for US only): IGARASHI, Tatsuya [JP/JP]; c/o Fuji Photo Film Co., Ltd., 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP). QIU, Xuepeng [CN/CHN]; Lixin-hutong 42-15, Chaoyang-qu, 130022 Changchun (CN).

(74) Agent: TAKAISHI, Kitsuma; 67, Kagurazaka 6-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0825 (JP).

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SI, SZ, TZ, UG, ZM, ZW); Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); European patent (AL, BL, BG, CH, CY, CZ, DL, DK, EL, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR); OAIP patent (BT, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, MT, MR, NE, SN, TD, TG).

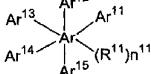
Published:  
without international search report and to be republished upon receipt of that report

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

A2

(54) Title: LIGHT-EMITTING DEVICE AND AROMATIC COMPOUND

WO 03/007658



(1)

(55) Abstract: A light-emitting device comprising a pair of electrodes and a light-emitting layer or a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer disposed therebetween, the light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising the light-emitting layer comprising at least one compound represented by the following general formula (1), wherein each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring; at least one of Ar, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a group comprising a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are not bonded to each other to form a ring; R<sup>11</sup> represents a substituent; and n<sup>11</sup> represents an integer of 0 or more.

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

## DESCRIPTION

## LIGHT-EMITTING DEVICE AND AROMATIC COMPOUND

## 5 FIELD OF THE INVENTION

The present invention relates to a light-emitting device that converts electric energy to light, particularly to a light-emitting device suitable for indicating elements, displays, backlights, electrophotography, illumination light sources, recording light sources, exposing light sources, reading light sources, signs and marks, signboards, interiors, optical communications devices, etc., and a novel aromatic compound usable for such a light-emitting device.

## BACKGROUND OF THE INVENTION

15 Various display devices have been actively researched and developed in recent years. In particular, organic electroluminescence (EL) devices attract much attention because they can emit light at a high luminance with low voltage applied. For example, a light-emitting device comprising organic thin layers provided by vapor-depositing organic 20 compounds is disclosed in Applied Physics Letters, Vol. 51, page 913 (1987). This light-emitting device has a structure where an electron-transporting material of tris(8-hydroxyquinolato) aluminum complex (Alq) and a hole-transporting material of an amine compound are disposed between electrodes as a laminate, thereby exhibiting more excellent light-emitting properties than those of conventional light-emitting devices 25 having a single-layer structure.

Active research and development have been made to apply organic EL devices to full-color displays in recent years. To provide high-performance, full-color displays, light-emitting properties should be

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

improved for each of blue, green and red colors. For instance, blue-color, light-emitting devices are disadvantageous in color purity, durability, light-emitting luminance and light-emitting efficiency, and thus their improvement is desired. To solve these problems, devices comprising 5 aromatic condensed-ring compounds were investigated (JP 11-12205 A, etc.), but there is still a problem that such light-emitting devices are low in light-emitting efficiency, failing to emit blue light with high color purity. In addition, improvement is desired in organic EL devices, too.

10 OBJECT OF THE INVENTION

An object of the present invention is to provide a light-emitting device excellent in light-emitting properties and durability.

Another object of the present invention is to provide an aromatic compound excellent in color purity and durability, and usable for such 15 light-emitting devices.

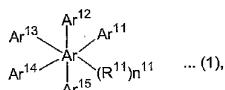
DISCLOSURE OF THE INVENTION

As a result of intense research in view of the above objects, the inventors have found that a light-emitting device comprising an aromatic 20 compound having a particular structure is excellent in light-emitting properties and durability. The present invention has been completed based on this finding.

Thus, the light-emitting device of the present invention comprises a pair of electrodes and a light-emitting layer or a plurality of organic layers 25 comprising a light-emitting layer disposed between the electrodes, either of the light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer comprising at least one compound represented by the general formula (1):

WO 03/007658

PCT/JP02/06998



wherein each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring; at least one of Ar, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>,  
5 Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are not bonded to each other to form a ring; R<sup>11</sup> represents a substituent; and n<sup>11</sup> represents an integer of 0 or more.

10 In the general formula (1), at least one of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is a pyrenyl group.

In the above general formula (1), at least four of R<sup>11</sup>, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are preferably a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group, more preferably a condensed aryl group,  
15 most preferably a phenanthryl group or a pyrenyl group.

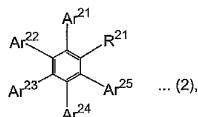
In the above general formula (1), at least one of R<sup>11</sup>, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is selected from the group consisting of a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group, more preferably a naphthyl group or a  
20 phenanthryl group.

The compound represented by the general formula (1) preferably emits light from a singlet excited state.

The first preferred example of the general formula (1) is the following general formula (2):

WO 03/007658

PCT/JP02/06998



wherein each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; at least one of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are not bonded to each other to form a ring; R<sup>21</sup> represents a hydrogen atom or a substituent.

In the general formula (2), it is preferable that each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup> and Ar<sup>24</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group; Ar<sup>25</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group; R<sup>21</sup> is selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group; at least one of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is a condensed aryl group; Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are not bonded to each other to form a ring.

In the general formula (2), each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup> and Ar<sup>24</sup> is more preferably selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group and a phenanthryl group, most preferably a phenyl group.

In the general formula (2), Ar<sup>25</sup> is more preferably selected from the group consisting of an anthryl group, a phenanthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group.

In the general formula (2), R<sup>21</sup> is more preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group.

In the above general formula (2), at least four of R<sup>21</sup>, Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>,

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

$\text{Ar}^{23}$ ,  $\text{Ar}^{24}$  and  $\text{Ar}^{25}$  are preferably a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group, more preferably a condensed aryl group, most preferably a phenanthryl group or a pyrenyl group.

In the above general formula (2), each of  $\text{Ar}^{21}$  and  $\text{Ar}^{22}$  is a  
5 condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group,  
more preferably a condensed aryl group, most preferably a phenanthryl  
group or a pyrenyl group.

In the above general formula (2), each of  $\text{Ar}^{21}$  and  $\text{Ar}^{24}$  is preferably  
a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group,  
10 more preferably a condensed aryl group, most preferably a phenanthryl  
group or a pyrenyl group.

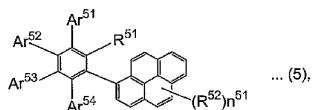
In the above general formula (2), at least one of  $\text{R}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  
 $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  is selected from the group consisting of a naphthyl group, a  
phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl  
15 group and a perylenyl group, more preferably a naphthyl group or a  
phenanthryl group.

In the above general formula (2), it is preferable that each of  $\text{Ar}^{21}$   
and  $\text{Ar}^{23}$  is a condensed aryl group, and that each of  $\text{R}^{21}$ ,  $\text{Ar}^{22}$ ,  $\text{Ar}^{24}$  and  $\text{Ar}^{25}$   
is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, a  
20 phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl  
group and a perylenyl group; and it is more preferable that each of  $\text{Ar}^{21}$  and  
 $\text{Ar}^{23}$  is a pyrenyl group, and that each of  $\text{R}^{21}$ ,  $\text{Ar}^{22}$ ,  $\text{Ar}^{24}$  and  $\text{Ar}^{25}$  is selected  
from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group and a  
phenanthryl group.

25 The first preferred example of the general formula (2) is the  
following general formula (5):

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

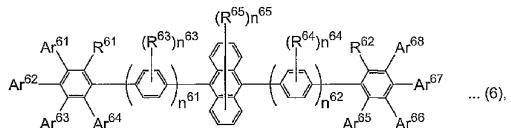


wherein each of Ar<sup>51</sup>, Ar<sup>52</sup>, Ar<sup>53</sup> and Ar<sup>54</sup> represents an aryl group, R<sup>51</sup> represents a hydrogen atom or a substituent, R<sup>52</sup> represents a substituent, and n<sup>51</sup> is an integer of 0 to 9.

5 In the general formula (5), each of Ar<sup>51</sup>, Ar<sup>52</sup>, Ar<sup>53</sup> and Ar<sup>54</sup> is preferably selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group, more preferably a phenyl group.

10 In the general formula (5), R<sup>51</sup> is preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group, more preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group, most preferably a phenyl group or a pyrenyl group.

15 The second preferred example of the general formula (2) is the following general formula (6):



wherein each of Ar<sup>61</sup>, Ar<sup>62</sup>, Ar<sup>63</sup>, Ar<sup>64</sup>, Ar<sup>65</sup>, Ar<sup>66</sup>, Ar<sup>67</sup> and Ar<sup>68</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; each of R<sup>61</sup> and R<sup>62</sup> represents a hydrogen atom or a substituent; each of R<sup>63</sup>, R<sup>64</sup> and R<sup>65</sup> represents a substituent; each of n<sup>61</sup> and n<sup>62</sup> is an integer of 0 to 5; each of n<sup>63</sup> and n<sup>64</sup> is an integer of 0 to 4; and n<sup>65</sup> is an integer of 0 to 8.

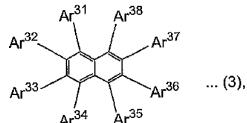
20 In the general formula (6), each of Ar<sup>61</sup>, Ar<sup>62</sup>, Ar<sup>63</sup>, Ar<sup>64</sup>, Ar<sup>65</sup>, Ar<sup>66</sup>, Ar<sup>67</sup> and Ar<sup>68</sup> is preferably selected from the group consisting of a phenyl

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

group, a naphthyl group and a phenanthryl group. In particular, each of R<sup>61</sup> and R<sup>62</sup> is preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group. Each of n<sup>61</sup> and n<sup>62</sup> is preferably 0 or 1.

5 The second preferred example of the general formula (1) is the following general formula (3):

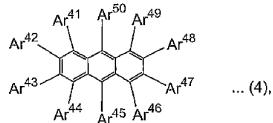


wherein each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; and Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>,

10 Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> are not bonded to each other to form a ring.

In the general formula (3), each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> is preferably an aryl group, more preferably selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a pyrenyl group, most preferably a phenyl group.

15 The third preferred example of the general formula (1) is the following general formula (4):



wherein each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; and Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>,

20 Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> are not bonded to each other to form a ring.

In the general formula (4), each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>,

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> is preferably an aryl group, more preferably selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a pyrenyl group, most preferably a phenyl group.

5 The compound of the general formula (1) is preferably represented by any one of the above general formulae (2)-(4), more preferably represented by the general formula (2).

10 The content of the compound represented by the general formula (1) in the light-emitting layer is preferably 0.1 to 100% by mass as a light-emitting material.

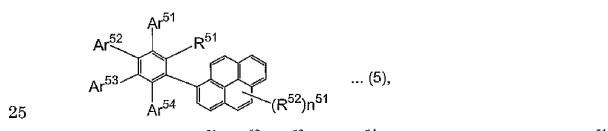
15 The content of the compound represented by the general formula (1) in the light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising the light-emitting layer is preferably 10 to 99.9% by mass as a host material.

20 At least one of the above light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising the above light-emitting layer is preferably a light-emitting layer.

25 At least one of the above light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising the above light-emitting layer is preferably a hole-transporting layer.

The above light-emitting layer preferably comprises at least one fluorescent compound.

The aromatic compound of the present invention is represented by the general formula (5):



WO 03/007658

PCT/JP02/06998

represents a hydrogen atom or a substituent;  $R^{52}$  represents a substituent; and  $n^{51}$  is an integer of 0 to 9.

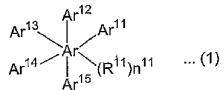
In the general formula (5), each of  $Ar^{51}$ ,  $Ar^{52}$ ,  $Ar^{53}$  and  $Ar^{54}$  is preferably selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group, more preferably a phenyl group.

In the general formula (5),  $R^{51}$  is preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group, more preferably selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group, most preferably a phenyl group or a pyrenyl group.

The aromatic compound represented by the general formula (5) is a preferred example of the compound represented by the general formula (2), which can preferably be used as the compound represented by the general formula (1).

#### BEST MODE FOR CARRYING OUT THE INVENTION

The light-emitting device of the present invention comprises a pair of electrodes and a light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer disposed therebetween. The light-emitting layer or at least one layer in a plurality of organic layers comprising the light-emitting layer comprises at least one compound represented by the following general formula (1). The compound represented by any one of the general formulae (1)-(6) may be referred to 25 as "compound (1)" or "compound of the present invention" hereinafter.



WO 03/007658

PCT/JP02/06998

In the general formula (1), each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group. Examples of the aryl groups include a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group, a perylenyl group, a chrysenyl group, a triphenylenyl group, a benzoanthryl group, a benzophenanthryl group, etc. Preferable among them are a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group, a pyrenyl group and a perylenyl group. Examples of the condensed or uncondensed heteroaryl groups include a pyridyl group, a quinolyl group, a quinoxalyl group, a quinazolyl group, an acridyl group, a phenanthridyl group, a phthalazyl group, a phenanthrolyl group, a triazyl group, etc. Preferable among them are a pyridyl group, a quinolyl group and a triazyl group. Each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> may have a substituent, whose examples may be the same as those of R<sup>11</sup> described later. Each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is preferably an aryl group. Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are not bonded to each other to form a ring.

In the general formula (1), Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring. Ar is preferably a benzene ring or a naphthalene ring, more preferably a benzene ring.

At least one of Ar, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is a condensed aryl group or a group comprising a condensed aryl group, such as a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a pyrenyl group, a perylenyl group, a fluoranthenyl group, etc.; or a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed or uncondensed heteroaryl group, such as a pyridyl group, a quinolyl group, a quinoxalyl group, a quinazolyl group, an acridyl group, a phenanthridyl group, a phthalazyl group, a phenanthrolyl group, a triazyl group, etc. At

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

least one of Ar, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> is preferably a condensed aryl group or a group comprising a condensed aryl group, more preferably a pyrenyl group. The number of pyrenyl groups in the compound (1) is preferably two or less. The above group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group may be composed of a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group, and an alkylene group, an arylene group, etc., though it is preferably composed of only a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.

10 In the general formula (1), R<sup>11</sup> represents a substituent. Examples of the substituents R<sup>11</sup> include alkyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 10, such as a methyl group, an ethyl group, an isopropyl group, a *t*-butyl group, a *n*-octyl group, a *n*-decyl group, a *n*-hexadecyl group, a cyclopropyl group, a cyclopentyl group and a cyclohexyl group; alkenyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 2 to 30, more preferably 2 to 20, most preferably 2 to 10, such as a vinyl group, an allyl group, a 2-butenyl group and a 3-pentenyl group; alkynyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 2 to 30, more preferably 2 to 20, most preferably 2 to 10, such as a propargyl group and a 3-pentyne group; aryl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 6 to 30, more preferably 6 to 20, most preferably 6 to 12, such as a phenyl group, a *p*-methylphenyl group, a naphthyl group and an anthranil group; amino groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 0 to 30, more preferably 0 to 20, most preferably 0 to 10, such as an amino group, a methylamino group, a dimethylamino group, a diethylamino group, a dibenzylamino group, a diphenylamino group and a ditolylamino group; alkoxy groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 10, such as a methoxy group, an ethoxy group, a butoxy group and a 2-ethylhexyloxy group; aryloxy groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 6 to 30, more preferably 6 to 20, most preferably 6 to 12, such as a phenoxy group, a 1-naphthoxy group and a 2-naphthoxy group; heterocyclic oxy groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a pyridyloxy group, a pyrazyloxy group, a pyrimidyloxy group and a quinolylloxy group; acyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as an acetyl group, a benzoyl group, a formyl group and a pivaloyl group; alkoxy carbonyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 2 to 30, more preferably 2 to 20, most preferably 2 to 12, such as a methoxycarbonyl group and an ethoxycarbonyl group; aryloxycarbonyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 7 to 30, more preferably 7 to 20, most preferably 7 to 12, such as a phenoxy carbonyl group; acyloxy groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 2 to 30, more preferably 2 to 20, most preferably 2 to 10, such as an acetoxy group and a benzoyloxy group; acylamino groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 2 to 30, more preferably 2 to 20, most preferably 2 to 12, such as a methoxycarbonylamino group; aryloxycarbonylamino groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 7 to 30, more preferably 7 to 20, most preferably 7 to 12, such as a phenoxy carbonylamino group; sulfonylamino groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

a methanesulfonylamino group and a benzenesulfonylamino group; sulfamoyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 0 to 30, more preferably 0 to 20, most preferably 0 to 12, such as a sulfamoyl group, a methylsulfamoyl group, a dimethylsulfamoyl group and a phenylsulfamoyl group; carbamoyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a carbamoyl group, a methylcarbamoyl group, a diethylcarbamoyl group, a phenylcarbamoyl group; alkylthio groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a methylthio group and an ethylthio group; arylthio groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 6 to 30, more preferably 6 to 20, most preferably 6 to 12, such as a phenylthio group; heterocyclic thio groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a pyridylthio group, a 2-benzimidazolylthio group, a 2-benzoxazolylthio group and a 2-benzthiazolylthio group; sulfonyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a mesyl group and a tosyl group; sulfinyl groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a methane sulfinyl group and a benzene sulfinyl group; ureide groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a ureide group, a methylureide group and a phenylureide group; phosphoric amide groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 20, most preferably 1 to 12, such as a diethylphosphoric amide group and a phenylphosphoric amide group; a hydroxyl group; mercapto groups; halogen atoms such as a fluorine atom, a chlorine atom, a bromine atom

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

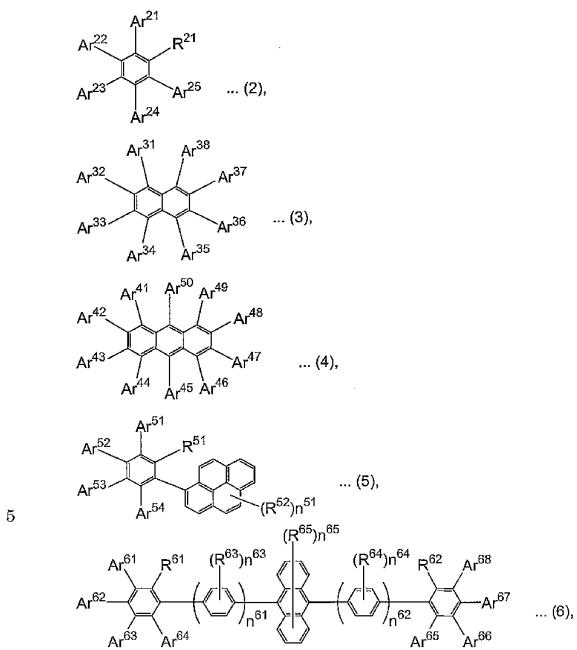
and an iodine atom; cyano groups; sulfo groups; carboxyl groups; nitro groups; a hydroxamic acid group; a sulfino group; a hydrazino group; an imino group; heterocyclic groups that may have a nitrogen atom, a oxygen atom, a sulfur atom, etc. as a hetero atom, the number of carbon atoms 5 thereof being preferably 1 to 30, more preferably 1 to 12, such as an imidazolyl group, a pyridyl group, a quinolyl group, a furyl group, a thienyl group, a piperidyl group, a morpholino group, a benzoxazolyl group, a benzimidazolyl group, a benzthiazolyl group, a carbazolyl group, an azepinyl group and a triazyl group; silyl groups, the number of carbon 10 atoms thereof being preferably 3 to 40, more preferably 3 to 30, most preferably 3 to 24, such as a trimethylsilyl group and a triphenylsilyl group; siloxy groups, the number of carbon atoms thereof being preferably 3 to 30, more preferably 6 to 30, such as a triphenylsilyloxy group, a *t*-butyldimethylsilyloxy group; etc. These substituents may be further 15 substituted. R<sup>11</sup> is preferably an alkyl group or an aryl group.

In the general formula (1), n<sup>11</sup> represents an integer of 0 or more, preferably 0 to 5, more preferably 0 to 2, most preferably 1.

From the viewpoint of vapor depositability during the production of the light-emitting device, the number of benzene rings in the compound (1) 20 is preferably 15 or less. Also, when the compound (1) comprises a condensed group having four or more rings, such as a pyrene group, a triphenylene group, etc., the number of the condensed group having four or more rings is preferably 2 or less.

The compound (1) is represented preferably by the following 25 general formula (2), (3) or (4), more preferably by the general formula (2), further preferably by the following general formula (5) or (6), most preferably by the general formula (5). The compound represented by the general formula (4) is preferably represented by the following general

formula (6).



In the general formula (2), each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group, preferably an aryl group.

10 Each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> may have a substituent. Examples of the substituents may be the same as those of R<sup>11</sup> described above. At least one of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

Each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup> and Ar<sup>24</sup> is preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group or a fluoranthenyl group, more preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group or a phenanthryl group, further preferably a phenyl group, a naphthyl group or a phenanthryl group, most preferably a phenyl group. Ar<sup>25</sup> is preferably a phenyl group, a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a pyrenyl group, a perylenyl group or a fluoranthenyl group, more preferably a phenanthryl group, an anthryl group or a pyrenyl group, most preferably a pyrenyl group. Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are not bonded to each other to form a ring.

In the general formula (2), R<sup>21</sup> represents a hydrogen atom or a substituent. Examples of the substituents may be the same as those of R<sup>11</sup> described above. R<sup>21</sup> is preferably a hydrogen atom, an alkyl group or an aryl group, more preferably a hydrogen atom, a phenyl group or a pyrenyl group, most preferably a pyrenyl group.

In the general formula (3), each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group. Each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> may have a substituent, whose examples may be the same as those of R<sup>11</sup> described above. Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> are not bonded to each other to form a ring. Each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> is preferably an aryl group, more preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a pyrenyl group or a phenanthryl group, most preferably a phenyl group.

In the general formula (4), each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group. Each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> may have a substituent, whose examples may be the same as those of R<sup>11</sup> described

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

above.  $\text{Ar}^{41}$ ,  $\text{Ar}^{42}$ ,  $\text{Ar}^{43}$ ,  $\text{Ar}^{44}$ ,  $\text{Ar}^{45}$ ,  $\text{Ar}^{46}$ ,  $\text{Ar}^{47}$ ,  $\text{Ar}^{48}$ ,  $\text{Ar}^{49}$  and  $\text{Ar}^{50}$  are not bonded to each other to form a ring. Each of  $\text{Ar}^{41}$ ,  $\text{Ar}^{42}$ ,  $\text{Ar}^{43}$ ,  $\text{Ar}^{44}$ ,  $\text{Ar}^{45}$ ,  $\text{Ar}^{46}$ ,  $\text{Ar}^{47}$ ,  $\text{Ar}^{48}$ ,  $\text{Ar}^{49}$  and  $\text{Ar}^{50}$  is preferably an aryl group, more preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a pyrenyl group or a phenanthryl group, most preferably a phenyl group.

In the general formula (5), each of  $\text{Ar}^{51}$ ,  $\text{Ar}^{52}$ ,  $\text{Ar}^{53}$  and  $\text{Ar}^{54}$  represents an aryl group, preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group or a fluoranthenyl group, more preferably a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group or a phenanthryl group, further preferably a phenyl group, a naphthyl group or a phenanthryl group, most preferably a phenyl group. Each of  $\text{Ar}^{51}$ ,  $\text{Ar}^{52}$ ,  $\text{Ar}^{53}$  and  $\text{Ar}^{54}$  may have a substituent, whose examples may be the same as those of  $\text{R}^{11}$  described above.

In the general formula (5),  $\text{R}^{51}$  represents a hydrogen atom or a substituent. Examples of the substituents may be the same as those of  $\text{R}^{11}$  described above.  $\text{R}^{51}$  is preferably a hydrogen atom, an alkyl group or an aryl group, more preferably a hydrogen atom, a phenyl group or a pyrenyl group, most preferably a pyrenyl group.

In the general formula (5),  $\text{R}^{52}$  represents a substituent, whose examples may be the same as those of  $\text{R}^{11}$  described above.  $\text{R}^{52}$  is preferably an alkyl group or an aryl group.  $n^{51}$  represents the number of  $\text{R}^{52}$ , which is an integer of 0 to 9, preferably 0 to 2, more preferably 0. The number of pyrenyl groups in the compound represented by the general formula (5) is preferably two or less.

In the general formula (6),  $\text{Ar}^{61}$  and  $\text{Ar}^{68}$  are the same as the above  $\text{Ar}^{21}$ ;  $\text{Ar}^{62}$  and  $\text{Ar}^{67}$  are the same as the above  $\text{Ar}^{22}$ ;  $\text{Ar}^{63}$  and  $\text{Ar}^{66}$  are the same as the above  $\text{Ar}^{23}$ ; and  $\text{Ar}^{64}$  and  $\text{Ar}^{65}$  are the same as the above  $\text{Ar}^{24}$ , in their definitions and preferred examples. Each of  $\text{Ar}^{61}$ ,  $\text{Ar}^{62}$ ,  $\text{Ar}^{63}$ ,  $\text{Ar}^{64}$ ,

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

Ar<sup>65</sup>, Ar<sup>66</sup>, Ar<sup>67</sup> and Ar<sup>68</sup> may have a substituent, whose examples may be the same as those of R<sup>11</sup> described above. Each of n<sup>61</sup> and n<sup>62</sup> represents an integer of 0 to 5, preferably 0 to 3, more preferably 0 or 1.

In the general formula (6), R<sup>61</sup> and R<sup>62</sup> are the same as the above R<sup>21</sup> in their definitions and preferred examples. R<sup>63</sup>, R<sup>64</sup> and R<sup>65</sup> are the same as the above R<sup>52</sup> in their definitions and preferred examples. Each of n<sup>63</sup> and n<sup>64</sup> represents an integer of 0 to 4, preferably 0 or 1, more preferably 0. n<sup>65</sup> represents an integer of 0 to 8, preferably 0 to 2, more preferably 0.

10 The compound (1) is preferably a low-molecular-weight compound and it may be an oligomer or a polymer. In a case where the compound (1) is a polymer or an oligomer, its weight-average molecular weight determined with polystyrene as a standard is preferably 1,000 to 5,000,000, more preferably 2,000 to 1,000,000, most preferably 3,000 to 100,000.

15 The polymer may contain a moiety represented by the formula (1) in its main or side chain. The polymer may be a homopolymer or a copolymer.

16 The compound (1) preferably has the maximum emitting wavelength  $\lambda_{\max}$  of 370 to 500 nm in a fluorescence spectrum of its single layer or powder.  $\lambda_{\max}$  is more preferably 390 to 480 nm, further preferably 400 to 460 nm, and most preferably 400 to 440 nm.

20 Each of the compounds represented by the general formula (1), compounds used in the electron-transporting layer and compounds used in the hole-transporting layer has a glass transition temperature Tg of preferably 100°C or higher, more preferably 120°C or higher, further preferably 140°C or higher, particularly preferably 160°C or higher.

25 The light-emitting device of the present invention preferably further contains at least one fluorescent compound in its light-emitting layer.

Within the preferred range of the fluorescent compounds are compounds

WO 03/007658

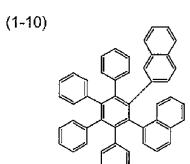
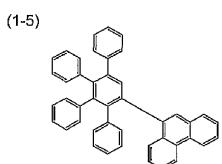
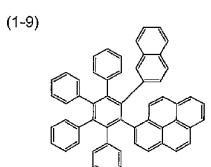
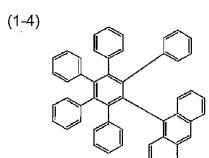
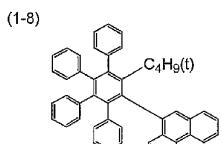
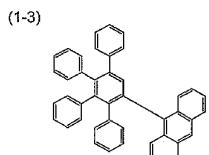
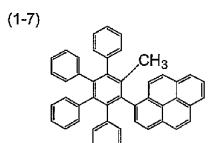
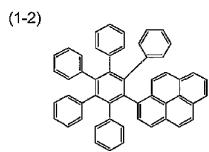
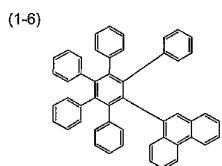
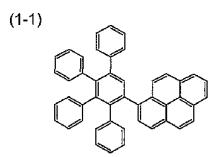
PCT/JP02/06998

described herein as materials for the light-emitting layer and their derivatives.

Specific examples of the compounds (1) are illustrated below without intention of restriction.

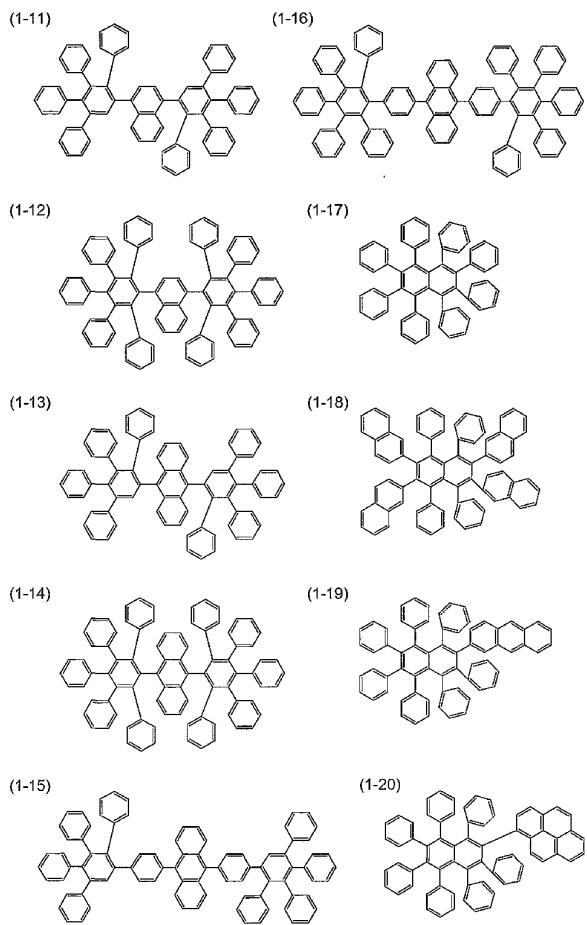
WO 03/007658

PCT/JP02/06998



WO 03/007658

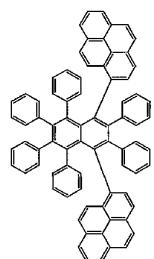
PCT/JP02/06998



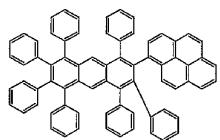
WO 03/007658

PCT/JP02/06998

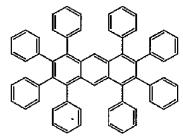
(1-21)



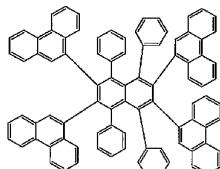
(1-25)



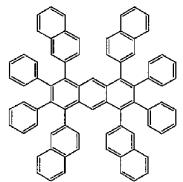
(1-22)



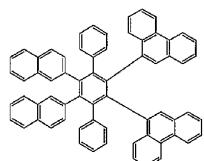
(1-26)



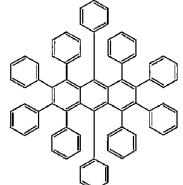
(1-23)



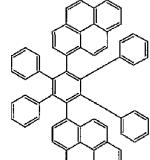
(1-27)



(1-24)

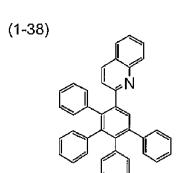
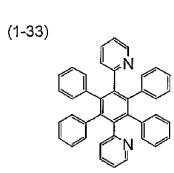
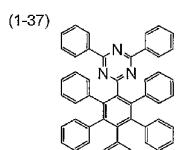
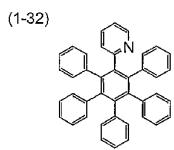
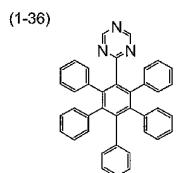
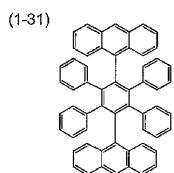
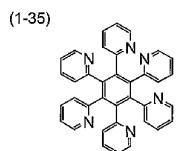
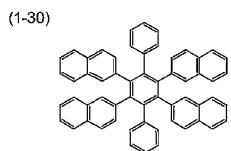
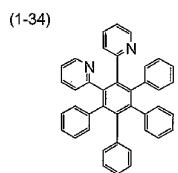
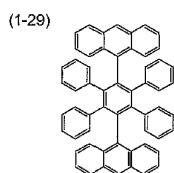


(1-28)



WO 03/007658

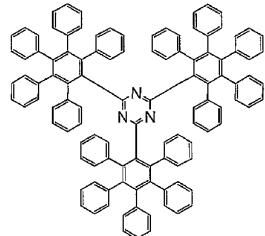
PCT/JP02/06998



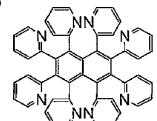
WO 03/007658

PCT/JP02/06998

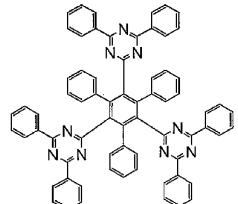
(1-39)



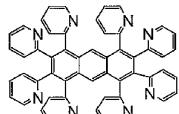
(1-43)



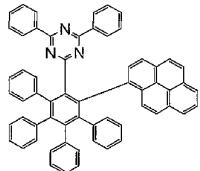
(1-40)



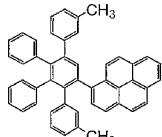
(1-44)



(1-41)



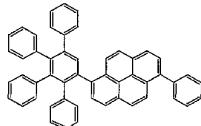
(1-45)



(1-42)



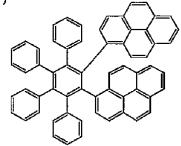
(1-46)



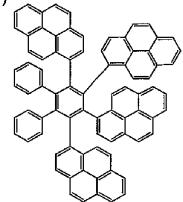
WO 03/007658

PCT/JP02/06998

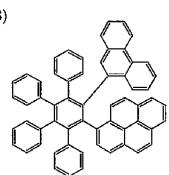
(1-47)



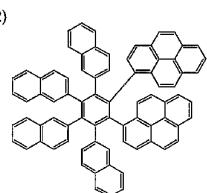
(1-51)



(1-48)



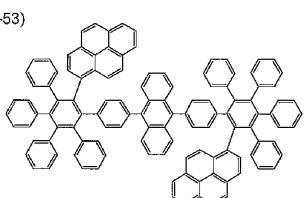
(1-52)



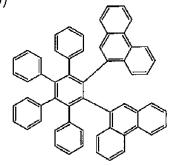
(1-49)



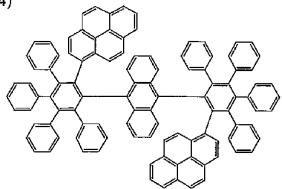
(1-53)



(1-50)



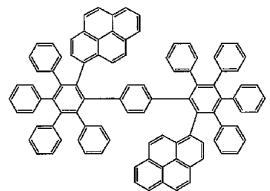
(1-54)



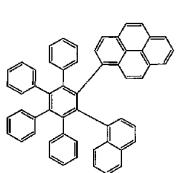
WO 03/007658

PCT/JP02/06998

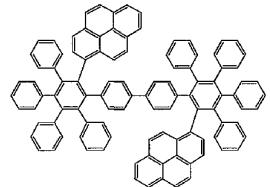
(1-55)



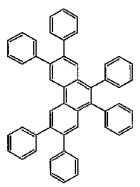
(1-59)



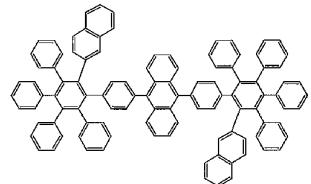
(1-56)



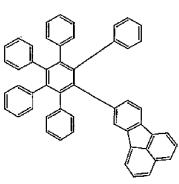
(1-60)



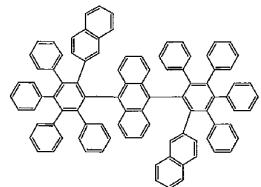
(1-57)



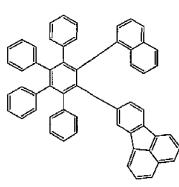
(1-61)



(1-58)



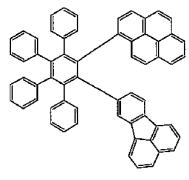
(1-62)



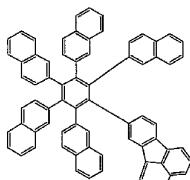
WO 03/007658

PCT/JP02/06998

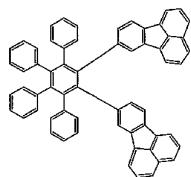
(1-63)



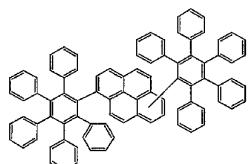
(1-67)



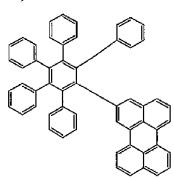
(1-64)



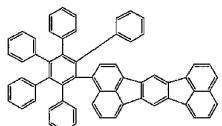
(1-68)



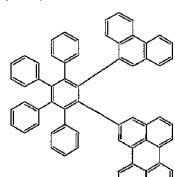
(1-65)



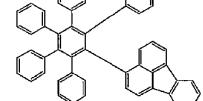
(1-69)



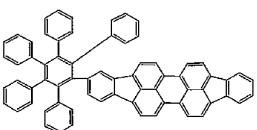
(1-66)



(1-70)

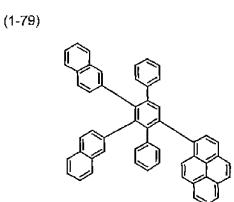
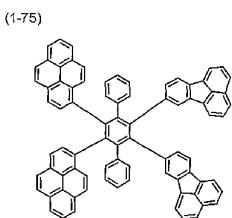
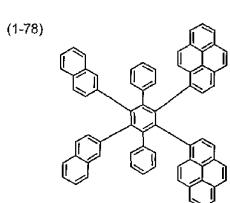
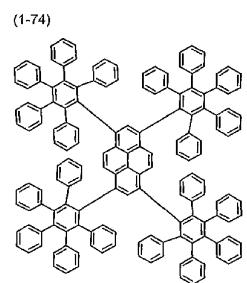
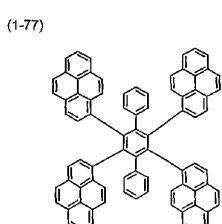
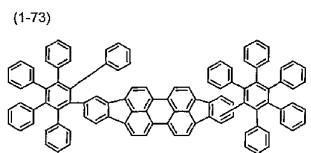
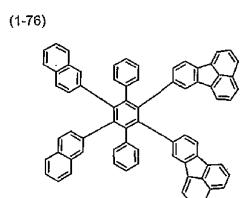
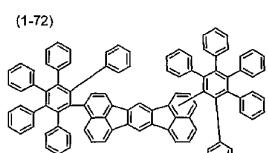


(1-71)



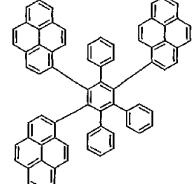
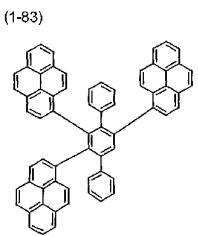
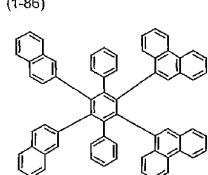
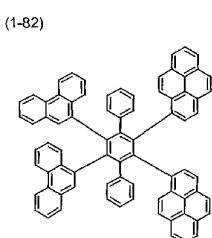
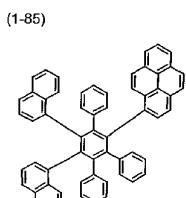
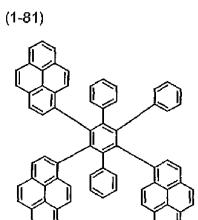
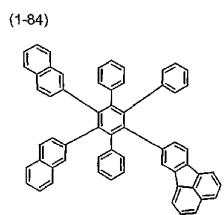
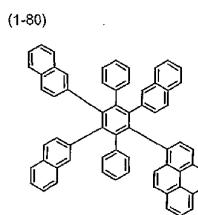
WO 03/007658

PCT/JP02/06998



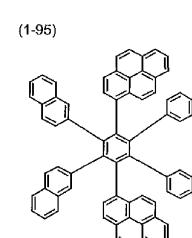
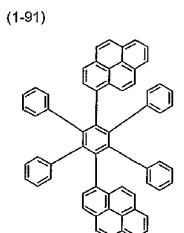
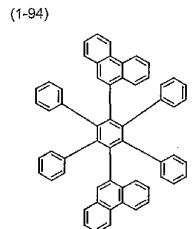
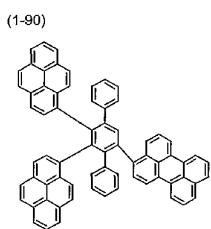
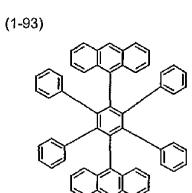
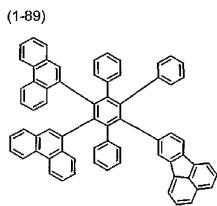
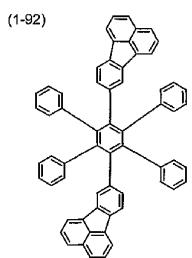
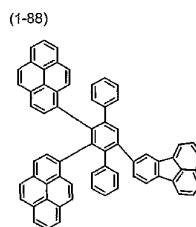
WO 03/007658

PCT/JP02/06998



WO 03/007658

PCT/JP02/06998



WO 03/007658

PCT/JP02/06998

The compounds represented by the general formulae (1)-(6) may be purified. Purification methods are not particularly limited but may be a recrystallization method, a column chromatography method, a sublimation purification method, etc.

5        The sublimation purification methods are known, and may be a method described, for instance, in "Lecture One on Experimental Chemistry, Basic Operations [I]" issued by Maruzen Co., Ltd. pp. 425 to 430, methods described in JP 5-269371 A, JP 6-263438 A, JP 7-24205 A, JP 7-204402 A, JP 11-171801 A, JP 2000-93701 A, JP 2000-48955 A, JP 10 62-22960 B, JP 2583306 B, JP 2706936 B, etc. The sublimation purification may be carried out in vacuum or in a flow of an inert gas such as nitrogen, argon, etc. A vacuum pump for carrying out the sublimation purification in vacuum is not particularly restrictive, but may be a rotary pump, a turbo molecular pump, a diffusion pump, etc.

15       The compound (1) may be synthesized by known methods described in Tetrahedron, 1997, 53, No. 45, p. 15349; J. Am. Chem. Soc., 1996, 118, p. 741; J. Org. Chem. Soc., 1986, 51, p. 979; Angew. Chem. Int. Ed. Engl., 1997, 36, p. 631; Indian J. Chem. Sect. B, 2000, 39, p. 173; Org. Synth. Coll. Vol. 5, 1973, p. 604; Chem. Ber., 1960, 93, p. 1769, etc.

20       Although the light-emitting device of the present invention is not particularly limited with respect to a system and a driving method therefor, use thereof, etc., the light-emitting device preferably has a structure that uses the compound (1) as a light-emitting material, or as a host material, an electron-injecting material, an electron-transporting material, a hole-injecting material and/or a hole-transporting material. Typically known as the light-emitting devices are organic electroluminescence (EL) devices.

25

The light-emitting device of the present invention comprises a light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising a light-emitting

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

layer between a pair of electrodes (a positive electrode and a negative electrode). The light-emitting layer or at least one of the organic layers comprises the compound (1). When the compound of the present invention is used as a light-emitting material, the amount of the compound 5 (1) in the layer comprising the compound (1) is preferably 0.1 to 100% by mass, more preferably 0.5 to 100% by mass. When the compound (1) is used as a host material, the amount of the compound (1) is preferably 10 to 99.9% by mass, more preferably 20 to 99.5% by mass.

The formation of a layer comprising the compound (1) is not 10 particularly limited, and the layer may be formed by a resistance-heating vapor deposition method, an electron beam method, a sputtering method, a molecular-stacking method, a coating method, an inkjet-printing method, a printing method, a transferring method, an electrophotography method, etc. Preferable among them are a resistance-heating vapor deposition method, a 15 coating method and a printing method from the viewpoints of properties and production cost of the light-emitting device.

The light-emitting device of the present invention may comprise 20 functional layers such as a hole-injecting layer, a hole-transporting layer, an electron-injecting layer, an electron-transporting layer, a protective layer, etc., in addition to the light-emitting layer. The functional layers may have other functions. The compound (1) may be contained in any of these layers. Each component of the light-emitting device of the present invention is described in detail below.

(A) Positive electrode

25 The positive electrode acts to supply holes to the hole-injecting layer, the hole-transporting layer, the light-emitting layer, etc. The positive electrode is generally made of a pure metal, an alloy, a metal oxide, an electrically conductive compound, a mixture thereof, etc.,

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

preferably made of a material having a work function of 4 eV or more. Examples of materials for the positive electrode include metals such as gold, silver, chromium, nickel and these alloys; electrically conductive metal oxides such as tin oxide, zinc oxide, indium oxide and indium tin oxide (ITO); mixtures and laminations of the metals and the electrically conductive metal oxides; electrically conductive inorganic compounds such as copper iodide and copper sulfide; electrically conductive organic compounds such as polyaniline, polythiophene and polypyrrole; laminates of the electrically conductive organic compounds and ITO; etc. The positive electrode is preferably made of electrically conductive metal oxides, particularly ITO, from the viewpoints of productivity, electron conductivity, transparency, etc.

A method for forming the positive electrode may be selected depending on the material used therefor. For example, the positive electrode made of ITO may be formed by an electron beam method, a sputtering method, a resistance-heating vapor deposition method, a chemical reaction method such as a sol-gel method, a coating method using a dispersion containing indium tin oxide, etc. The positive electrode may be subjected to a washing treatment, etc., to lower the driving voltage, or to increase the light-emitting efficiency of the light-emitting device. For example, in the case of the positive electrode of ITO, a UV-ozone treatment and a plasma treatment are effective. The positive electrode preferably has sheet resistance of a few hundred  $\Omega$ /square or less. Although the thickness of the positive electrode may be appropriately determined depending on the material used therefor, it is in general preferably 10 nm to 5  $\mu$ m, more preferably 50 nm to 1  $\mu$ m, most preferably 100 to 500 nm.

The positive electrode is generally disposed on a substrate made of

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

soda lime glass, non-alkali glass, transparent resins, etc. The glass substrate is preferably made of non-alkali glass to reduce ion elution. In the case of using the soda lime glass, a barrier coating of silica, etc. is preferably formed thereon beforehand. The thickness of the substrate is 5 not particularly limited as long as it has sufficient strength. In the case of the glass substrate, the thickness of the substrate is generally 0.2 mm or more, preferably 0.7 mm or more.

5 (B) Negative electrode

The negative electrode acts to supply electrons to the electron-10 injecting layer, the electron-transporting layer, the light-emitting layer, etc. Materials for the negative electrode may be selected from pure metals, alloys, metal halides, metal oxides, electrically conductive compounds, mixtures thereof, etc., depending on ionization potential, stability, adhesion to a layer adjacent to the negative electrode such as the light-emitting layer, 15 etc. Examples of materials for the negative electrode include alkali metals such as Li, Na and K, and fluorides and oxides thereof; alkaline earth metals such as Mg and Ca and fluorides and oxides thereof; gold; silver; lead; aluminum; alloys and mixtures of sodium and potassium; alloys and mixtures of lithium and aluminum; alloys and mixtures of magnesium and 20 silver; rare earth metals such as indium and ytterbium; mixtures thereof; etc. The negative electrode is preferably made of a material having a work function of 4 eV or less, more preferably made of aluminum, an alloy or a mixture of lithium and aluminum, or an alloy and a mixture of magnesium and silver.

25 The negative electrode may have a single-layer structure or a multi-layer structure. A preferred multi-layer structure is aluminum/lithium fluoride, aluminum/lithium oxide, etc. The negative electrode may be formed by an electron beam method, a sputtering method, a resistance-

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

heating vapor deposition method, a coating method, etc. A plurality of materials may be simultaneously deposited by the vapor deposition method. The negative electrode of an alloy may be formed by simultaneously depositing a plurality of metals, or by depositing their alloy.

5 The negative electrode preferably has a sheet resistance of a few hundred  $\Omega/\text{square}$  or less. Although the thickness of the negative electrode may be appropriately determined depending on the material used therefor, it is in general preferably 10 nm to 5  $\mu\text{m}$ , more preferably 50 nm to 1  $\mu\text{m}$ , most preferably 100 nm to 1  $\mu\text{m}$ .

10 (C) Hole-injecting layer and hole-transporting layer

Materials used for the hole-injecting layer and the hole-transporting layer are not particularly limited as long as they have any functions of injecting holes provided from the positive electrode into the light-emitting layer; transporting holes to the light-emitting layer; and blocking electrons provided from the negative electrode. Their examples include carbazole, triazole, oxazole, oxadiazole, imidazole, polyaryalkanes, pyrazoline, pyrazolone, phenylenediamine, arylamines, amino-substituted chalcone, styrylanthracene, fluorenone, hydrazone, stilbene, silazane, aromatic tertiary amine compounds, styrylamine compounds, aromatic dimethylidyne compounds, porphyrin compounds, polysilane compounds, poly(*N*-vinylcarbazole), aniline copolymers, electrically conductive polymers and oligomers such as oligothiophenes and polythiophenes, organic silane compounds, the compound (1), derivatives thereof, carbon, etc.

25 Each of the hole-injecting layer and the hole-transporting layer may be a single layer made of one or more materials, or a multi-layer made of the same or different materials. The hole-injecting layer and the hole-transporting layer may be formed by a vacuum deposition method, an LB

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

method, a coating method using a solution or a dispersion containing the above material such as a spin-coating method, a casting method and a dip-coating method, an inkjet-printing method, a printing method, a transferring method, an electrophotography method, etc. A solution and a dispersion used in the coating method may contain a resin. Examples of such resins include poly(vinyl chloride), polycarbonates, polystyrene, poly(methyl methacrylate), poly(butyl methacrylate), polyesters, polysulfones, poly(phenylene oxide), polybutadiene, poly(*N*-vinylcarbazole), hydrocarbon resins, ketone resins, phenoxy resins, 5 polyamides, ethyl cellulose, poly(vinyl acetate), ABS resins, polyurethanes, melamine resins, unsaturated polyester resins, alkyd resins, epoxy resins, silicone resins, etc. Although the thickness of each of the hole-injecting layer and the hole-transporting layer is not particularly limited, it is in general preferably 1 nm to 5  $\mu$ m, more preferably 5 nm to 1  $\mu$ m, 10 particularly 10 to 500 nm.

15 (D) Light-emitting layer

In the light-emitting layer, holes injected from the positive electrode, the hole-injecting layer or the hole-transporting layer and electrons injected from the negative electrode, the electron-injecting layer 20 or the electron-transporting layer are recombined to emit light when an electric field is applied to the light-emitting device. Light-emitting materials and fluorescent compounds for the light-emitting layer are not particularly limited as long as they have functions of receiving holes provided from the positive electrode, etc.; receiving electrons provided 25 from the negative electrode, etc.; transporting charges; and recombining holes and electrons to emit light when an electric field is applied to the light-emitting device. Examples of the light-emitting materials include benzoxazole; benzoimidazole; benzothiazole; styrylbenzene; polyphenyl;

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

diphenylbutadiene; tetraphenylbutadiene; naphthalimido; coumarin; perynone; oxadiazole; aldazine; pyralidine; cyclopentadiene; bis(styryl)anthracene; quinacridone; pyrrolopyridine; thiadiazolopyridine; cyclopentadiene; styrylamine; aromatic dimethylidene compounds; 5 pyrromethene; condensed aromatic compounds such as anthracene, pyrene, fluoranthene, perylene; metal complexes such as 8-quinololin derivative metal complexes; high-molecular-weight, light-emitting materials such as polythiophene, polyphenylene and polyphenylenevinylene; organic silane compounds; the compound (1); derivatives thereof; etc.

10 The light-emitting layer may be made of one or more materials. The light-emitting device of the present invention may comprise one or more light-emitting layers. In a case where the light-emitting device comprises a plurality of light-emitting layers, each of the light-emitting layers may be made of one or more materials, and may emit light with a 15 different color to provide white light. The single light-emitting layer may provide white light.

The light-emitting layer may be formed by a resistance-heating vapor deposition method; an electron beam method; a sputtering method; a molecular-stacking method; a coating method such as a spin-coating 20 method, a casting method and a dip-coating method; an inkjet-printing method; a printing method; an LB method; a transferring method; an electrophotography method; etc. Preferable among them are the resistance-heating vapor deposition method and the coating method. Although the thickness of the light-emitting layer is not particularly 25 limited, it is in general preferably 1 nm to 5  $\mu$ m, more preferably 5 nm to 1  $\mu$ m, particularly 10 to 500 nm.

(E) Electron-injecting layer and electron-transporting layer

Materials used for the electron-injecting layer and the electron-

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

transporting layer are not particularly limited as long as they have any functions of injecting electrons provided from the negative electrode into the light-emitting layer; transporting electrons to the light-emitting layer; and blocking holes provided from the positive electrode. Examples of 5 such materials include triazole; oxazole; oxadiazole; imidazole; fluorenone; anthraquinodimethane; anthrone; diphenylquinone; thiopyran dioxide; carbodiimide; fluorenylidenemethane; distyrylpyrazine; tetracarboxylic anhydrides having such aromatic rings as a naphthalene ring and a perylene ring; phthalocyanine; metal complexes such as 8-quinolinol derivative 10 metal complexes, metallophthalocyanines and metal complexes containing benzoxazole or benzothiazole as a ligand; metals such as aluminum, zinc, gallium, beryllium, magnesium; organic silane compounds; the compound (1); derivatives thereof; etc.

Each of the electron-injecting layer and the electron-transporting 15 layer may have a structure of single-layer made of one or more materials, or multi-layers made of the same or different materials. The electron-injecting layer and the electron-transporting layer may be formed by a vacuum deposition method; an LB method; a coating method using a solution or a dispersion containing the above material, such as a spin-coating method, a casting method and a dip-coating method; an inkjet-printing method; a printing method; a transferring method; an electrophotography method; etc. The solution and the dispersion used in 20 the coating method may contain a resin. Examples of such resins may be the same as those for the hole-injecting layer and the hole-transporting 25 layer. Although the thickness of each of the electron-injecting layer and the electron-transporting layer is not particularly limited, it is in general preferably 1 nm to 5  $\mu$ m, more preferably 5 nm to 1  $\mu$ m, particularly 10 to 500 nm.

## (F) Protective layer

The protective layer acts to shield the light-emitting device from the penetration of moisture, oxygen, etc. that deteriorates the device.

Examples of materials for the protective layer include metals such as In,

- 5 Sn, Pb, Au, Cu, Ag, Al, Ti and Ni; metal oxides such as MgO, SiO, SiO<sub>2</sub>, Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, GeO, NiO, CaO, BaO, Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>, Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub> and TiO<sub>2</sub>; metal fluorides such as MgF<sub>2</sub>, LiF, AlF<sub>3</sub> and CaF<sub>2</sub>; nitrides such as SiN<sub>x</sub> and SiO<sub>x</sub>N<sub>y</sub>;
- 10 polyethylene; polypropylene; polymethyl methacrylate; polyimides; polyureas; polytetrafluoroethylene; polychlorotrifluoroethylene;
- 15 polydichlorodifluoroethylene; copolymers of chlorotrifluoroethylene and dichlorodifluoroethylene; copolymers of tetrafluoroethylene and at least one comonomer; fluorine-containing copolymers having main chains with cyclic structures; moisture-absorbing materials having a water absorption of 1% or more; moisture-resistant materials having a water absorption of 0.1% or less; etc.

A method for forming the protective layer is not particularly limited. The protective layer may be formed by a vacuum deposition method, a sputtering method, a reactive sputtering method, a molecular beam epitaxy (MBE) method, a cluster ion beam method, an ion-plating method, a high-frequency excitation ion-plating method, a plasma polymerization method, a plasma CVD method, a laser CVD method, a thermal CVD method, a gas source CVD method, a coating method, a printing method, a transferring method, etc.

The present invention will be specifically described below with reference to Examples without intention of restricting the scope of the present invention.

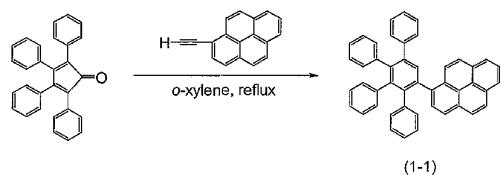
Synthesis Example 1

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

## Synthesis of Compound (1-1)

10 ml of *o*-xylene was added to 0.5 g of 1-ethynylpyrene and 0.85 g of tetraphenylcyclopentadienone and stirred under reflux for 3 hours. The resultant reaction product solution was cooled to room temperature, and 50 ml of methanol was added thereto to precipitate a solid. The solid was separated by filtration, and purified by a silica gel column chromatography (hexane/chloroform = 5/1), to obtain 1.1 g of a white solid. Mass spectrum measurement confirmed that the white solid was Compound (1-1). This result suggested that Compound (1-1) was obtained by the following reaction.

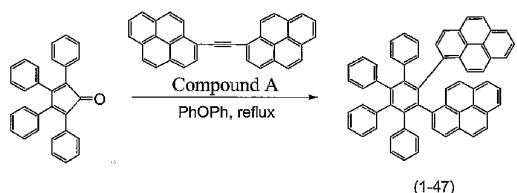
Synthesis Example 2

## Synthesis of Compound (1-47)

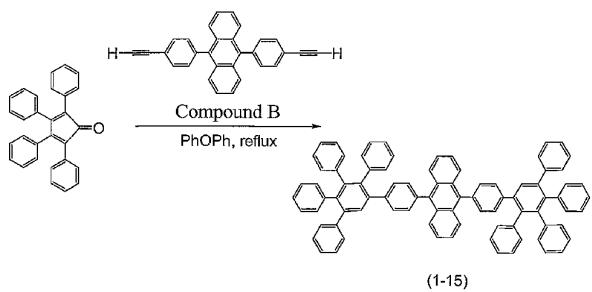
15 50 ml of diphenyl ether was added to 1 g of the following Compound A and 1.35 g of tetraphenylcyclopentadienone and stirred under reflux for 30 hours. The resultant reaction product solution was cooled to room temperature, and 100 ml of methanol was added thereto to precipitate a solid. The solid was separated by filtration, and purified by a silica gel column chromatography (chloroform), to obtain 1.3 g of a white solid.  
 20 Mass spectrum measurement confirmed that the white solid was Compound (1-47). This result suggested that Compound (1-47) was obtained by the following reaction.

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

**Synthesis Example 3****Synthesis of Compound (1-15)**

5        50 ml of diphenyl ether was added to 1 g of the following Compound B and 3 g of tetraphenylcyclopentadienone and stirred under reflux for 10 hours. The resultant reaction product solution was cooled to room temperature, and 100 ml of methanol was added thereto to precipitate a solid. The solid was separated by filtration, and purified by a silica gel 10 column chromatography (chloroform), to obtain 2.0 g of a white solid. Mass spectrum measurement confirmed that the white solid was Compound (1-15). This result suggested that Compound (1-15) was obtained by the following reaction.



15

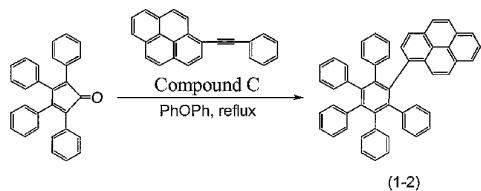
**Synthesis Example 4**

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

## Synthesis of Compound (1-2)

10 ml of diphenyl ether was added to 0.5 g of the following Compound C and 0.85 g of tetraphenylcyclopentadienone and the resultant reaction mixture was stirred under reflux for 3 hours. The resultant 5 reaction product solution was cooled to room temperature, and 50 ml of methanol was added thereto to precipitate a solid. The solid was separated by filtration, and purified by a silica gel column chromatography (hexane/chloroform = 5/1), to obtain 1.0 g of a white solid. Mass spectrum measurement confirmed that the white solid was Compound (1-10 2). This result suggested that Compound (1-2) was obtained by the following reaction.

Synthesis Example 5

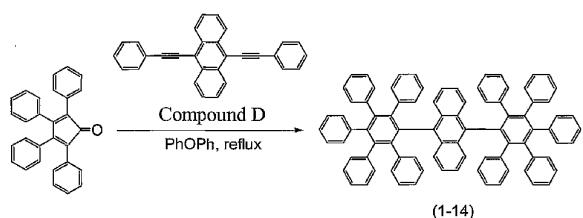
## 15 Synthesis of Compound (1-14)

50 ml of diphenyl ether was added to 0.5 g of the following Compound D and 3 g of tetraphenylcyclopentadienone and stirred under reflux for 10 hours. The resultant reaction product solution was cooled to room temperature, and 100 ml of methanol was added thereto to precipitate 20 a solid. The solid was separated by filtration, and purified by a silica gel column chromatography (chloroform), to obtain 0.9 g of pale yellow solid. Mass spectrum measurement confirmed that the pale yellow solid was Compound (1-14). This result suggested that Compound (1-14) was

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

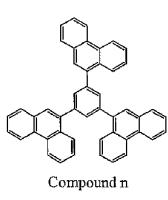
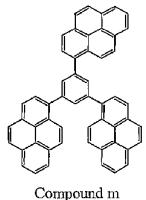
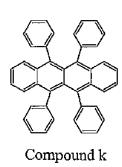
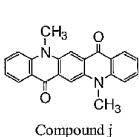
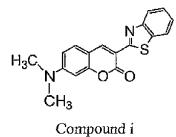
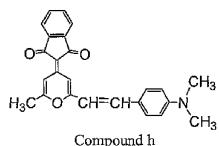
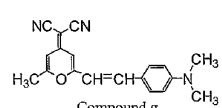
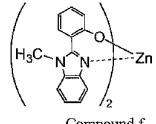
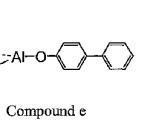
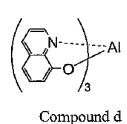
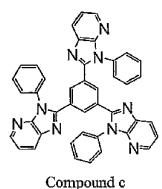
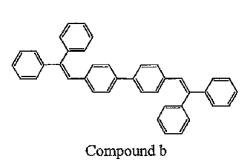
obtained by the following reaction.



Compounds b-v used in the following Examples and Comparative  
5 Examples will be illustrated below.

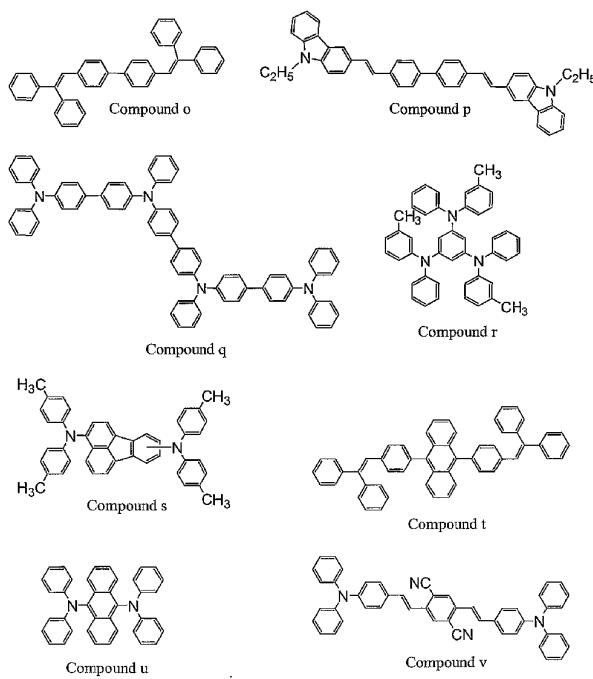
WO 03/007658

PCT/JP02/06998



WO 03/007658

PCT/JP02/06998



WO 03/007658

PCT/JP02/06998

## Comparative Example 1

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. The above distyryl compound (Compound b) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the above azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device.

DC voltage was applied to the light-emitting device of Comparative Example 1 by "Source-Measure Unit 2400" available from Toyo Corporation to make it emit light, and the emitted light was measured with respect to luminance by "Luminance Meter BM-8" available from Topcon Corporation, and emission wavelength by "Spectral Analyzer PMA-11" available from Hamamatsu Photonics K. K. As a result, it was found that the light-emitting device of Comparative Example 1 emitted bluish green light with a chromaticity of (0.15, 0.20) at the maximum luminance of 1,130 cd/m<sup>2</sup>. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked clouded.

## 25 Example 1

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) was vapor-deposited in a

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a 5 mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as 10 in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.15, 0.10) at the maximum luminance of 4,370 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 1.4\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the 15 layer surface of the light-emitting device looked transparent.

#### Example 2

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 20 deposition apparatus. Compound (1-17) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio 25 of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.15, 0.14) at the maximum luminance of 2,920 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 1.3\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

Example 3

10        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-24) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned 15 for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With 20 respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.15, 0.18) at the maximum luminance of 2,000 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 1.3\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of 25 the light-emitting device looked transparent.

## Example 4

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and 7,4-(dicyanomethylene)-2-methyl-6-(4-dimethylaminostyryl)-4H-pyran (DCM) were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / DCM of 1000:5 thereon, and the azole compound (Compound c) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted white light with a chromaticity of (0.30, 0.32) at the maximum luminance of 4,300 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 2.2\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

## Example 5

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Tris(8-hydroxyquinolinato) aluminum (Alq) and DCM were co-deposited in a thickness of 5 nm at a mass ratio of Alq/DCM of 100:1 thereon, and Compound (1-1) was further vapor-deposited in a

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

thickness of 15 nm thereon. The azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio 5 of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative 10 Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted white light with a chromaticity of (0.31, 0.33) at the maximum luminance of 4,400 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 2.3\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of 15 the light-emitting device looked transparent.

#### Example 6

40 mg of poly(*N*-vinylcarbazole), 12 mg of 2-(4-*t*-butylphenyl)-5-(4-biphenyl)-1,3,4-oxadiazole and 1 mg of Compound (1-1) were dissolved 20 in 2.5 ml of dichloroethane. The resultant solution was spin-coated to a cleaned ITO substrate under the conditions of 1,500 rpm and 20 seconds, to form an organic layer having a thickness of 110 nm. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a 25 mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device,

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.15, 0.10) at the maximum luminance of 1,900 cd/m<sup>2</sup>.

5

Example 7

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-15) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. With a mask patterned for a desired light-emitting area of 4 mm x 5 mm disposed on the resultant organic thin film, magnesium and silver were co-deposited at a mass ratio of magnesium/silver of 10:1 in a thickness of 50 nm on the organic thin film in the deposition apparatus, and silver was further vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.08) at the maximum luminance of 3,200 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 1.2\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

25

Example 8

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

deposition apparatus. Compound (1-2) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner 5 as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.08) at the maximum luminance of 10 1,400 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 1.5\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

## 15 Example 9

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was 20 then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in 25 Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.17, 0.17) at the maximum luminance of 6,470 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 3.4\%$  in a calculated value. After

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

Example 10

5        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-14) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative 10 electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting 15 device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.17) at the maximum luminance of 2,500 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 0.8\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

20

Example 11

5        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) was vapor-deposited in a 25 thickness of 20 nm thereon, and Compound d was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,100 cd/m<sup>2</sup>.

Example 12

15        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and Compound e was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in  
10      Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 9 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,300 cd/m<sup>2</sup>.

Example 13

15        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and Compound f was vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on  
20      the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 9 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,200 cd/m<sup>2</sup>.

Example 14

25        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound g were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) /

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

Compound g of 100:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a 5 voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted orange light of 2,500 cd/m<sup>2</sup>.

Example 15

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 10 deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound h were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound h of 100:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was 15 vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted red light of 1,800 cd/m<sup>2</sup>.

20 Example 16

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound i were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / 25 Compound i of 100:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted green light of 6,300 cd/m<sup>2</sup>.

Example 17

5        *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-2) and Compound j were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-2) / Compound j of 100:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was 10 deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted yellow green light of 4,500 cd/m<sup>2</sup>.

15

Example 18

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound k were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / Compound k of 100:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a 25 voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted yellow light of 3,900 cd/m<sup>2</sup>.

Example 19

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

*N,N'-diphenyl-N,N'-di(α-naphthyl)benzidine (α-NPD)* was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound m were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / 5 Compound m of 10:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 2,800 10 cd/m<sup>2</sup>.

Example 20

*N,N'-diphenyl-N,N'-di(α-naphthyl)benzidine (α-NPD)* was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 15 deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound m were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / Compound m of 1:10 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in 20 Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted bluish green light of 3,400 cd/m<sup>2</sup>.

Example 21

25 *N,N'-diphenyl-N,N'-di(α-naphthyl)benzidine (α-NPD)* was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound n were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) /

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

Compound n of 1:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a 5 voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,100 cd/m<sup>2</sup>.

Example 22

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 10 deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound o were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound o of 10:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in 15 Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,800 cd/m<sup>2</sup>.

20 Example 23

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 25 deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound p of 20:1 thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 3,800 cd/m<sup>2</sup>.

Example 24

5       Compound q was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same 10 manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 2,100 cd/m<sup>2</sup>.

Example 25

15       Compound r was vapor-deposited in a thickness of 10 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 30 nm thereon, and Compound (1-1) was then vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon. Compound c was further vapor-deposited in 20 a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 6 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 2,200 cd/m<sup>2</sup>.

25       Example 26

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound (1-2) were co-

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound (1-2) of 1:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in 5 Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 2,200 cd/m<sup>2</sup>.

Example 27

10 *N,N'-diphenyl-N,N'-di(α-naphthyl)benzidine* (α-NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound d and Compound k were co-deposited in a thickness of 5 nm at a mass ratio of Compound d / Compound k of 100:1 thereon, and Compound (1-1) and Compound p were then co- 15 deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound p of 20:1 thereon. Compound c was further vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a 20 voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted white light of 4,100 cd/m<sup>2</sup>.

Example 28

25 *N,N'-diphenyl-N,N'-di(α-naphthyl)benzidine* (α-NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-14) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-14) / Compound p of 20:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 2,900  
5  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

#### Example 29

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a  
10 deposition apparatus. Compound (1-14) and Compound m were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-14) / Compound m of 1:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative  
15 Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 3,700  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

#### Example 30

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a  
20 deposition apparatus. Compound (1-1), Compound p and Compound g were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound p / Compound g of 100:5:0.2 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative  
25 electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted white light of 1,800  $\text{cd}/\text{m}^2$ .

## Example 31

A cleaned ITO substrate was spin-coated with "Baytron P" (solution of PEDOT-PSS, poly(ethylenedioxythiophene) doped with 5 polystyrene sulfonic acid, available from BAYER AG.) under the conditions of 1,000 rpm and 30 seconds, and vacuum-dried at 150°C for 1.5 hours, to form an organic layer having a thickness of 70 nm. An organic layer thus obtained was spin-coated with a mixture of 10 mg of polymethyl methacrylate and 30 mg of Compound (1-1) in 4 ml of dichloroethane 10 under the conditions of 1,500 rpm and 20 seconds, to form an organic layer having a total thickness of 120 nm. Compound c was vapor-deposited in a thickness of 50 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 10 V 15 applied, the light-emitting device emitted blue light of 800 cd/m<sup>2</sup>.

## Example 32

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 20 deposition apparatus. Compound (1-1) was vapor-deposited in a thickness of 20 nm thereon, and Compound d was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. LiF was vapor-deposited in a thickness of 3 nm on the resultant organic thin film, and aluminum was then vapor-deposited in a thickness of 100 nm, to produce a light-emitting device. 25 With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,300 cd/m<sup>2</sup>.

## Example 33

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

*N,N'-diphenyl-N,N'-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine* ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-2) and Compound s were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-2) / 5 Compound s of 100:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted green light of 10 2,500 cd/m<sup>2</sup>.

#### Example 34

*N,N'-diphenyl-N,N'-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine* ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 15 deposition apparatus. Compound (1-2) and Compound t were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-2) / Compound t of 1:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative 20 Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,500 cd/m<sup>2</sup>.

#### Example 35

*N,N'-diphenyl-N,N'-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine* ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a 25 deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound u were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / Compound u of 100:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted green light of 5 2,700 cd/m<sup>2</sup>.

#### Example 36

10 *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound v were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / Compound v of 100:1 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in 15 Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 8 V applied, the light-emitting device emitted reddish orange light of 2,200 cd/m<sup>2</sup>.

#### Example 37

20 *N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-61) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-61) / Compound p of 100:2 thereon, and Compound c was then vapor-deposited 25 in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,000

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

cd/m<sup>2</sup>.

## Example 38

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-65) and Compound s were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-65) / Compound s of 100:2 thereon, and Compound c was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With a voltage of 7 V applied, the light-emitting device emitted blue light of 1,100 cd/m<sup>2</sup>.

## 15 Example 39

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-2) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-2) / Compound p of 95:5 thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.18) at the maximum luminance of 17,000 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency

WO 03/007658

PCT/JP02/06998

of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 4\%$  in a calculated value. After leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

## 5 Example 40

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / 10 Compound p of 95:5 thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance 15 and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.20) at the maximum luminance of 10,000 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 3.5\%$  in a calculated value. After 20 leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

## Example 41

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-47) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-47) / 25 Compound p of 99:1 thereon, and the azole compound (Compound c) was

then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.16, 0.18) at the maximum luminance of 12,000 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 3.5\%$  in a calculated value. After 10 leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the layer surface of the light-emitting device looked transparent.

#### Example 42

*N,N'*-diphenyl-*N,N'*-di( $\alpha$ -naphthyl)benzidine ( $\alpha$ -NPD) was vapor-deposited in a thickness of 40 nm on a cleaned ITO substrate placed in a deposition apparatus. Compound (1-1) and Compound p were co-deposited in a thickness of 20 nm at a mass ratio of Compound (1-1) / Compound p of 95:5 thereon, and the azole compound (Compound c) was then vapor-deposited in a thickness of 40 nm thereon. A negative electrode was vapor-deposited on the resultant organic thin film in the same manner as in Comparative Example 1, to produce a light-emitting device. With respect to the light emitted from this light-emitting device, luminance and emission wavelength were measured in the same manner as in Comparative Example 1. As a result, it was found that the light-emitting device emitted blue light with a chromaticity of (0.15, 0.22) at the maximum luminance of 13,000 cd/m<sup>2</sup>. The external quantum efficiency of this light-emitting device was  $\phi_{EL} = 3.3\%$  in a calculated value. After 25 leaving this light-emitting device in a nitrogen atmosphere for one day, the

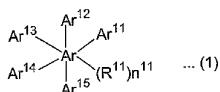
layer surface of the light-emitting device looked transparent.

#### APPLICABILITY IN INDUSTRY

As described above in detail, the light-emitting device of the present invention exhibits excellent light-emitting efficiency, light-emitting properties, durability, heat resistance and amorphousness with less likelihood of being crystallized. The light-emitting device of the present invention having such characteristics can be used as a blue light-emitting device or a white light-emitting device with high color purity useful for indicating elements, displays, backlights, electrophotography, illumination light sources, recording light sources, exposing light sources, reading light sources, signs and marks, signboards, interiors, optical communications devices, etc. The compound (1) used in the light-emitting device of the present invention can be used as a material for organic EL devices, and be further applied to medical applications, fluorescent-whitening agents, materials for photography, UV-absorbing materials, laser dyes, dyes for color filters, color conversion filters, organic semiconductor materials, electrically conductive organic materials, etc.

## C L A I M S

1. A light-emitting device comprising a pair of electrodes and a light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer disposed between said electrodes, said light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising said light-emitting layer comprising at least one compound represented by the following general formula (1):



10 wherein each of  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  represents an aryl group or a heteroaryl group; Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring, at least one of Ar,  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group;  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  are not bonded to each other to form a ring;  $\text{R}^{11}$  represents a substituent; and  $\text{n}^{11}$  represents an integer of 0 or more.

15 2. The light-emitting device of claim 1, wherein at least one of  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  in said general formula (1) is a pyrenyl group.

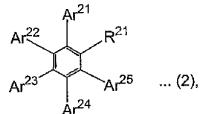
20 3. The light-emitting device of claim 1, wherein in said general formula (1), at least four of  $\text{R}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  are a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.

25 4. The light-emitting device of claim 1, wherein in said general formula (1), at least one of  $\text{R}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{11}$ ,  $\text{Ar}^{12}$ ,  $\text{Ar}^{13}$ ,  $\text{Ar}^{14}$  and  $\text{Ar}^{15}$  is selected from the group consisting of a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl

group.

5. The light-emitting device of claim 1, wherein said compound represented by said general formula (1) emits light from a singlet excited state.

5 6. The light-emitting device of claim 1, wherein said compound represented by said general formula (1) is represented by the following general formula (2):



wherein each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> represents an aryl group or a

10 heteroaryl group; at least one of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are not bonded to each other to form a ring; and R<sup>21</sup> represents a hydrogen atom or a substituent.

15 7. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup> and Ar<sup>24</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group; Ar<sup>25</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a 20 phenanthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group; R<sup>21</sup> is selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group; at least one of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is a condensed aryl group; and Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are not bonded to each other to form a ring.

25 8. The light-emitting device of claim 7, wherein in said general

WO 03/007658

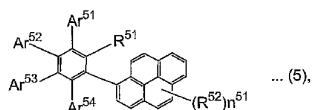
PCT/JP02/06998

formula (2), each of Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup> and Ar<sup>24</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group and a phenanthryl group.

9. The light-emitting device of claim 7, wherein in said general formula (2), R<sup>21</sup> is selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group.
10. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), at least four of R<sup>21</sup>, Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> are a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.
11. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), Ar<sup>21</sup> and Ar<sup>22</sup> is a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.
12. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), each of Ar<sup>21</sup> and Ar<sup>24</sup> is a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group.
13. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), at least one of R<sup>21</sup>, Ar<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>23</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is selected from the group consisting of a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group.
14. The light-emitting device of claim 6, wherein in said general formula (2), each of Ar<sup>21</sup> and Ar<sup>23</sup> is a condensed aryl; each of R<sup>21</sup>, Ar<sup>22</sup>, Ar<sup>24</sup> and Ar<sup>25</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, a phenanthryl group, an anthryl group, a fluoranthenyl group, a pyrenyl group and a perylenyl group.
15. The light-emitting device of claim 6, wherein said compound represented by said general formula (2) is represented by the following general formula (5):

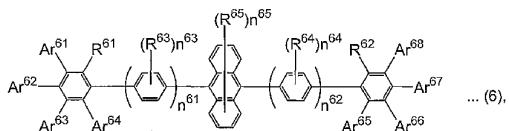
WO 03/007658

PCT/JP02/06998



wherein each of  $\text{Ar}^{51}$ ,  $\text{Ar}^{52}$ ,  $\text{Ar}^{53}$  and  $\text{Ar}^{54}$  represents an aryl group;  $\text{R}^{51}$  represents a hydrogen atom or a substituent;  $\text{R}^{52}$  represents a substituent; and  $n^{51}$  represents an integer of 0 to 9.

- 5 16. The light-emitting device of claim 15, wherein in said general formula (5), each of  $Ar^{51}$ ,  $Ar^{52}$ ,  $Ar^{53}$  and  $Ar^{54}$  is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group.
- 10 17. The light-emitting device of claim 15, wherein in said general formula (5),  $R^{51}$  is selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group.
- 15 18. The light-emitting device of claim 17, wherein in said general formula (5),  $R^{51}$  is selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group.
19. The light-emitting device of claim 6, wherein said compound represented by said general formula (2) is represented by the following general formula (6):



wherein each of  $\text{Ar}^{61}$ ,  $\text{Ar}^{62}$ ,  $\text{Ar}^{63}$ ,  $\text{Ar}^{64}$ ,  $\text{Ar}^{65}$ ,  $\text{Ar}^{66}$ ,  $\text{Ar}^{67}$  and  $\text{Ar}^{68}$  represents

20 an aryl group or a heteroaryl group; each of  $R^{61}$  and  $R^{62}$  represents a hydrogen atom or a substituent; each of  $R^{63}$ ,  $R^{64}$  and  $R^{65}$  represents a substituent; each of  $n^{61}$  and  $n^{62}$  represents an integer of 0 to 5; each of  $n^{63}$  and  $n^{64}$  represents an integer of 0 to 4; and  $n^{65}$  represents an integer of 0 to 1

8.

20. The light-emitting device of claim 19, wherein in said general formula (6), each of Ar<sup>61</sup>, Ar<sup>62</sup>, Ar<sup>63</sup>, Ar<sup>64</sup>, Ar<sup>65</sup>, Ar<sup>66</sup>, Ar<sup>67</sup> and Ar<sup>68</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group and

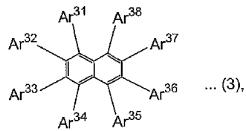
5 a phenanthryl group.

21. The light-emitting device of claim 19, wherein in said general formula (6), each of R<sup>61</sup> and R<sup>62</sup> is selected from the group consisting of a hydrogen atom, a phenyl group and a pyrenyl group.

22. The light-emitting device of claim 19, wherein in said general

10 formula (6), each of n<sup>61</sup> and n<sup>62</sup> represents 0 or 1.

23. The light-emitting device of claim 1, wherein said compound represented by said general formula (1) is represented by the following general formula (3):



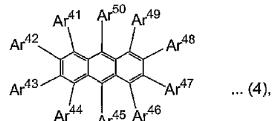
15 wherein each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; and Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> are not bonded to each other to form a ring.

24. The light-emitting device of claim 23, wherein in said general formula (3), each of Ar<sup>31</sup>, Ar<sup>32</sup>, Ar<sup>33</sup>, Ar<sup>34</sup>, Ar<sup>35</sup>, Ar<sup>36</sup>, Ar<sup>37</sup> and Ar<sup>38</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a pyrenyl group.

25. The light-emitting device of claim 1, wherein said compound represented by said general formula (1) is represented by the following general formula (4):

WO 03/007658

PCT/JP02/06998



wherein each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; and Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> are not bonded to each other to form a ring.

5 26. The light-emitting device of claim 25, wherein in said general formula (4), each of Ar<sup>41</sup>, Ar<sup>42</sup>, Ar<sup>43</sup>, Ar<sup>44</sup>, Ar<sup>45</sup>, Ar<sup>46</sup>, Ar<sup>47</sup>, Ar<sup>48</sup>, Ar<sup>49</sup> and Ar<sup>50</sup> is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a pyrenyl group.

10 27. The light-emitting device of claim 1, wherein the content of said compound of said general formula (1) in said light-emitting layer is 0.1 to 100% by mass as a light-emitting material.

15 28. The light-emitting device of claim 1, wherein the content of said compound of said general formula (1) in said light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising said light-emitting layer is 10 to 99.9% by mass as a host material.

20 29. The light-emitting device of claim 1, wherein at least one of said light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising said light-emitting layer is a light-emitting layer.

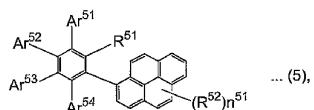
30. The light-emitting device of claim 1, wherein at least one of said light-emitting layer and a plurality of organic layers comprising said light-emitting layer is a hole-transporting layer.

31. The light-emitting device of claim 1, wherein said light-emitting layer comprises at least one fluorescent compound.

25 32. A compound represented by the following general formula (5):

WO 03/007658

PCT/JP02/06998



wherein each of  $\text{Ar}^{51}$ ,  $\text{Ar}^{52}$ ,  $\text{Ar}^{53}$  and  $\text{Ar}^{54}$  represents an aryl group;  $\text{R}^{51}$  represents a hydrogen atom or a substituent;  $\text{R}^{52}$  represents a substituent; 5 and  $n^{51}$  represents an integer of 0 to 9.

33. The compound of claim 32, wherein in said general formula (5), each of  $\text{Ar}^{51}$ ,  $\text{Ar}^{52}$ ,  $\text{Ar}^{53}$  and  $\text{Ar}^{54}$  is selected from the group consisting of a phenyl group, a naphthyl group, an anthryl group, a phenanthryl group and a fluoranthenyl group.

10 34. The compound of claim 32, wherein in said general formula (5),  $\text{R}^{55}$  is selected from the group consisting of a hydrogen atom, an alkyl group and an aryl group.

## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

(19) World Intellectual Property Organization  
International Bureau(43) International Publication Date  
23 January 2003 (23.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 03/007658 A3(51) International Patent Classification<sup>5</sup>: C09K 11/06. (81) Designated States (national): AE, AG, AI, AM, AT, AU, II05B 3/3/4

(21) International Application Number: PCT/JP02/00998

(22) International Filing Date: 10 July 2002 (10.07.2002)

(25) Filing Language: English

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 2001-211269 11 July 2001 (11.07.2001) JP  
2001-329675 26 October 2001 (26.10.2001) JP

(71) Applicant (for all designated States except US): FUJI PHOTO FILM CO., LTD. [JP/JP]; 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP).

(72) Inventors: and  
(75) Inventors/Applicants (for US only): IGARASHI, Tatsuya [JP/JP]; c/o Fuji Photo Film Co., Ltd., 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP). QIU, Xuepeng [CN/CN]; Lixun-hutong 42-15, Chaoyang-qu, 100022 Changchun (CN).

(74) Agent: TAKAISHI, Kitsuma; 67, Kagurazaka 6-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0825 (JP).

(81) Designated States (regional): ARIPO patent (GL, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW); Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM); European patent (AL, BI, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, HE, ES, IT, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(84) Published: — with international search report

(88) Date of publication of the international search report: 3 July 2003

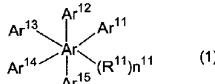
For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.



A3

(54) Title: LIGHT-EMITTING DEVICE AND AROMATIC COMPOUND

WO 03/007658



(1)

(57) Abstract: A light-emitting device comprising a pair of electrodes and a light-emitting layer or a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer disposed therebetween, the light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising the light-emitting layer comprising at least one compound represented by the following general formula (1): wherein each of Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup>, Ar<sup>3</sup>, Ar<sup>4</sup> and Ar<sup>5</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring; at least one of Ar, Ar<sup>1</sup>, Ar<sup>2</sup>, Ar<sup>3</sup>, Ar<sup>4</sup> and Ar<sup>5</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are not bonded to each other to form a ring; R<sup>11</sup> represents a substituent; and n<sup>11</sup> represents an integer of 0 or more.

## 【国際公開パンフレット（コレクトバージョン）】

(12) INTERNATIONAL APPLICATION PUBLISHED UNDER THE PATENT COOPERATION TREATY (PCT)

REVISED VERSION

(19) World Intellectual Property Organization International Bureau

(43) International Publication Date  
23 January 2003 (23.01.2003)

PCT

(10) International Publication Number  
WO 2003/007658 A3

(51) International Patent Classification? C09K 11/06

CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, OM, PH, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SI, SK, SL, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZM, ZW.

(21) International Application Number: PCT/JP2002/006998

(22) International Filing Date: 10 July 2002 (10.07.2002)

(25) Filing Language: English

(84) Designated States (regional): ARIPO patent (GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), Eurasian patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), European patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT, LU, MC, NL, PT, SE, SK, TR), OAPI patent (BF, BJ, CE, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(26) Publication Language: English

(30) Priority Data: 2001-211269 11 July 2001 (11.07.2001) JP  
2001-329676 26 October 2001 (26.10.2001) JP

(71) Applicant (for all designated States except US): FUJI PHOTO FILM CO., LTD. [JPJP]; 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP).

Published:

— with international search report

(72) Inventors; and (75) Inventors/Applicants (for US only): IGARASHI, Tatsuya [JPJP]; c/o Fuji Photo Film Co., Ltd., 210, Nakamura, Minami-Ashigara-shi, Kanagawa 250-0193 (JP). QIU, Xuepeng [CN/CN]; Lixin-huog 42-15, Chaoyang-qu, 130022 Changchun (CN).

(88) Date of publication of the international search report: 3 July 2003

Date of publication of the revised international search report: 19 February 2004

(74) Agent: TAKAISHI, Kitsuma; 67, Kagurazaka 6-chome, Shinjuku-ku, Tokyo 162-0825 (JP).

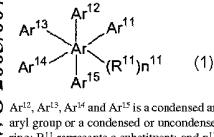
(15) Information about Corrections: see PCT Gazette No. 08/2004 of 19 February 2004, Section II

(81) Designated States (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU,

For two-letter codes and other abbreviations, refer to the "Guidance Notes on Codes and Abbreviations" appearing at the beginning of each regular issue of the PCT Gazette.

WO 2003/007658 A3

(54) Title: LIGHT-EMITTING DEVICE AND AROMATIC COMPOUND

(57) Abstract: A light-emitting device comprising a pair of electrodes and a light-emitting layer or a plurality of organic layers comprising a light-emitting layer disposed therebetween, the light-emitting layer or at least one of a plurality of organic layers comprising the light-emitting layer comprising at least one compound represented by the following general formula (1): wherein each of Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup> and Ar<sup>14</sup> represents an aryl group or a heteroaryl group; Ar represents a benzene ring, a naphthalene ring, a phenanthrene ring or an anthracene ring; at least one of Ar, Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup> and Ar<sup>14</sup> is a condensed aryl group, a condensed or uncondensed heteroaryl group or a group comprising a condensed aryl group or a condensed or uncondensed heteroaryl group; Ar<sup>11</sup>, Ar<sup>12</sup>, Ar<sup>13</sup>, Ar<sup>14</sup> and Ar<sup>15</sup> are not bonded to each other to form a ring; R<sup>11</sup> represents a substituent; and n<sup>11</sup> represents an integer of 0 or more.

## 【国際調査報告】

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int'l Application No PCT/IB 02/06998
A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER IPC 7 C09K11/06 H05B33/14		
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) IPC 7 C09K H05B		
Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched		
Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used) EPO-Internal, WPI Data, PAJ, INSPEC, COMPENDEX, CHEM ABS Data		
C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category *	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 016, no. 273, 18 June 1992 (1992-06-18) & JP 04 068076 A (RIOCH CO LTD), 3 March 1992 (1992-03-03) abstract ---	1-14
Y	US 5 077 142 A (HASHIMOTO MITSURU ET AL) 31 December 1991 (1991-12-31) claims 1-5 ---	15-34
X	US 5 989 737 A (HU NAN-XING ET AL) 23 November 1999 (1999-11-23) column 10, line 55; claim 1 ---	1,3,5-7, 9
X	EP 1 009 041 A (EASTMAN KODAK CO) 14 June 2000 (2000-06-14) page 23, line 5; claim 1 ---	1
		-/-
<input checked="" type="checkbox"/>	Further documents are listed in the continuation of box C.	<input checked="" type="checkbox"/> Patent family members are listed in 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 document 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 of a 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 performed by a person of ordinary skill in the art without involving an inventive step even if 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		
Date of the actual completion of the international search  10 September 2002		Date of mailing of the international search report  24/09/2002
Name and mailing address of the ISA  European Patent Office, P.B. 5018 Patentlaan 2 NL-2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-3040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016		Authorized officer  Wengeler, H

Form PCT/ISA/210 (second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT		Int'l Application No. PCT/IB02/06998
C(Continuation) DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	Z.D.POPOVIC, S.XIE, N.HU, A.HOR: "Life extension of organic LED's by doping of a hole transport layer" THIN SOLID FILMS, 2000, page 6-8 XP002213001 Elsevier page 6 -page 7; figure 1	1

Form PCT/ISA/210 (continuation of second sheet) (July 1992)

INTERNATIONAL SEARCH REPORT			
Information on patent family members			
		Int'l Application No	
		PCT/IB 02/06998	
Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 04068076	A 03-03-1992	NONE	
US 5077142	A 31-12-1991	NONE	
US 5989737	A 23-11-1999	JP 10255985 A	25-09-1998
EP 1009041	A 14-06-2000	US 2001051285 A1 EP 1009041 A2 JP 2000182775 A	13-12-2001 14-06-2000 30-06-2000

Form PCT/ISA/210 (patent family annex) (July 1992)

## フロントページの続き

(51)Int.Cl.<sup>7</sup>

F I

テーマコード(参考)

C 0 9 K 11/06 6 9 0  
C 0 7 C 15/62

(81)指定国 AP(GH,GM,KE,LS,MW,MZ,SD,SL,SZ,TZ,UG,ZM,ZW),EA(AM,AZ,BY,KG,KZ,MD,RU,TJ,TM),EP(AT, BE,BG,CH,CY,CZ,DE,DK,EE,ES,FI,FR,GB,GR,IE,IT,LU,MC,NL,PT,SE,SK,TR),OA(BF,BJ,CF,CG,CI,CM,GA,GN,GQ,GW, ML,MR,NE,SN,TD,TG),AE,AG,AL,AM,AT,AU,AZ,BA,BB,BG,BR,BY,BZ,CA,CH,CN,CO,CR,CU,CZ,DE,DK,DM,DZ,EC,EE,ES, FI,GB,GD,GE,GH,GM,HR,HU, ID,IL,IN,IS,JP,KE,KG,KP,KR,KZ,LC,LK,LR,LS,LT,LU,LV,MA,MD,MG,MK,MN,MW,MX,MZ,N 0,NZ,OM,PH,PL,PT,RO,RU,SD,SE,SG,SI,SK,SL,TJ,TM,TN,TR,TT,TZ,UA,UG,US,UZ,VN,YU,ZA,ZM,ZW

## 【要約の続き】

◦

专利名称(译)	<无法获取翻译>		
公开(公告)号	<a href="#">JP2004535051A5</a>	公开(公告)日	2005-12-22
申请号	JP2003513286	申请日	2002-07-10
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片有限公司		
[标]发明人	五十嵐達也 邱雪鵬		
发明人	五十嵐 達也 邱 雪鵬		
IPC分类号	H01L51/50 C07C13/62 C07C13/66 C07C15/24 C07C15/28 C07C15/30 C07C15/38 C07C15/60 C07C15/62 C07D251/24 C09K11/06 H01L51/00 H01L51/30 H05B33/14		
CPC分类号	H01L51/0052 C07C13/62 C07C13/66 C07C15/24 C07C15/28 C07C15/30 C07C15/38 C07C2603/24 C07C2603/26 C07C2603/50 C07D251/24 H01L51/0037 H01L51/0042 H01L51/0054 H01L51/0056 H01L51/0058 H01L51/006 H01L51/0067 H01L51/007 H01L51/0071 H01L51/0081 H01L51/0083 H01L51/5012 H01L2251/308 Y10S428/917		
FI分类号	H05B33/14.B C07C15/60 C09K11/06.610 C09K11/06.640 C09K11/06.645 C09K11/06.690 C07C15/62		
F-TERM分类号	3K007/AB01 3K007/AB04 3K007/AB11 3K007/DB03 4H006/AA03 4H006/AB91		
优先权	2001211269 2001-07-11 JP 2001329676 2001-10-26 JP		
其他公开文献	JP4515760B2 JP2004535051A		

### 摘要(译)

包括发光层或发光层的多个有机层中的至少一个具有由以下通式(1)表示的结构：嵌入图片(然而，Ar11中，Ar12中，Ar13中，Ar14和Ar15各自代表芳基或杂芳基，Ar表示苯环，萘环，菲环或蒽环中，Ar中，Ar11中，Ar12中，Ar13中，Ar14和Ar15的至少一个稠合芳基或的冷凝或Hichijimiwa杂芳基或具有稠合芳基或稠或Hichijimiwa杂芳基中，Ar11中，Ar12中，Ar13中，Ar14和Ar15从不彼此键合而形成环，分别将R11是取代基并且n11表示0或更大的整数)。