

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2014-140041
(P2014-140041A)

(43) 公開日 平成26年7月31日(2014.7.31)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 5 B 33/22 C	3 K 1 0 7
CO 9 K 11/06 (2006.01)	HO 5 B 33/14 A	4 H 0 0 6
CO 7 C 211/54 (2006.01)	CO 9 K 11/06 6 9 0	
CO 7 C 217/84 (2006.01)	HO 5 B 33/22 D	
	CO 7 C 211/54	

審査請求 有 請求項の数 1 O L (全 77 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2014-23990 (P2014-23990)
 (22) 出願日 平成26年2月12日 (2014. 2. 12)
 (62) 分割の表示 特願2006-49530 (P2006-49530)
 の分割
 原出願日 平成18年2月27日 (2006. 2. 27)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-53297 (P2005-53297)
 (32) 優先日 平成17年2月28日 (2005. 2. 28)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-167624 (P2005-167624)
 (32) 優先日 平成17年6月8日 (2005. 6. 8)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)
 (31) 優先権主張番号 特願2005-194497 (P2005-194497)
 (32) 優先日 平成17年7月4日 (2005. 7. 4)
 (33) 優先権主張国 日本国 (JP)

(71) 出願人 000153878
 株式会社半導体エネルギー研究所
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地
 (74) 代理人 100108741
 弁理士 渡邊 順之
 (72) 発明者 池田 寿雄
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 坂田 淳一郎
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内
 (72) 発明者 瀬尾 哲史
 神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社
 半導体エネルギー研究所内

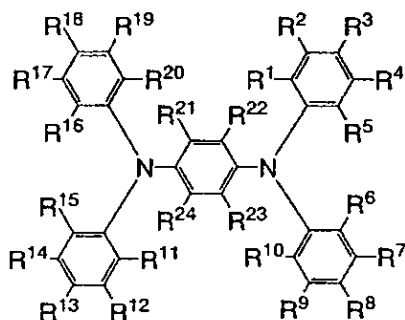
最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 複合材料

(57) 【要約】 (修正有)

【課題】 キャリア注入性、可視光の透過率に優れた複合材料の提供。

【解決手段】 複合材料は下記一般式(1)等で示される有機化合物と、無機化合物とを有することを特徴とする。



(1)

10

(ただし、式中、R¹~R²⁴は、それぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、アリールアルキル基のいずれかを表す。)

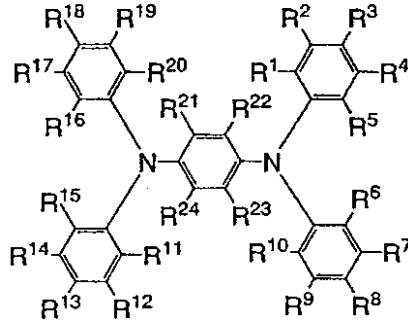
【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

下記一般式(1)で示される有機化合物と、無機化合物とを有することを特徴とする複合材料。

【化 1】



(1)

10

(ただし、式中、 $R^1 \sim R^{24}$ は、それぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、アリールアルキル基のいずれかを表す。)

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

20

【0001】

本発明は、有機化合物と無機化合物とで形成された複合材料であって、キャリア輸送性および有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ可視光の透過率に優れた複合材料に関する。

また、前記複合材料を用いた電流励起型の発光素子に関する。

さらに、その発光素子を有する発光装置及び電気機器に関する。

【背景技術】

【0002】

近年、発光性の有機化合物を用いた発光素子の研究開発が盛んに行われている。

これら発光素子の基本的な構成は、一对の電極間に発光性の有機化合物を含む層を挟んだものである。

30

この素子に電圧を印加することにより、一对の電極から電子及びホールがそれぞれ発光性の有機化合物を含む層に注入され、電流が流れる。

そして、それらキャリア(電子及びホール)が再結合することにより、発光性の有機化合物が励起状態を形成し、その励起状態が基底状態に戻る際に発光する。

このようなメカニズムから、前記発光素子は電流励起型の発光素子と呼ばれる。

なお、有機化合物が形成する励起状態の種類としては、一重項励起状態と三重項励起状態が可能であり、一重項励起状態からの発光が蛍光、三重項励起状態からの発光が燐光と呼ばれている。

【0003】

40

このような発光素子は、例えば $0.1 \mu\text{m}$ 程度の有機薄膜で形成されるため、薄型軽量に作製できることが大きな利点である。

また、キャリアが注入されてから発光に至るまでの時間はマイクロ秒程度あるいはそれ以下であるため、非常に応答速度が速いことも特長の一つである。

これらの特性はフラットパネルディスプレイ素子として好適であると考えられている。

さらに、これらの発光素子は膜状に形成されるため、大面積の素子を形成することにより、面状の発光を容易に得ることができる。

このことは、白熱電球やLEDに代表される点光源、あるいは蛍光灯に代表される線光源では得難い特色であるため、照明等に應用できる面光源としての利用価値も高い。

【0004】

50

このように、発光性の有機化合物を用いた電流励起型の発光素子は、発光装置や照明等への応用が期待されているが、未だ課題も多い。

その課題の一つとして、消費電力の低減が挙げられる。

その消費電力を低減するためには、発光素子の駆動電圧を低減することが重要である。

その電流励起型の発光素子は流れる電流量によって発光強度が決まるため、駆動電圧を低減するためには、低い電圧で多くの電流を流すことが必要となってくる。

【0005】

これまで、駆動電圧を低減させるための手法として、バッファ層を電極と発光性の有機化合物を含む層との間に設けるといった試みがなされている。

例えば、カンファースルホン酸をドーブしたポリアニリン(PANI)からなるバッファ層をインジウム錫酸化物(ITO)と発光層との間に設けることにより、駆動電圧を低減できることが知られている(例えば、非特許文献1参照)。

これは、PANIの発光層へのキャリア注入性が優れているためと説明されている。

なお、非特許文献1では、バッファ層であるPANIも電極の一部と見なしている。

しかしながら、非特許文献1に記載してある通り、PANIは膜厚を厚くすると透過率が悪くなるという問題点がある。

具体的には、250nm程度の膜厚で、透過率は70%を切ると報告されている。

すなわち、バッファ層に用いている材料自体の透明性に問題があるため、素子内部で発生した光を効率良く取り出すことができない。

【0006】

また、特許文献1によれば、発光素子(特許文献1では発光ユニットと記載されている)を直列に接続することにより、ある電流密度当たりの輝度、すなわち電流効率を高めようという試みがなされている。

その特許文献1においては、発光素子を直列に接続する際の接続部分に、有機化合物と金属酸化物(具体的には酸化バナジウム及び酸化レニウム)とを混合した層を適用しており、この層はホールや電子を発光ユニットへ注入できるとされている。

しかしながら、特許文献1で開示されている有機化合物と金属酸化物との混合層は、実施例を見てもわかる通り、赤外領域だけでなく500nm付近にも大きな吸収ピークが発生しており、やはり透明性に問題が生じている。

したがって、やはり素子内部で発生した光を効率良く取り出すことができず、素子の発光効率が低下する。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0007】

【特許文献1】特開2003-272860

【非特許文献】

【0008】

【非特許文献1】Y. Yang、他1名、アプライド フィジクス レターズ、Vol. 64(10)、1245-1247(1994)

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

そこで、本発明者らは、これら問題を解決すべく鋭意研究開発に努め、その結果開発に成功したのが本発明である。

したがって、本発明は、有機化合物と無機化合物とで形成された複合材料であって、キャリア輸送性及び有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れた複合材料を提供することを発明の解決すべき課題とするものである。

また、前記複合材料を電流励起型の発光素子に適用することにより、駆動電圧及び発光効率の双方に優れた発光素子を提供することも課題とする。

さらに、前記発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力の小さい発光

10

20

30

40

50

装置及びそれを具備する電気機器を提供することを課題とする。

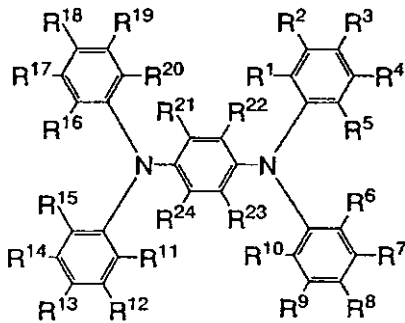
【課題を解決するための手段】

【0010】

本発明は、前記したとおり前記課題を解決する複合材料、並びに前記複合材料を用いた発光素子、発光装置及び電気機器を提供するものである。

そのうちの複合材料は、含有する有機化合物にしたがって3つに大別することができ、その第1は下記一般式(1)で示される有機化合物と、無機化合物とを有することを特徴とするものである。

【化1】



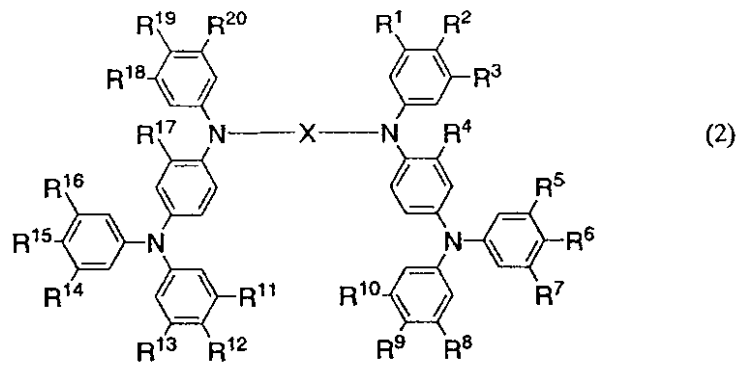
(1)

(ただし、式中、R¹ ~ R²⁴は、それぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリール基、アリールアルキル基のいずれかを表す。)

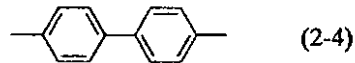
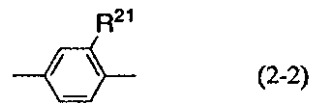
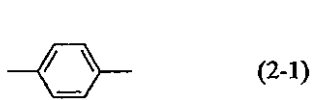
【0011】

その第2は、下記一般式(2)で示される有機化合物と、無機化合物とを有することを特徴とするものである。

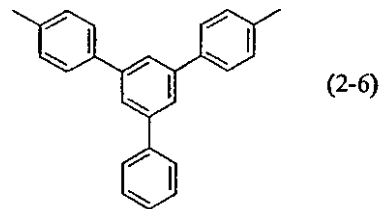
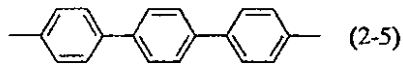
【化 2】



10



20



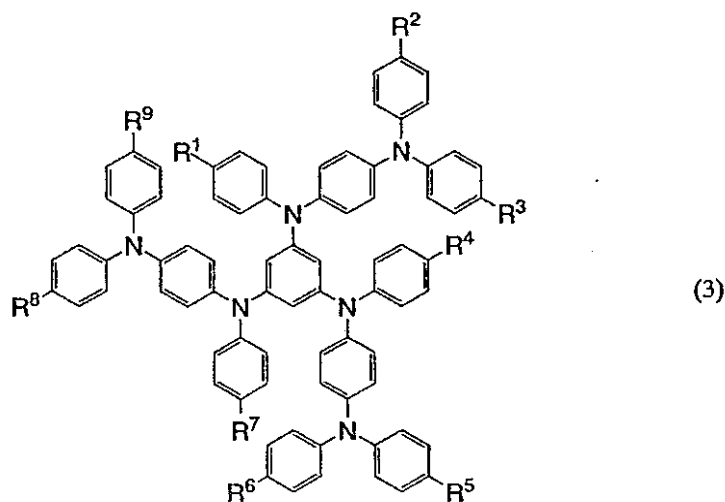
(ただし、式中、Xは、構造式(2-1)、構造式(2-3)~(2-6)、一般式(2-2)に示す芳香族炭化水素基のいずれかを表し、 $R^1 \sim R^{20}$ はそれぞれ同一でも異なってもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリアル基のいずれかを表し、 R^{21} はアルキル基を表す。)

30

【0012】

その第3は、下記一般式(3)で示される有機化合物と、無機化合物とを有することを特徴とするものである。

【化 3】



40

50

(ただし、式中、 $R^1 \sim R^9$ はそれぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリール基のいずれかを表す。)

そして、発光素子は前記複合材料を含む層を有することを特徴とするものである。

さらに、発光装置は前記発光素子を有することを特徴とするものであり、電気機器は前記発光装置を有することを特徴とするものである。

【発明の効果】

【0013】

本発明は、以下に示す優れた特性を持つ、複合材料、並びに発光素子、発光装置及び電気機器を提供することができる。

すなわち、本発明では、有機化合物と無機化合物とを複合し、キャリア輸送性及び有機化合物へのキャリア注入性に優れた複合材料を得ることができる。

さらに、可視光の透過率の高い複合材料を提供することができる。

また、本発明の複合材料を電流励起型の発光素子に適用することにより、駆動電圧及び発光効率の双方に優れた発光素子を提供することができる。

さらに、発光素子を用いて発光装置を作製することにより、消費電力の小さい発光装置及びそれを具備する電気機器を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【0014】

【図1】本発明の発光素子を説明する図。

【図2】本発明の発光素子を説明する図。

【図3】本発明の発光素子を説明する図。

【図4】本発明の発光素子を説明する図。

【図5】本発明の発光素子を説明する図。

【図6】本発明の発光素子を説明する図。

【図7】本発明の発光素子を説明する図。

【図8】本発明の発光装置について説明する図。

【図9】本発明の電気機器について説明する図。

【図10】発光装置について説明する図。

【図11】本発明の複合材料の吸収スペクトルを示す図。

【図12】比較例の吸収スペクトルを示す図。

【図13】本発明の複合材料の透過率を示す図。

【図14】発光素子の電流 電圧特性を示す図。

【図15】発光素子の輝度 電流効率特性を示す図。

【図16】発光素子の電圧 輝度特性を示す図。

【図17】発光素子の電流 電圧特性を示す図。

【図18】発光素子の電流 電圧特性を示す図。

【図19】発光素子の電流 電圧特性を示す図。

【図20】発光素子の電流 電圧特性を示す図。

【図21】発光素子の電流効率を示す図。

【図22】発光素子の電力効率を示す図。

【図23】発光素子の電流効率を示す図。

【図24】発光素子の電力効率を示す図。

【図25】発光素子の電流効率と計算結果を示す図。

【図26】本発明の複合材料の $1 \mu\text{m}$ 当たりの吸光度を示す図。

【図27】DNTPDと酸化モリブデンとを含む層のESR測定結果を示す図。

【図28】DNTPD単膜のESR測定結果を示す図。

【図29】酸化モリブデン単膜のESR測定結果を示す図。

【図30】DNTPDと酸化モリブデンとを含む層のIR測定結果を示す図。

【図31】酸化モリブデン単膜のIR測定結果を示す図。

【図32】DNTPD単膜のIR測定結果を示す図。

10

20

30

40

50

- 【図 3 3】発光開始電圧の陽極依存性を示す図。
- 【図 3 4】陽極の仕事関数と発光開始電圧との関係を示す図。
- 【図 3 5】本発明の複合材料を含む層の電流 電圧特性を示す図。
- 【図 3 6】発光素子の電流 電圧特性を示す図。
- 【図 3 7】発光素子の輝度 電流効率特性を示す図。
- 【図 3 8】発光素子の輝度 電力効率特性を示す図。
- 【図 3 9】発光素子の電流 電圧特性を示す図。
- 【図 4 0】発光素子の輝度 電流効率特性を示す図。
- 【図 4 1】発光素子の輝度 電力効率特性を示す図。
- 【図 4 2】電流効率と反射電極との関係を示す図。 10
- 【図 4 3】発光素子の電流 電圧特性を示す図。
- 【図 4 4】発光素子の電圧 輝度特性を示す図。
- 【図 4 5】発光素子の電流効率 輝度特性を示す図。
- 【図 4 6】緑色発光素子の電流効率を示す図。
- 【図 4 7】青色発光素子の電流効率を示す図。
- 【図 4 8】赤色発光素子の電流効率を示す図。
- 【図 4 9】黄色発光素子の電流効率を示す図。
- 【図 5 0】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 1】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。 20
- 【図 5 2】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 3】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 4】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 5】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 6】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。 30
- 【図 5 7】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 8】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 5 9】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 0】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 1】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。 40
- 【図 6 2】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 3】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 4】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 5】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。
- 【図 6 6】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す 50

図。

【図 6 7】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 6 8】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 6 9】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 7 0】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 7 1】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 7 2】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 7 3】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を示す図。

【図 7 4】緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果を示す図。

【図 7 5】青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果を示す図。

【図 7 6】赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果を示す図。

【発明を実施するための形態】

【0015】

以下、本発明の実施の形態に関し、必要により図面を用いて詳細に説明するが、本発明はその形態によって何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載によって特定されるものであることはいうまでもない。

なお、本発明の趣旨及びその範囲から逸脱することなくその形態及び詳細を様々に変更し得ることは当業者であれば容易に理解されるところであり、本発明は以下に示す実施の形態の記載内容に限定して解釈されるものではない。

本発明は、前記したとおり有機化合物と無機化合物とで形成された複合材料、それを用いた発光素子、その発光素子を有する発光装置及び電気機器を提供するものであり、以下の実施の形態に沿って詳細に説明する。

【0016】

(実施の形態 1)

本実施の形態では、本発明の発光素子に用いる複合材料及びその作製に使用する材料、特に有機化合物等に関し開示するものである。

本発明の発光素子に用いる複合材料は前記したとおり含有される有機化合物にしたがって 3 つに大別することができ、それぞれについて以下において説明する。

その複合材料は、前記したとおり含有する有機化合物にしたがって 3 つに大別することができ、それらは下記一般式 (1)、(2) 及び (3) で示すことができる。

【0017】

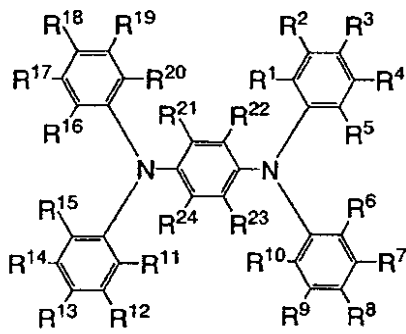
10

20

30

40

【化4】



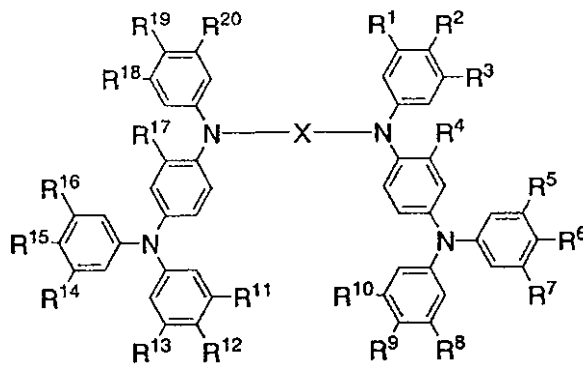
(1)

10

(ただし、式中、 $R^1 \sim R^{24}$ は、それぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリアル基、アリアルアルキル基のいずれかを表す。)

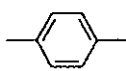
【0018】

【化5】

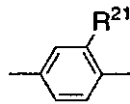


(2)

20

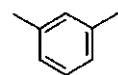


(2-1)

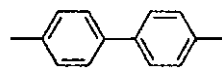


(2-2)

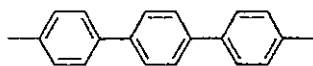
30



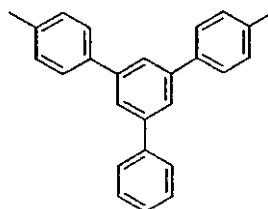
(2-3)



(2-4)



(2-5)



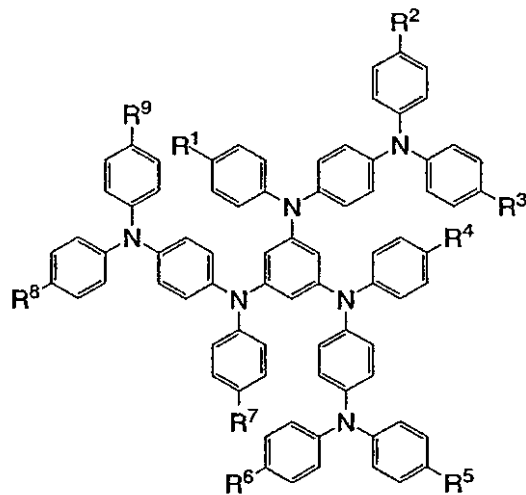
(2-6)

40

(ただし、式中、 X は、構造式(2-1)、構造式(2-3)~(2-6)、一般式(2-2)に示す芳香族炭化水素基のいずれかを表し、 $R^1 \sim R^{20}$ はそれぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリアル基のいずれかを表し、 R^{21} はアルキル基を表す。)

【0019】

【化6】



(3)

10

(ただし、式中、 $R^1 \sim R^9$ はそれぞれ同一でも異なっていてもよく、水素、アルキル基、アルコキシ基、アリール基のいずれかを表す。)

【0020】

そして、その複合材料は、可視光領域に吸収のピークが無く、その結果、該複合材料は、いずれかの前記一般式で示される有機化合物と、無機化合物とを含むことにより、可視光の高い透過率を得ることができる。

20

さらに、有機化合物と無機化合物とが相互作用し、キャリア注入性、キャリア輸送性にも優れた特性を得ることができ、本発明の複合材料は、発光素子や、光電変換素子、薄膜トランジスタ等の半導体素子に用いることが可能である。

また、本発明の複合材料を用いることにより、駆動電圧の低減が可能になる。

さらに、可視光の透過率に優れているため、発光素子や、光電変換素子に用いることにより、効率の良い半導体素子を得ることができる。

【0021】

前記一般式において採用できる官能基は以下のとおりである。

30

そのアルキル基としては、例えばメチル基、*n*-ブチル基、*t*-ブチル基などが挙げられる。

アルコキシ基としては、例えばメトキシ基、エトキシ基、*n*-ブトキシ基などが挙げられる。

さらに、アリール基については置換基を有していてもよく、例えば、フェニル基、*p*-トリル基、4-ビフェニル基、3,5-ジフェニルフェニル基、4-(4-メトキシフェニル)フェニル基などが挙げられる。

アリールアルキル基としては、2-フェニル-2-プロピル基などが挙げられる。

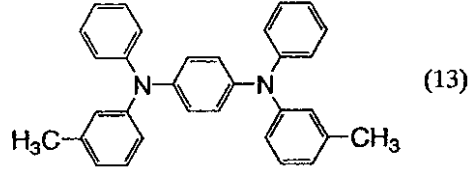
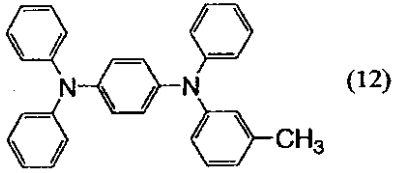
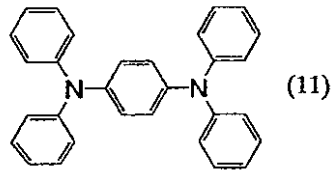
【0022】

本発明で使用する前記一般式で示される化合物については多くの化合物が存在し、それに関し具体的化合物を構造式で示すと下記のとおりである。

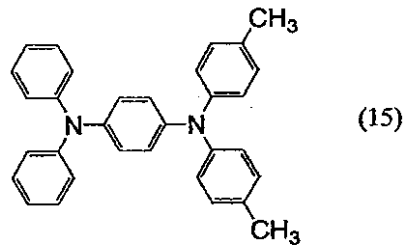
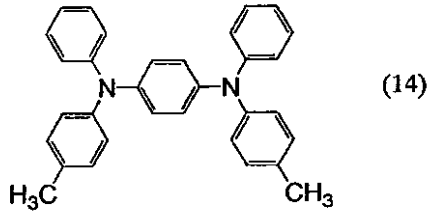
40

【0023】

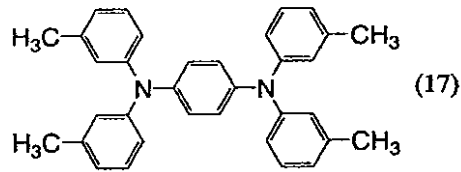
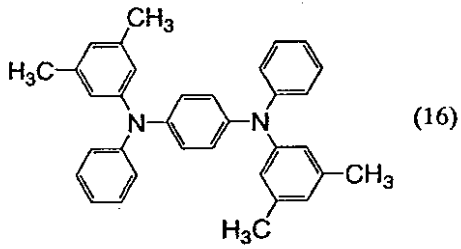
【化 7】



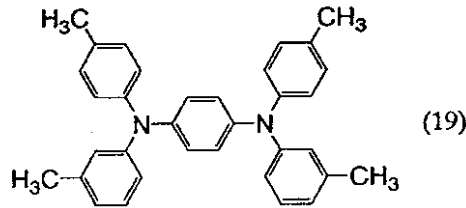
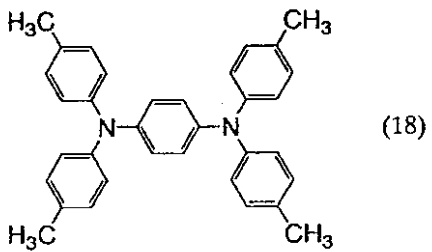
10



20

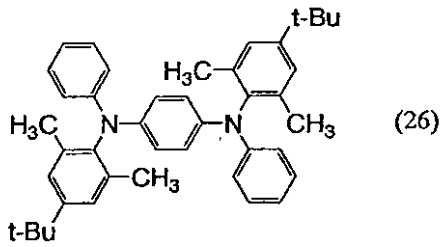
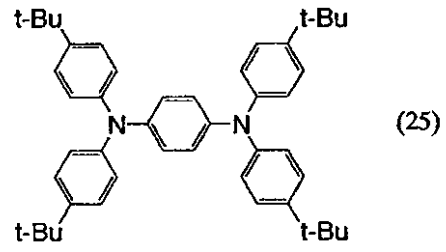
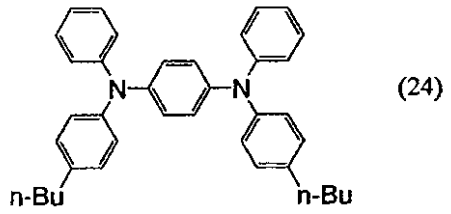
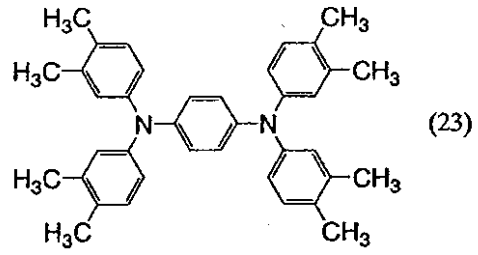
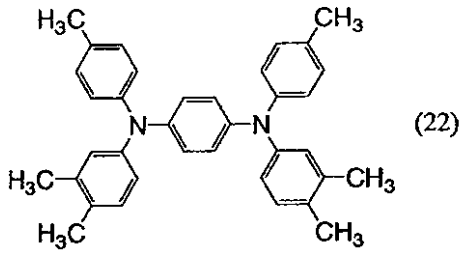
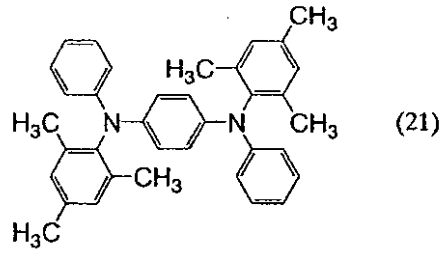
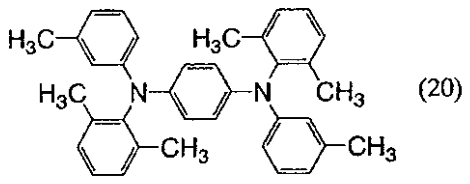


30



【 0 0 2 4 】

【化 8】



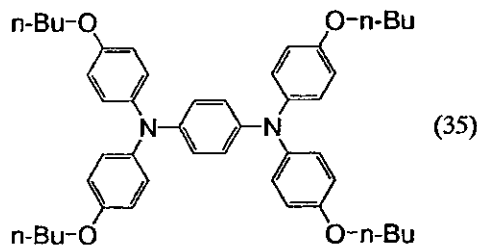
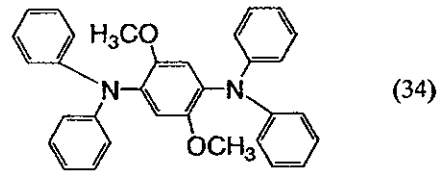
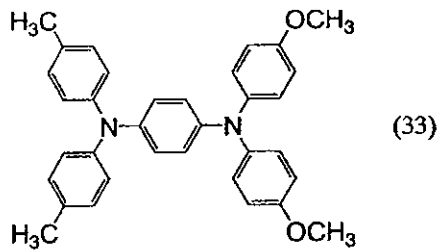
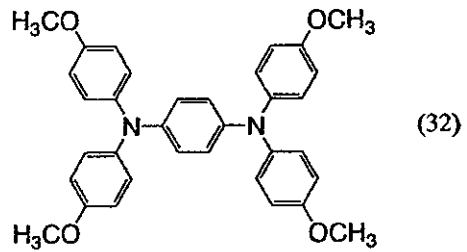
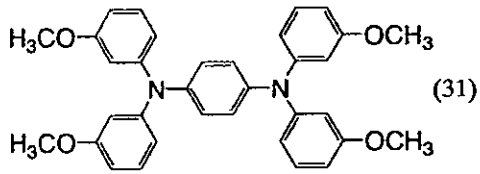
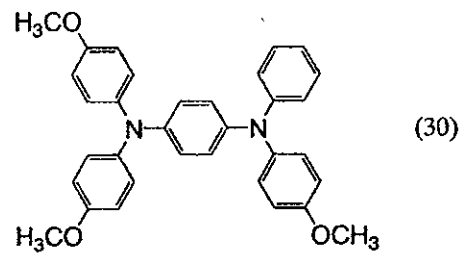
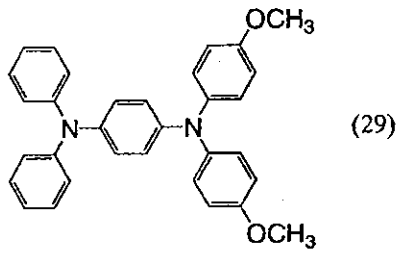
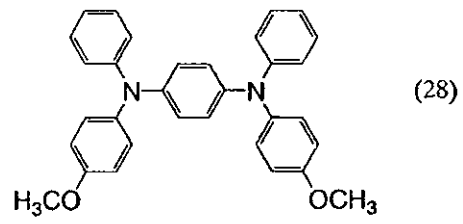
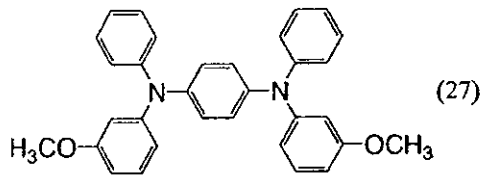
10

20

30

【 0 0 2 5 】

【化 9】



【 0 0 2 6 】

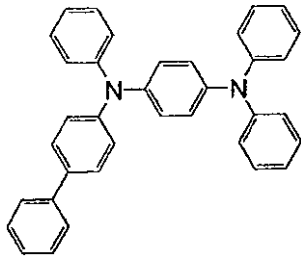
10

20

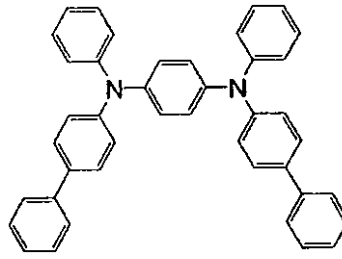
30

40

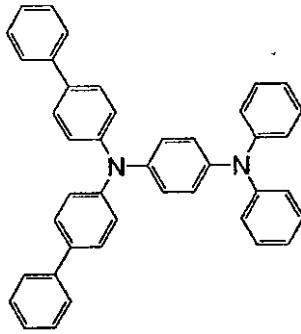
【化 1 0】



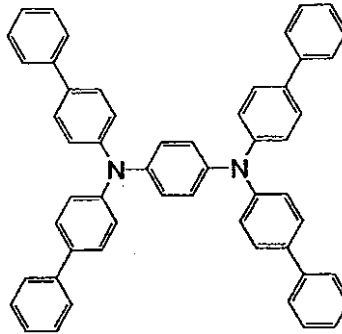
(36)



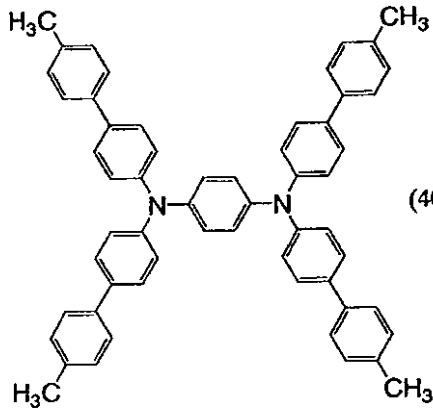
(37)



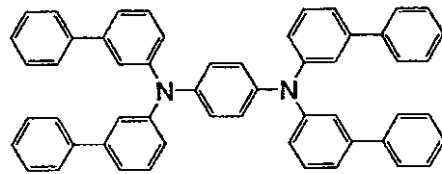
(38)



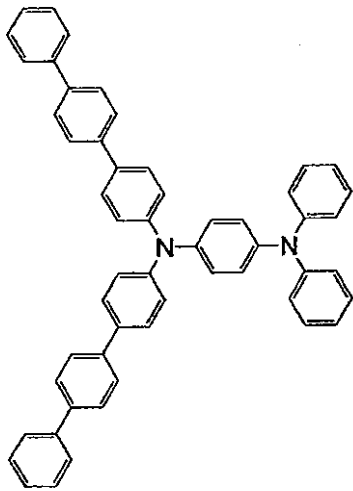
(39)



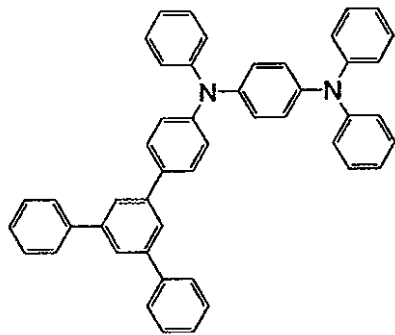
(40)



(41)



(42)



(43)

【 0 0 2 7 】

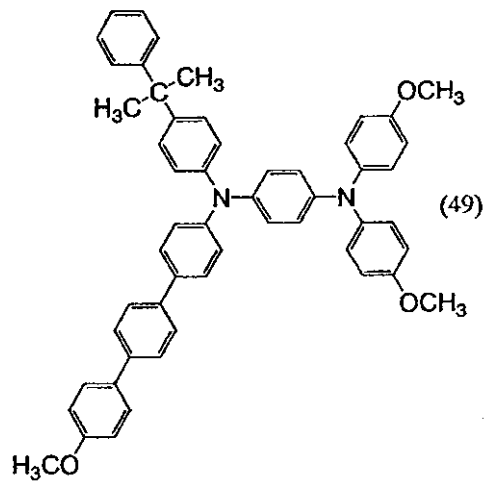
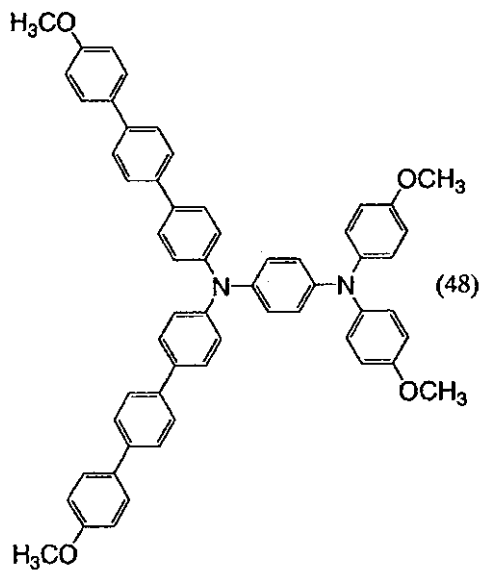
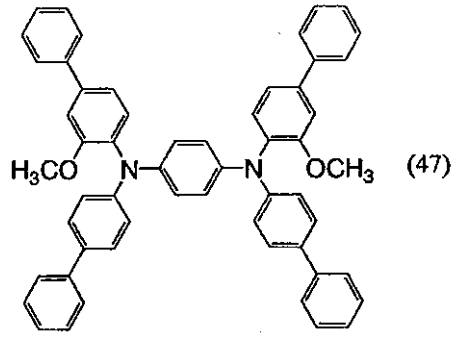
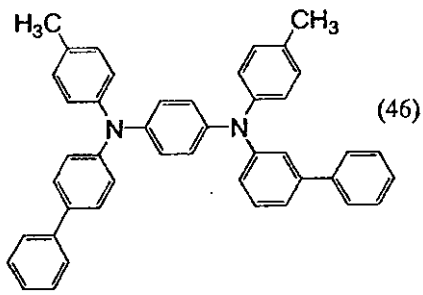
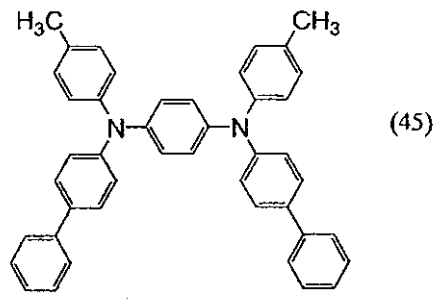
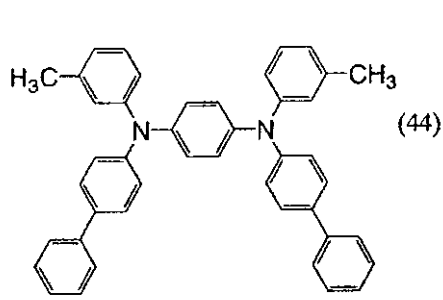
10

20

30

40

【化 1 1】



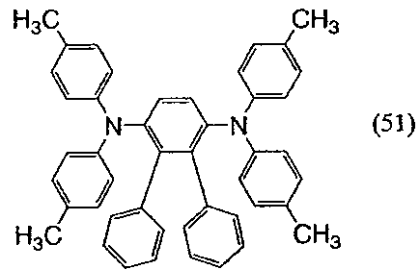
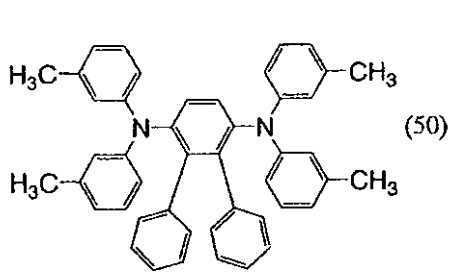
10

20

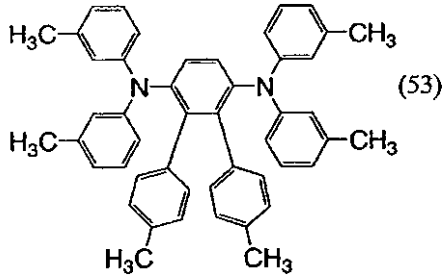
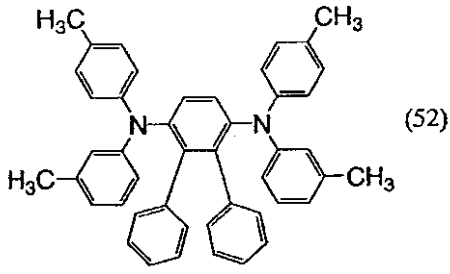
30

【 0 0 2 8 】

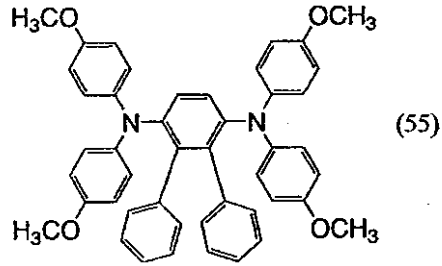
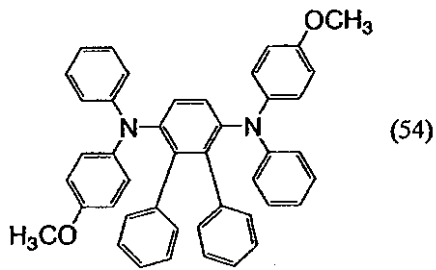
【化 1 2】



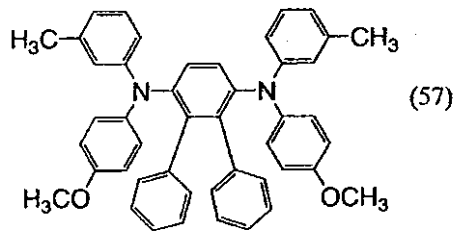
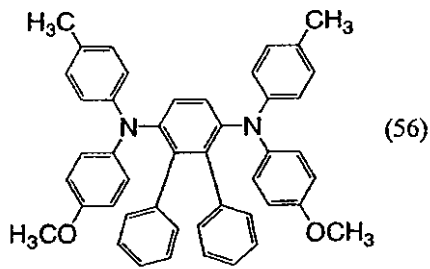
10



20

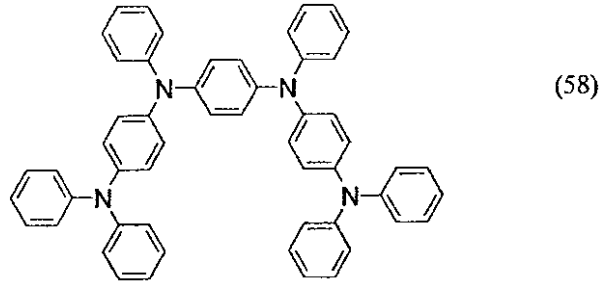


30

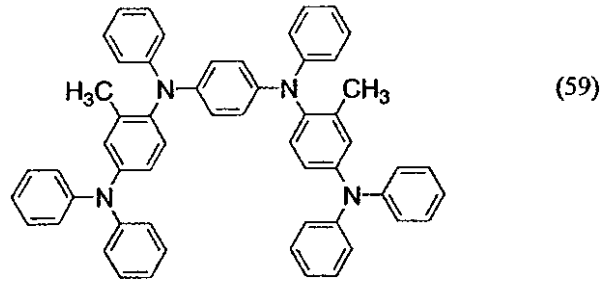


【 0 0 2 9 】

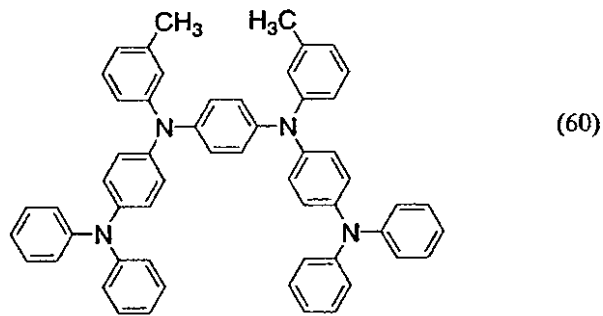
【化 1 3】



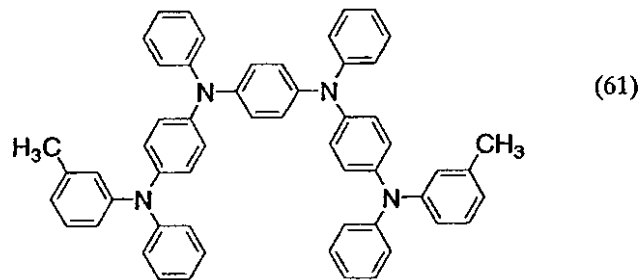
10



20



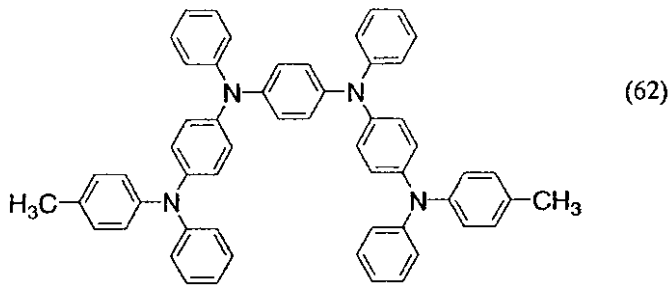
30



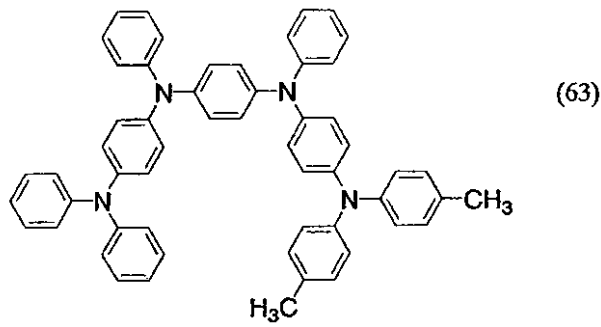
40

【 0 0 3 0 】

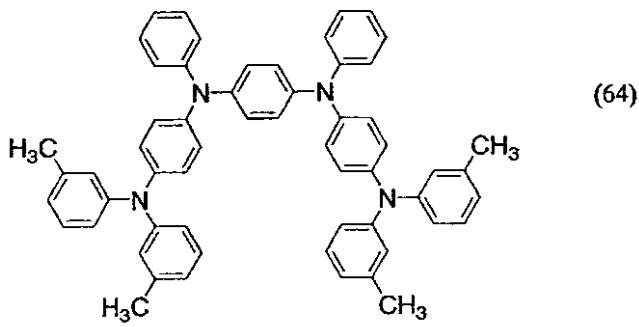
【化 1 4】



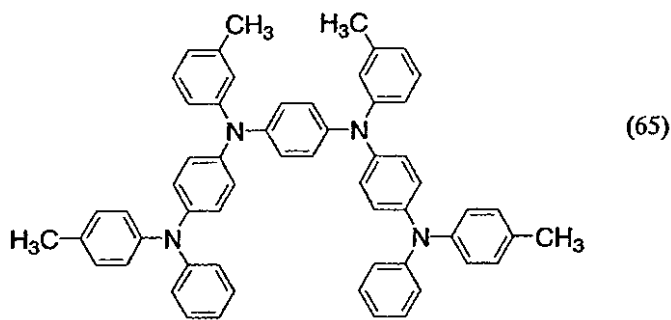
10



20



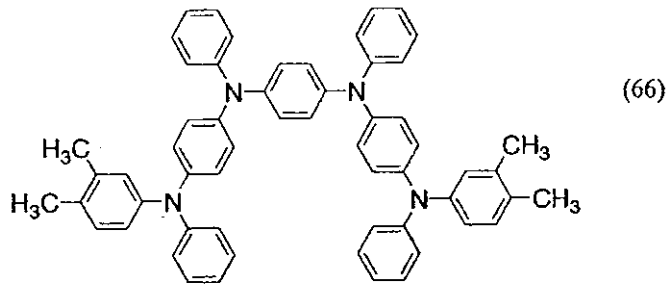
30



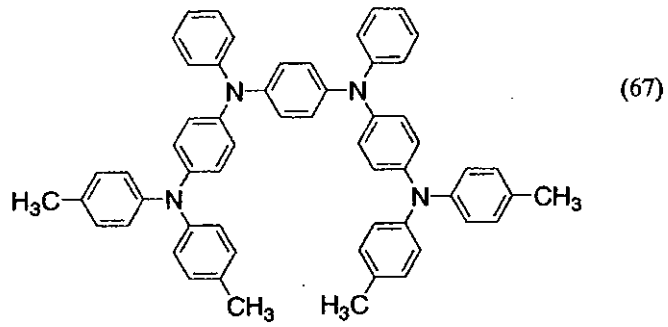
40

【 0 0 3 1 】

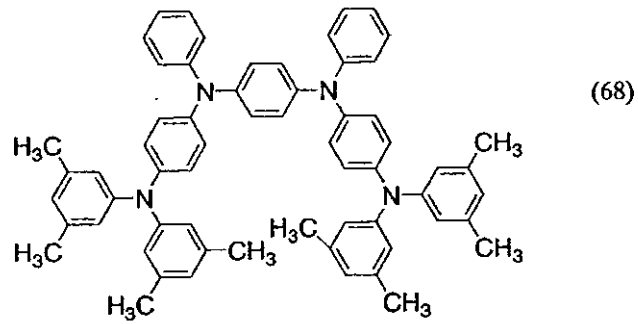
【化 1 5】



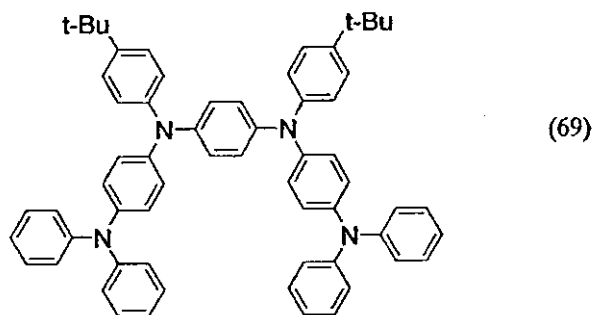
10



20



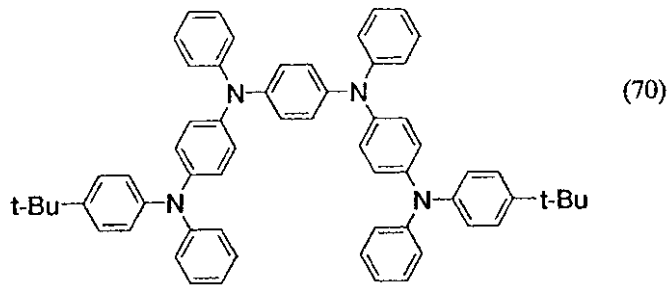
30



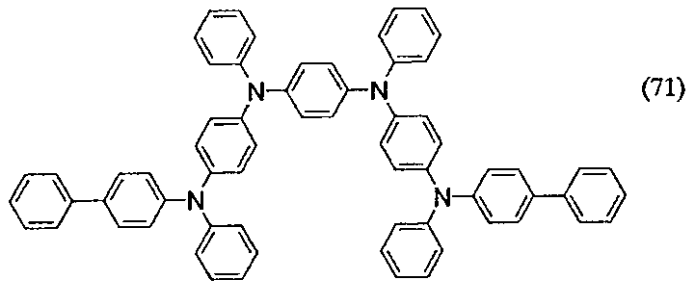
40

【 0 0 3 2】

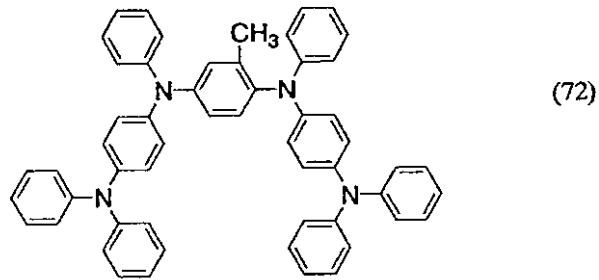
【化 1 6】



10



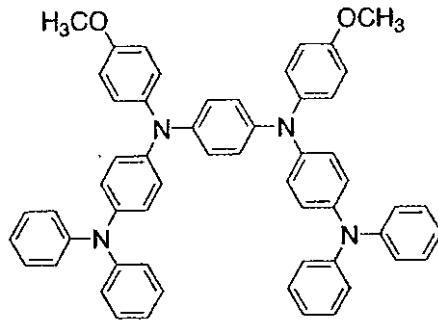
20



30

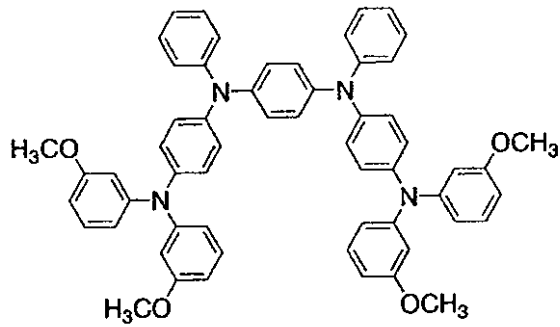
【 0 0 3 3 】

【化 1 7】



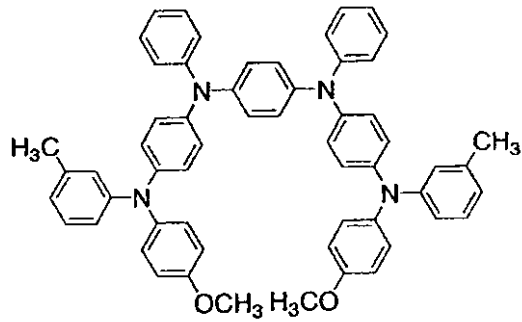
(73)

10



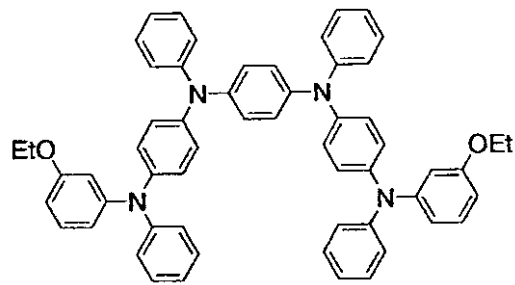
(74)

20



(75)

30

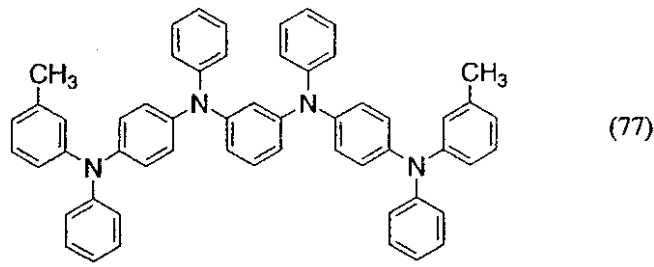


(76)

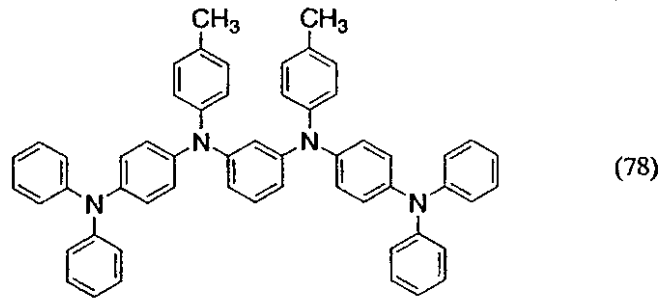
40

【 0 0 3 4 】

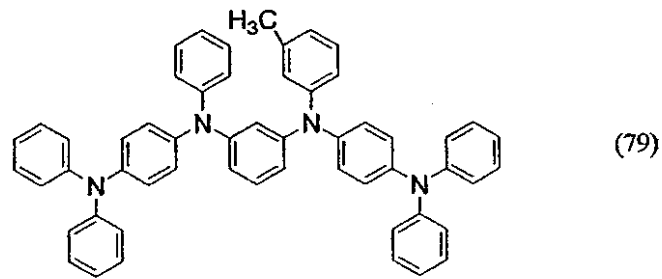
【化 1 8】



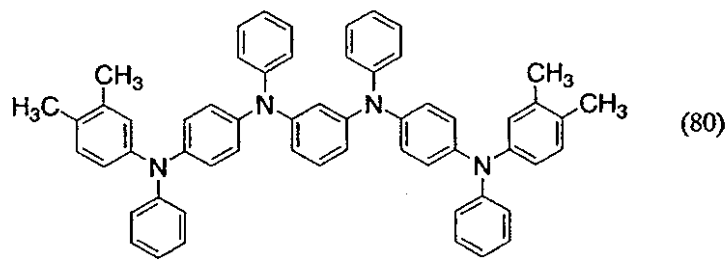
10



20



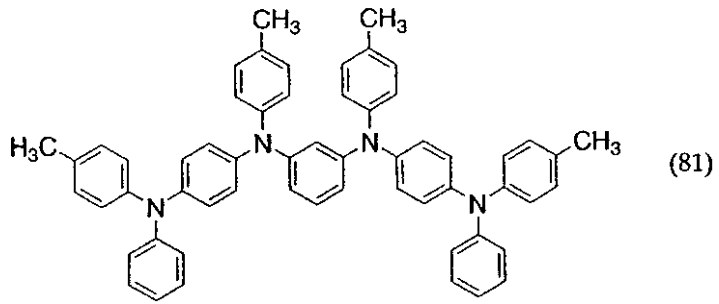
30



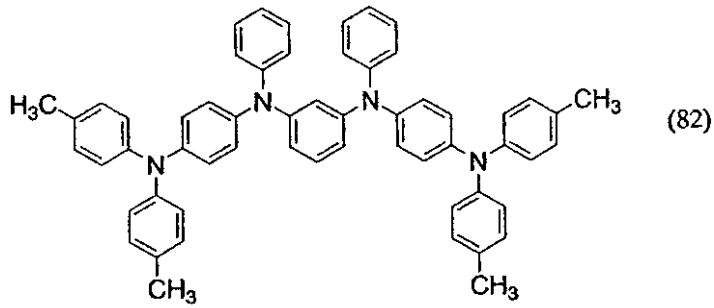
40

【 0 0 3 5 】

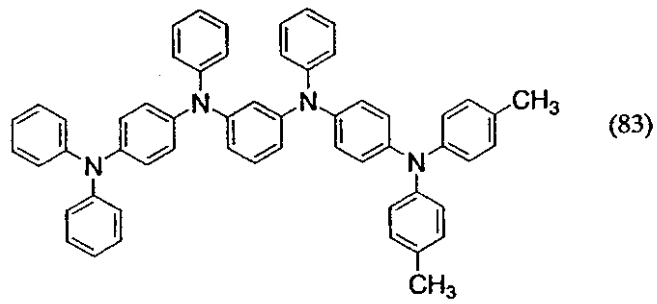
【化 1 9】



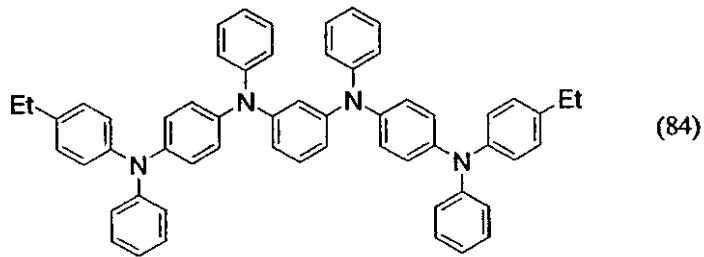
10



20



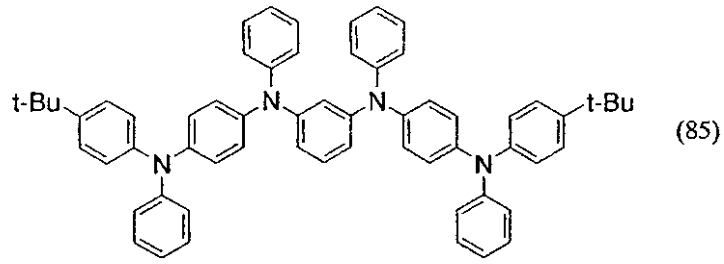
30



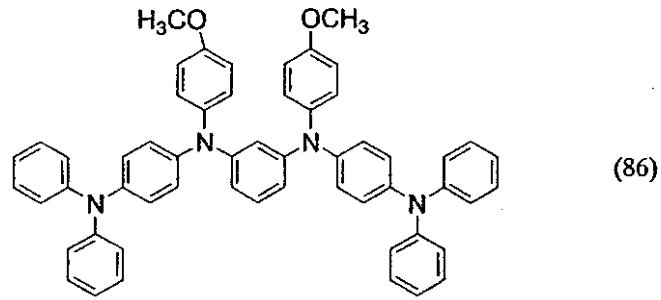
【 0 0 3 6 】

40

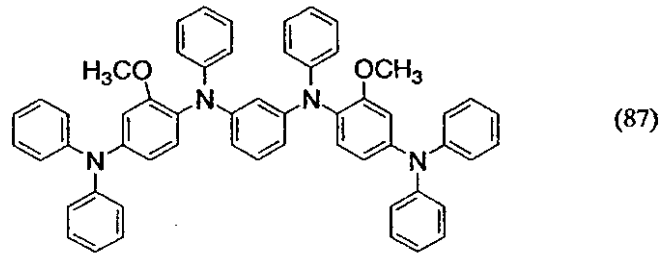
【化 2 0】



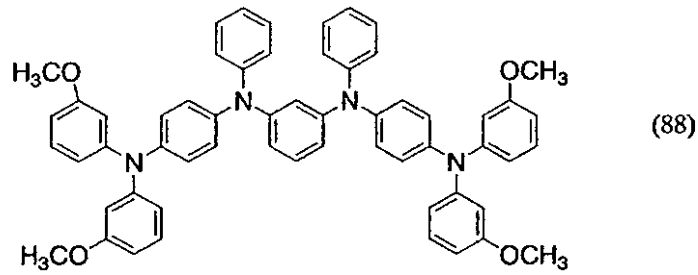
10



20



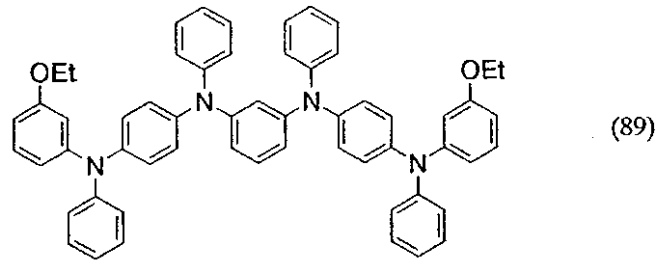
30



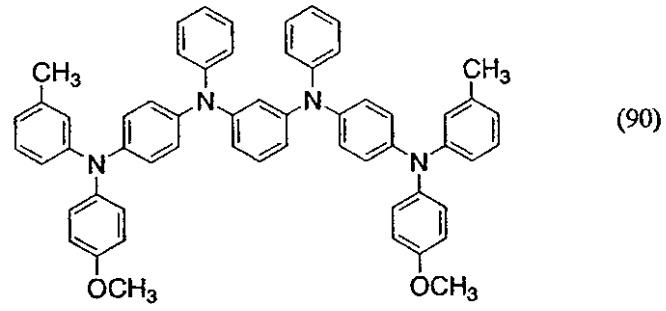
40

【 0 0 3 7 】

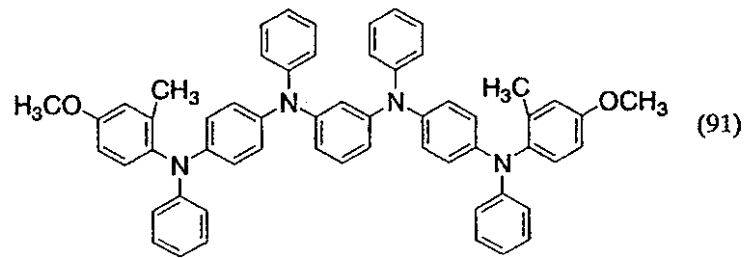
【化 2 1】



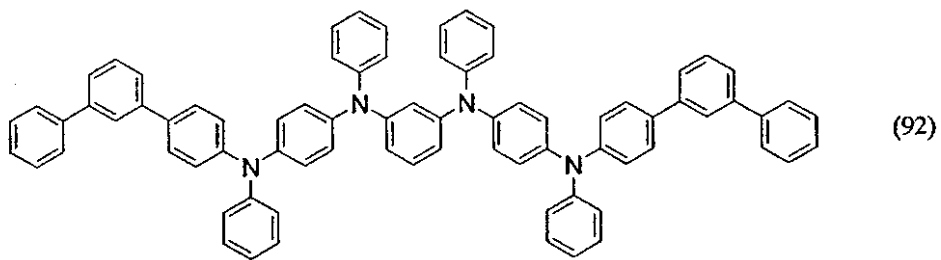
10



20



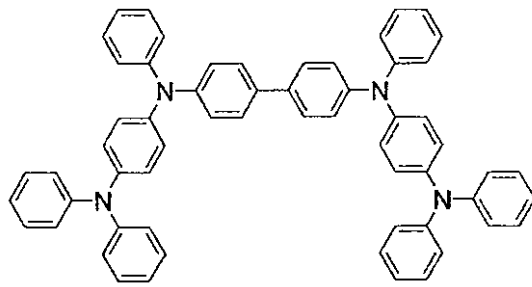
30



【 0 0 3 8 】

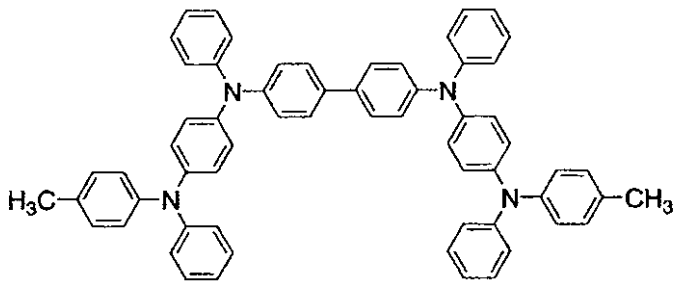
40

【化 2 2】



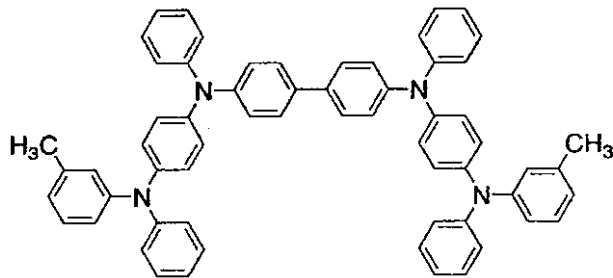
(93)

10



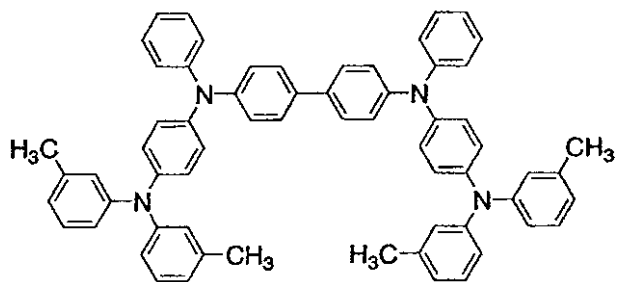
(94)

20



(95)

30

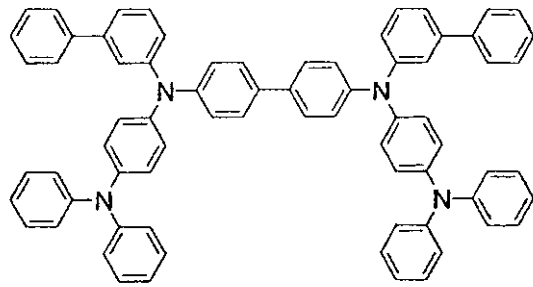


(96)

40

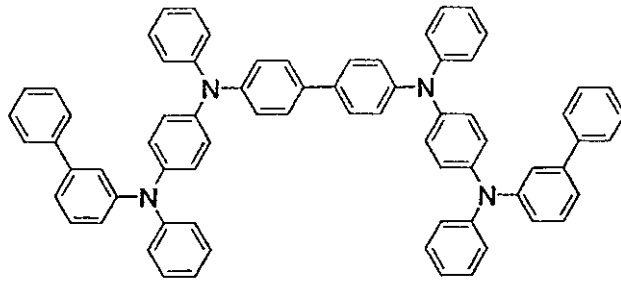
【 0 0 3 9 】

【化 2 3】



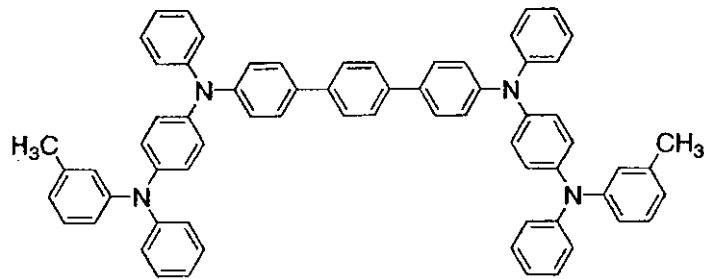
(97)

10



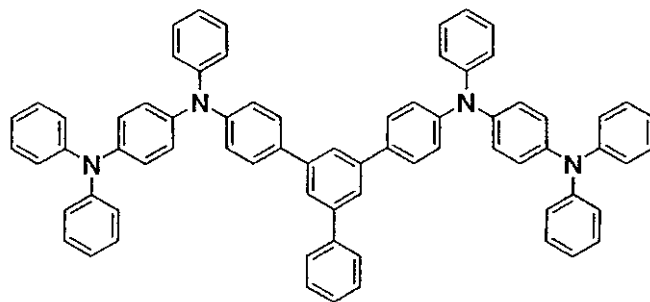
(98)

20



(99)

30

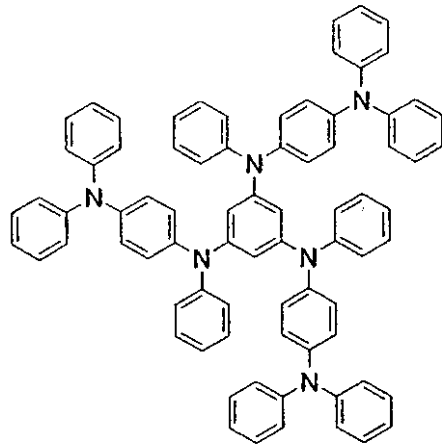


(100)

40

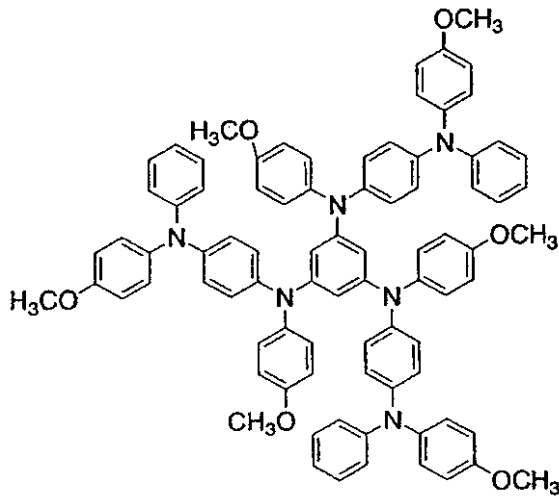
【 0 0 4 0 】

【化 2 4】



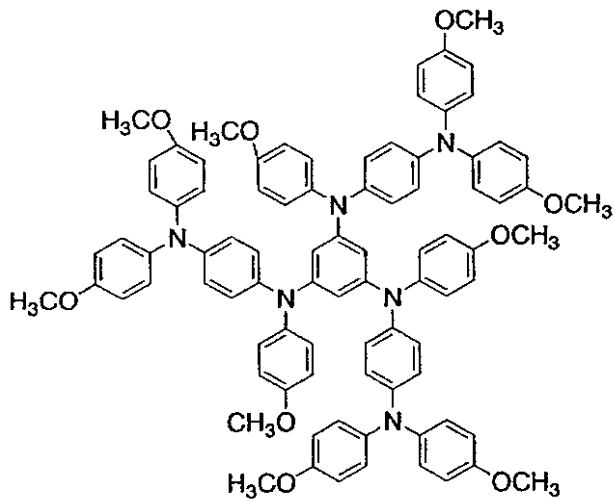
(101)

10



(102)

20



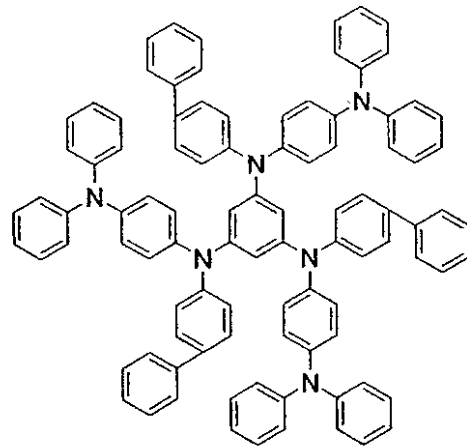
(103)

30

40

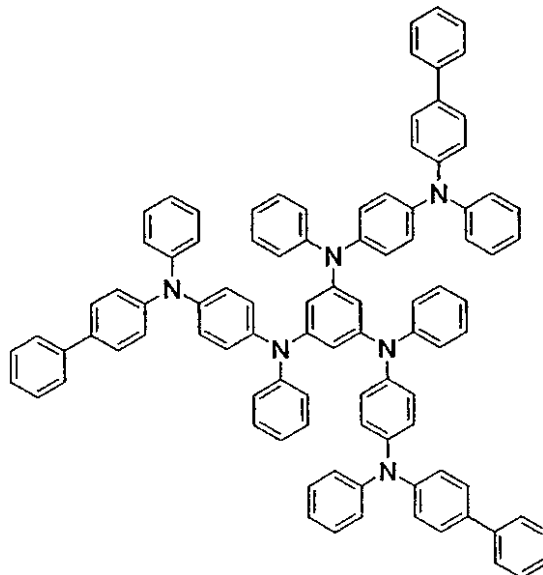
【 0 0 4 1 】

【化 2 5】



(104)

10



(105)

20

30

【0042】

前記一般式(1)～(3)に該当する具体的化合物は前記構造式に示すとおりであり、そのうちの前記一般式(1)で示される有機化合物の具体例としては、構造式(11)～(57)で示される有機化合物が挙げられる。

また、前記一般式(2)で示される有機化合物の具体例としては、構造式(58)～(100)で示される有機化合物が挙げられる。

さらに、上記一般式(3)で示される有機化合物としては、具体的には、構造式(101)～(105)で示される有機化合物が挙げられる。

40

【0043】

前記一般式(2)で示される有機化合物は、構造式(58)～(100)で示される具体的有機化合物が前記したとおり該当するが、そのうち、構造式(58)～(71)及び構造式(73)～(76)で示される有機化合物は、Xが構造式(2-1)の場合の有機化合物である。

さらに、構造式(72)で示される有機化合物は、Xが一般式(2-2)であり、R²¹がメチル基である場合の有機化合物である。構造式(77)～(92)で示される有機化合物は、Xが構造式(2-3)の場合の有機化合物である。

【0044】

また、構造式(93)～(98)で示される有機化合物は、一般式(2)におけるXが

50

構造式(2-4)の場合の有機化合物であり、構造式(99)で示される有機化合物は、Xが構造式(2-5)の場合である。

さらに、構造式(100)で示される有機化合物は、Xが構造式(2-6)の場合の有機化合物である。

【0045】

そして、本発明の複合材料に用いる無機化合物としては、遷移金属酸化物が好ましく、具体的には、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化ハフニウム、酸化バナジウム、酸化ニオブ、酸化タンタル、酸化クロム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化マンガン、酸化レニウムなどが挙げられる。

特に、酸化バナジウム、酸化モリブデン、酸化タングステン、酸化レニウムは電子受容性が高いため好ましい。

中でも特に、酸化モリブデンは大気中でも安定であり、扱いやすく好ましい。

【0046】

本発明の複合材料の製造方法は、湿式法、乾式法を問わず、可視光領域に吸収スペクトルのピークが存在しないものが作製されていれば、どのような手法を用いても良いが、シャドウマスクを用いたパターンニングが容易であるため蒸着法がよい。

例えば、本発明の複合材料は、有機化合物と無機化合物との共蒸着で好ましく作製することができる。

なお、上述した遷移金属酸化物の中でも酸化モリブデンは真空中で蒸発しやすく、それを含む複合材料を作製する場合には作製プロセスの面からも共蒸着で作製することが好ましい。

【0047】

(実施の形態2)

本実施例の形態では、本発明の発光素子の積層構造の一形態に関し開示する。

本発明の発光素子は、一对の電極間に複数の層を有する。

当該複数の層は、電極から離れたところに発光領域が形成されるように、つまり電極から離れた部位でキャリア(担体)の再結合が行われるように、キャリア注入性の高い物質やキャリア輸送性の高い物質からなる層を組み合わせる積層されたものである。

【0048】

本発明の発光素子の一形態について図1(A)を用いて以下に説明する。

本形態において、発光素子は、第1の電極102と、第1の電極102の上に順に積層した第1の層103、第2の層104、第3の層105、第4の層106と、さらにその上に設けられた第2の電極107とから構成されている。

なお、本形態では第1の電極102は陽極として機能し、第2の電極107は陰極として機能するものとして以下説明をする。

【0049】

その発光素子は、基板101上に形成され、それは発光素子の支持体として用いられるものであり、それには、例えばガラス、またはプラスチックなどを用いることができる。

なお、発光素子の作製工程において支持体として機能するものであれば、これら以外のものでもよい。

また、第1の電極102としては、さまざまな金属、合金、電気伝導性化合物、を用いることができる。

【0050】

それには、例えばインジウム錫酸化物(ITO: Indium Tin Oxide)、珪素若しくは酸化珪素を含有したインジウム錫酸化物、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO: Indium Zinc Oxide)、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸化インジウム-酸化スズ(IWZO)等が挙げられる。これらの導電性金属酸化物膜

は、通常スパッタにより成膜される。例えば、酸化インジウム-酸化亜鉛(IZO)は、酸化インジウムに対し1~20wt%の酸化亜鉛を加えたターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。また、酸化タングステン及び酸化亜鉛を含有した酸

10

20

30

40

50

化インジウム - 酸化スズ (I W Z O) は、酸化インジウムに対し酸化タングステンを 0 . 5 ~ 5 w t %、酸化亜鉛を 0 . 1 ~ 1 w t % 含有したターゲットを用いてスパッタリング法により形成することができる。この他にも、金 (A u)、白金 (P t)、ニッケル (N i)、タングステン (W)、クロム (C r)、モリブデン (M o)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、チタン (T i)、銅 (C u)、パラジウム (P d)、アルミニウム (A l)、アルミニウム - シリコン (A l - S i)、アルミニウム - チタン (A l - T i)、アルミニウム - シリコン - 銅 (A l - S i - C u) 又は金属材料の窒化物 (T i N) 等、を用いることができるが、第 1 の電極を陽極として用いる場合には、その中でも、仕事関数の大きい材料 (仕事関数 4 . 0 e V 以上) など形成されていることが好ましい。

なお、本発明の発光素子において、第 1 の電極 1 0 2 は仕事関数の大きい材料に限定されず、仕事関数の小さい材料を用いることもできる。

【 0 0 5 1 】

第 1 の層 1 0 3 は、本発明の複合材料を含む層である。

本発明の複合材料は、実施の形態 1 に示したように、一般式 (1) ~ (3) の構造を有する有機化合物と、無機化合物とを含む。

本発明の複合材料は、キャリア密度が高いため、キャリア注入性、キャリア輸送性に優れている。

本実施の形態では、本発明の複合材料は正孔注入層として機能する。

なお、第 1 の層 1 0 3 は、単層のものだけでなく、二層以上積層した構造としてもよい。

【 0 0 5 2 】

第 2 の層 1 0 4 は、正孔輸送性の高い物質、例えば 4 , 4 ' - ビス [N - (1 - ナフチル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル (略称 : N P D または N P B) や N , N ' - ビス (3 - メチルフェニル) - N , N ' - ジフェニル - [1 , 1 ' - ビフェニル] - 4 , 4 ' - ジアミン (略称 : T P D)、4 , 4 ' , 4 ' ' - トリス (N , N - ジフェニルアミノ) トリフェニルアミン (略称 : T D A T A)、4 , 4 ' , 4 ' ' - トリス [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] トリフェニルアミン (略称 : M T D A T A)、などの芳香族アミン系 (即ち、ベンゼン環 - 窒素の結合を有する) の化合物からなる層である。

ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の正孔移動度を有する物質である。

ただし、電子よりも正孔の輸送性の高い物質であれば、これら以外のものを用いてもよい。

なお、第 2 の層 1 0 4 は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものであってもよい。

【 0 0 5 3 】

第 3 の層 1 0 5 は、発光性の高い物質を含む層である。

例えば、N , N ' - ジメチルキナクリドン (略称 : D M Q d)、N , N ' - ジフェニルキナクリドン (略称 : D P Q d) や 3 - (2 - ベンゾチアゾイル) - 7 - ジエチルアミノクマリン (略称 : クマリン 6)、ビス [2 , 3 - ビス (4 - フルオロフェニル) キノキサリナト] イリジウム (アセチルアセトナート) (略称 : I r (F d p q)₂ (a c a c)) 等の発光性の高い物質とトリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃) や 9 , 1 0 - ジ (2 - ナフチル) アントラセン (略称 : D N A) 等のキャリア輸送性が高く、結晶化しにくい物質とを自由に組み合わせて構成される。

但し、A l q₃ や D N A は発光性も高い物質であるため、これらの物質を単独で用いた構成とし、第 3 の層 1 0 5 としても構わない。

【 0 0 5 4 】

第 4 の層 1 0 6 は、電子輸送性の高い物質、例えばトリス (8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l q₃)、トリス (4 - メチル - 8 - キノリノラト) アルミニウム (略称 : A l m q₃)、ビス (1 0 - ヒドロキシベンゾ [h] - キノリナト) ベリリウム (略称 : B e B q₂)、ビス (2 - メチル - 8 - キノリノラト) - 4 - フェニルフェノラト -

10

20

30

40

50

アルミニウム（略称：Al）など、キノリン骨格またはベンゾキノリン骨格を有する金属錯体等からなる層である。

さらに、この他ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾオキサゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BOX）₂）、ビス〔2-（2-ヒドロキシフェニル）-ベンゾチアゾラト〕亜鉛（略称：Zn（BTZ）₂）などのオキサゾール系、チアゾール系配位子を有する金属錯体なども用いることができる。

【0055】

また、電子輸送性の高い物質としては、金属錯体以外にも2-（4-ピフェニリル）-5-（4-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール（略称：PBD）や、1,3-ビス〔5-（p-tert-ブチルフェニル）-1,3,4-オキサジアゾール-2-イル〕ベンゼン（略称：OXD-7）、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-フェニル-5-（4-ピフェニリル）-1,2,4-トリアゾール（略称：TAZ）、3-（4-tert-ブチルフェニル）-4-（4-エチルフェニル）-5-（4-ピフェニリル）-1,2,4-トリアゾール（略称：p-ETTAZ）、バソフェナントロリン（略称：BPhen）、バソキュプロイン（略称：BCP）なども用いることができる。

10

【0056】

ここに述べた物質は、主に $10^{-6} \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 以上の電子移動度を有する物質である。

なお、正孔よりも電子の輸送性の高い物質であれば、上記以外の物質を第4の層106として用いても構わない。

20

また、第4の層106は、単層のものだけでなく、上記物質からなる層が二層以上積層したものとしてもよい。

【0057】

第2の電極107を形成する物質としては、仕事関数の小さい（仕事関数 3.8 eV 以下）金属、合金、電気伝導性化合物、及びこれらの混合物などを用いることができる。

このような陰極材料の具体例としては、元素周期表の1族または2族に属する元素、すなわちリチウム（Li）やセシウム（Cs）等のアルカリ金属、及びマグネシウム（Mg）、カルシウム（Ca）、ストロンチウム（Sr）等のアルカリ土類金属、及びこれらを含む合金（Mg：Ag、Al：Li）が挙げられる。

30

【0058】

しかしながら、第2の電極107と発光層との間に、電子注入を促す機能を有する層を、当該第2の電極と積層して設けることにより、仕事関数の大小に関わらず、Al、Ag、ITO、珪素を含有したインジウム錫酸化物等様々な導電性材料を第2の電極107として用いることができる。

その電子注入を促す機能を有する層としては、フッ化リチウム（LiF）、フッ化セシウム（CsF）、フッ化カルシウム（CaF₂）等のようなアルカリ金属又はアルカリ土類金属の化合物を用いることができる。

この他、電子輸送性を有する物質からなる層中にアルカリ金属又はアルカリ土類金属を含有させたもの、例えばAlq₃中にマグネシウム（Mg）を含有させたもの等を用いることができる。

40

【0059】

そして、それら層の形成方法については特に限定されることはなく、例えば第1の層103、第2の層104、第3の層105、第4の層106の形成方法に関しては、特に限定されることはなく蒸着法以外の方法でもよい。

例えば、インクジェット法またはスピンコート法など用いても構わない。

また各電極または各層ごとに異なる成膜方法を用いて形成しても構わない。

【0060】

以上のような構成を有する本発明の発光素子は、第1の電極102と第2の電極107との間に生じた電位差により電流が流れ、発光性の高い物質を含む層である第3の層105において正孔と電子とが再結合し、発光するものである。

50

つまり、第3の層105に発光領域が形成されるような構成となっている。

ただし、第3の層105の全てが発光領域として機能する必要はなく、例えば、第3の層105のうち第2の層104側又は第4の層106側にのみ発光領域が形成されるようなものであってもよい。

【0061】

その発光は、第1の電極102又は第2の電極107のいずれか一方又は両方を通して外部に取り出される。

したがって、第1の電極102又は第2の電極107のいずれか一方又は両方は、透光性を有する物質で成る。

第1の電極102のみが透光性を有する物質からなるものである場合、図1(A)に示すように、発光は第1の電極102を通して基板側から取り出される。

10

【0062】

また、逆に第2の電極107のみが透光性を有する物質からなるものである場合、図1(B)に示すように、発光は第2の電極107を通して基板と逆側から取り出される。

第1の電極102及び第2の電極107がいずれも透光性を有する物質からなるものである場合、図1(C)に示すように、発光は第1の電極102及び第2の電極107を通して、基板側及び基板と逆側の両方から取り出される。

【0063】

なお、第1の電極102と第2の電極107との間に設けられる層の構成は、上記のものには限定されることはない。

20

発光領域と金属とが近接することによって生じる消光が抑制されるように、第1の電極102及び第2の電極107から離れた部位に正孔と電子とが再結合する領域を設けた構成であり、且つ、本発明の複合材料を含む層を有するものであれば、上記以外のものでもよい。

【0064】

つまり、層の積層構造については特に限定されず、電子輸送性の高い物質又は正孔輸送性の高い物質、電子注入性の高い物質、正孔注入性の高い物質、バイポーラ性(電子及び正孔の輸送性の高い物質)の物質等から成る層を、本発明の複合材料を含む層と自由に組み合わせ構成すればよい。

第1の電極102上には、酸化珪素膜等からなる層を設けることによってキャリアの再結合部位を制御したものであってもよい。

30

【0065】

図2に示す発光素子は、陰極として機能する第1の電極302の上に電子輸送性の高い物質からなる第1の層303、発光性の高い物質を含む第2の層304、正孔輸送性の高い物質からなる第3の層305、本発明の複合材料を含む層である第4の層306、陽極として機能する第2の電極307とが順に積層された構成となっている。

なお、301は基板である。

【0066】

本実施の形態においては、ガラス、プラスチックなどからなる基板上に発光素子を作製しており、一基板上にこのような発光素子を複数作製することで、パッシブ型の発光装置を作製することができる。

40

また、ガラス、プラスチックなどからなる基板以外に、例えば薄膜トランジスタ(TFT)アレイ基板上に発光素子を作製してもよく、これにより、TFTによって発光素子の駆動を制御するアクティブマトリクス型の発光装置を作製できる。

なお、TFTの構造は、特に限定されることはなく、スタガ型のTFTでもよいし逆スタガ型のTFTでもよい。

また、TFTアレイ基板に形成される駆動用回路についても、N型及びP型のTFTからなるものでもよいし、又はN型もしくはP型のいずれか一方からのみなるものであってもよい。

【0067】

50

本発明の発光素子は、実施の形態 1 で示した複合材料を含む層を有している。

本発明の複合材料を含む層には、ホールが発生しているため、発光層へのホール注入性に優れており、駆動電圧が低減できる。

また、本発明の複合材料を含む層は、導電性に優れているため厚膜化しても素子の駆動電圧の上昇を抑制することができる。

そのため複合材料を含む層を厚膜化して上下の電極間の短絡を抑制することができる。

その結果、製造工程で発生するゴミによる欠陥を抑制し、歩止まりを向上させることができる。

【0068】

さらに、本発明の複合材料を含む層を厚膜化することにより、衝撃等による短絡を防止することができるため、信頼性の高い発光素子を得ることができる。

例えば、通常の発光素子の電極間の膜厚が 100 nm ~ 150 nm であるのに対し、本発明の複合材料を用いた発光素子の電極間の膜厚は、100 ~ 500 nm、好ましくは、200 ~ 500 nm とすることができる。

【0069】

そして、本発明の複合材料を含む層は、可視光領域に吸収ピークを持たないため、可視光の透過率に優れており、そのため、発光領域からの発光を効率よく、外部に取り出すことができ、従来よりも発光効率を高くすることができる。

さらに、本発明の発光素子に用いる複合材料を含む層は、キャリア密度が高いため、電極とオーム接触することが可能である。

つまり、電極との接触抵抗が小さく、そのため仕事関数等を考慮することなく、電極材料を選ぶことができ、結果的に電極材料の選択肢が広がる。

【0070】

また、本発明の複合材料を含む層は真空蒸着で形成することができるため、発光物質を含む層を真空蒸着で形成する場合は、いずれの層も同一の真空装置内で成膜することが可能であり、発光素子を真空一貫で形成できる。

その結果、製造工程におけるゴミの付着を防ぐことができ、歩止まりを向上させることができる。

さらに、本発明の複合材料を含む層は、有機材料と無機材料とを含んでいるため、電極と、発光物質を含む層との間に生じる応力を緩和させることができる。

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0071】

(実施の形態 3)

本実施の形態では、実施の形態 2 に示した構成とは異なる構成を有する発光素子を開示するものであり、それに関し図 3 及び図 4 を用いて説明する。

本実施の形態で示す構成は、陰極として機能する電極に接するように本発明の複合材料を含む層を設けることができる。

図 3 (a) に本発明の発光素子の構造の一例を示す。

第 1 の電極 401 と、第 2 の電極 402 との間に、第 1 の層 411、第 2 の層 412、第 3 の層 413 が積層された構成となっている。

本実施の形態では、第 1 の電極 401 が陽極として機能し、第 2 の電極 402 が陰極として機能する場合について説明する。

【0072】

第 1 の電極 401、第 2 の電極 402 は、実施の形態 2 と同じ構成を適用することができる。

また、第 1 の層 411 は発光性の高い物質を含む層、第 2 の層 412 は電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層、第 3 の層 413 は実施の形態 1 で示した複合材料を含む層である。

その第 2 の層 412 に含まれる電子供与性物質としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属又はそれらの酸化物や塩であることが好ましい。

10

20

30

40

50

具体的には、リチウム、セシウム、カルシウム、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物、炭酸セシウム等が挙げられる。

【0073】

このような構成とすることにより、図3(a)に示した通り電圧を印加することにより第2の層412及び第3の層413の界面近傍にて電子の授受が行われ、電子と正孔が発生し、第2の層412は電子を第1の層411に輸送すると同時に、第3の層413は正孔を第2の電極402に輸送する。

すなわち、第2の層412と第3の層413とを合わせて、キャリア発生層としての役割を果たしている。

【0074】

その第3の層413は正孔を第2の電極402に輸送する機能を担っていると言える。

さらに、その第3の層413は、極めて高い正孔注入性、正孔輸送性を示し、可視光の透過率が高く、厚膜化による発光の外部取り出し効率の低減を抑制できる。

そのため、図3(a)を例にとると、第2の電極402をスパッタリングにより成膜する場合などは、発光性の物質が存在する第1の層411へのダメージを低減することもできる。

【0075】

本実施の形態の発光素子においても、第1の電極401や第2の電極402の材料を変えることで様々なバリエーションを採ることができる。

その模式図を図3(b)、図3(c)及び図4に示す。

なお、図3(b)、図3(c)及び図4では、図3(a)の符号を引用するが、400は、本発明の発光素子を担持する基板である。

【0076】

図3は、基板400側から第1の層411、第2の層412、第3の層413の順で構成されている場合の例である。

この時、第1の電極401を光透過性とし、第2の電極402を遮光性(特に反射性)とすることで、図3(a)のように基板400側から光を射出する構成となる。

また、第1の電極401を遮光性(特に反射性)とし、第2の電極402を光透過性とするので、図3(b)のように基板400の逆側から光を射出する構成となる。

さらに、第1の電極401、第2の電極402の両方を光透過性とするので、図3(c)に示すように、基板400側と基板400の逆側の両方に光を射出する構成も可能となる。

【0077】

図4は、基板400側から第3の層413、第2の層412、第1の層411の順で構成されている場合の例である。

この際第1の電極401を遮光性(特に反射性)とし、第2の電極402を光透過性とするので、図4(a)のように基板400側から光を取り出す構成となる。

また、第1の電極401を光透過性とし、第2の電極402を遮光性(特に反射性)とするので、図4(b)のように基板400と逆側から光を取り出す構成となる。

さらに、第1の電極401、第2の電極402の両方を光透過性とするので、図4(c)に示すように、基板400側と基板400の逆側の両方に光を射出する構成も可能となる。

【0078】

なお、図3に図示するように第1の電極401を形成した後、第1の層411、第2の層412、第3の層413を順次積層し、第2の電極402を形成してもよいし、図4に図示するように第2の電極402を形成した後、第3の層413、第2の層412、第1の層411を順次積層し、第1の電極401を形成してもよい。

また、本実施の形態における発光素子を作製する場合には、湿式法、乾式法を問わず、公知の方法を用いることができる。

さらに、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

10

20

30

40

50

【0079】

(実施の形態4)

本実施の形態では、実施の形態2及び実施の形態3に示した構成とは異なる構成を有する発光素子について、図5及び図6を用いて説明する。

本実施の形態で示す構成は、発光素子の2つの電極に接するように本発明の複合材料を含む層を設けることができる。

図5(a)に本実施例の形態の発光素子の構造の一例を示す。

第1の電極201と、第2の電極202との間に、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214が積層された構成となっている。

【0080】

本実施の形態では、第1の電極201が陽極として機能し、第2の電極202が陰極として機能する場合について説明する。

第1の電極201、第2の電極202は、実施の形態2と同じ構成を適用することができる。

また、第1の層211は実施の形態1で示した本発明の複合材料を含む層であり、第2の層212は発光性の高い物質を含む層である。

【0081】

第3の層213は電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層であり、第4の層214は実施の形態1で示した本発明の複合材料を含む層である。

第3の層213に含まれる電子供与性物質としては、アルカリ金属またはアルカリ土類金属及びそれらの酸化物や塩であることが好ましい。

具体的には、リチウム、セシウム、カルシウム、リチウム酸化物、カルシウム酸化物、バリウム酸化物、炭酸セシウム等が挙げられる。

【0082】

このような構成を採ることにより、図5(a)に示した通り電圧を印加することにより第3の層213及び第4の層214の界面近傍にて電子の授受が行われ、電子と正孔が発生し、第3の層213は電子を第2の層212に輸送すると同時に、第4の層214は正孔を第2の電極202に輸送する。

すなわち、第3の層213と第4の層214とを合わせて、キャリア発生層としての役割を果たしている。

さらに、第4の層214は、正孔を第2の電極202に輸送する機能を担っていると言える。

【0083】

また、第1の層211や第4の層214は、極めて高い正孔注入性及び正孔輸送性を示す。

そのため、本実施の形態の発光素子は、発光機能を担う第2の層の陽極側及び陰極側を非常に厚くすることが可能となり、更に発光素子の短絡を効果的に防止できる。

さらに、図5(a)を例にとると、第2の電極202をスパッタリングにより成膜する場合などは、発光性の物質が存在する第2の層212へのダメージを低減することもできる。

また、第1の層211と第4の層214を同じ材料で構成することにより、発光機能を担う層を挟んで両側に同じ材料で構成された層を設けることができるため、応力歪みを抑制する効果も期待できる。

【0084】

本実施の形態の発光素子においても、第1の電極201や第2の電極202の材料を変えることで、様々なバリエーションが採用できる。

その模式図を図5(b)、図5(c)及び図6に示す。

なお、図5(b)、図5(c)及び図6では、図5(a)の符号を引用するが、200は本発明の発光素子を担持する基板である。

10

20

30

40

50

図5は、基板200側から第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214の順で構成されている場合の例である。

【0085】

その図5において、第1の電極201を光透過性とし、第2の電極202を遮光性（特に反射性）とすることで（a）のように基板200側から光を射出する構成となる。

逆に第1の電極201を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極202を光透過性とするので、（b）のように基板200の逆側から光を射出する構成となる。

さらに、第1の電極201、第2の電極202の両方を光透過性とすることで、（c）に示すように基板200側と基板200の逆側の両方に光を射出する構成も可能となる。

【0086】

図6は、図5とは逆に基板200側から第4の層214、第3の層213、第2の層212、第1の層211の順で構成されている場合の例である。

この図においては、第1の電極201を遮光性（特に反射性）とし、第2の電極202を光透過性とすることで、（a）のように基板200側から光を取り出す構成となる。

それとは逆に、第1の電極201を光透過性とし、第2の電極202を遮光性（特に反射性）とすることで、（b）のように基板200と逆側から光を取り出す構成となる。

さらに、第1の電極201、第2の電極202の両方を光透過性とすることで、（c）に示すように基板200側と基板200の逆側の両方に光を射出する構成も可能となる。

【0087】

また、第1の層211は電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含み、第2の層212は発光性の物質を含み、第3の層213が実施の形態1で示した複合材料を含む層であり、第4の層214が電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む構成にすることも可能である。

さらに、第1の電極201を形成した後、第1の層211、第2の層212、第3の層213、第4の層214を順次積層し、第2の電極202を形成してもよいし、第2の電極202を形成した後、第4の層214、第3の層213、第2の層212、第1の層211を順次積層し、第1の電極を形成してもよい。

なお、本実施の形態における発光素子を作製する場合には、湿式法、乾式法を問わず、公知の方法を用いることができる。

さらに、本実施の形態は他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0088】

（実施の形態5）

本実施の形態では、実施の形態2ないし実施の形態4に示した構成とは異なる構成を有する発光素子について開示する。

本実施の形態は、複数の発光ユニットを積層した構造の発光素子を開示するものであり、その素子において本発明の複合材料を電荷発生層とした場合の構成を示すものである。

すなわち、本実施の形態は、複数の発光ユニットを積層した、いわゆるタンデム型発光素子を開示するもので図7に図示されており、その図では第1の電極と第2の電極との間に2つの発光ユニットが積層されている。

【0089】

その図7において、第1の電極501と第2の電極502との間には、第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512が積層されている。

その第1の発光ユニット511と第2の発光ユニット512の間には、電荷発生層513が形成されている。

その第1の電極501と第2の電極502は、公知の材料を用いることができる。

第1の発光ユニット511及び第2の発光ユニット512は、それぞれ公知の構成を用いることができる。

【0090】

その電荷発生層513には、実施の形態1で示した本発明の複合材料が含まれている。

10

20

30

40

50

本発明の複合材料は、可視光の透過率が高いため、第1の発光ユニットおよび第2の発光ユニットで発光した光の透過率が高く、外部取り出し効率を向上させることが可能である。

なお、その電荷発生層513は、本発明の複合材料と公知の材料とを組み合わせ形成してもよい。

例えば、実施の形態3で示したように、本発明の複合材料からなる層と、電子供与性物質の中から選ばれた一の化合物と電子輸送性の高い化合物とを含む層とを組み合わせ形成してもよい。

また、本発明の材料からなる層と、透明導電膜とを組み合わせ形成してもよい。

【0091】

本実施の形態では、2つの発光ユニットを有する発光素子について説明したが、同様に、3つ以上の発光ユニットを積層した発光素子についても、本発明の材料を適用することは勿論である。

例えば、3つの発光ユニットを積層した発光素子は、第1の発光ユニット、第1の電荷発生層、第2の発光ユニット、第2の電荷発生層、第3の発光ユニットの順に積層されるが、本発明の複合材料は、いずれか一つの電荷発生層のみに含まれていてもよいし、全ての電荷発生層に含まれていてもよい。

なお、本実施の形態は、他の実施の形態と適宜組み合わせることが可能である。

【0092】

(実施の形態6)

本実施の形態では、本発明の発光素子を有する発光装置を開示する。

その実施の形態では、画素部に本発明の発光素子を有する発光装置について図8を用いて示す。

なお、その図8において、(A)は発光装置を示す上面図、(B)は(A)をA-A'及びB-B'で切断した断面図である。

点線で示された601は駆動回路部(ソース側駆動回路)、602は画素部、603は駆動回路部(ゲート側駆動回路)である。

また、604は封止基板、605はシール材であり、シール材605で囲まれた内側は、空間607になっている。

【0093】

なお、引き回し配線608はソース側駆動回路601及びゲート側駆動回路603に入力される信号を伝送するための配線であり、外部入力端子となるFPC(フレキシブルプリントサーキット)609からビデオ信号、クロック信号、スタート信号、リセット信号等を受け取る。

なお、ここではFPCしか図示されていないが、このFPCにはプリント配線基盤(PWB)が取り付けられていてもよい。

また、本明細書における発光装置には、発光装置本体だけでなく、それにFPCもしくはPWBが取り付けられた状態をも含むものとする。

【0094】

次に、断面構造について図8(B)を用いて説明する。

素子基板610上には駆動回路部及び画素部が形成されているが、ここでは、駆動回路部であるソース側駆動回路601と、画素部602中の一つの画素が示されている。

なお、ソース側駆動回路601はnチャネル型TFT623とpチャネル型TFT624とを組み合わせたCMOS回路が形成される。

その駆動回路を形成するTFTは、公知のCMOS回路、PMOS回路もしくはNMOS回路で形成してもよい。

【0095】

さらに、本実施例では、基板上に駆動回路を形成したドライバー一体型を示すが、必ずしもその必要はなく、基板上ではなく外部に形成することもできる。

その画素部602は、スイッチング用TFT611と電流制御用TFT612とそのド

10

20

30

40

50

ラインに電氣的に接続された第1の電極613とを含む複数の画素により形成される。

その第1の電極613の端部を覆って絶縁物614が形成されている。

ここでは、ポジ型の感光性アクリル樹脂膜を用いることにより形成する。

【0096】

その成膜を良好なものとするため、絶縁物614の上端部又は下端部に曲率を有する曲面が形成されるようにする。

例えば、絶縁物614の材料としてポジ型の感光性アクリルを用いた場合、絶縁物614の上端部のみに曲率半径(0.2 μ m~3 μ m)を有する曲面を持たせることが好ましい。

なお、絶縁物614としては、感光性の光によってエッチャントに不溶解性となるネガ型、或いは光によってエッチャントに溶解性となるポジ型のいずれも使用することができる。

【0097】

第1の電極613上には、発光物質を含む層616、及び第2の電極617がそれぞれ形成されている。

ここで、本実施の形態において陽極として機能する第1の電極613に用いる材料としては、仕事関数の大きい材料を用いることが望ましい。

例えば、ITO膜、または珪素を含有したインジウム錫酸化物膜、酸化亜鉛を含む酸化インジウム膜、窒化チタン膜、クロム膜、タングステン膜、Zn膜、Pt膜などの単層膜の他、窒化チタンとアルミニウムを主成分とする膜との積層、窒化チタン膜とアルミニウムを主成分とする膜と窒化チタン膜との3層構造等を用いることができる。

なお、積層構造とすると、配線としての抵抗も低く、良好なオーミックコンタクトがとれる。

【0098】

その発光物質を含む層616は実施の形態1で示した本発明の複合材料を含んでいる。

本発明の複合材料を含む層を有していることにより、発光素子の低駆動電圧化が可能になり、発光装置の消費電力を低減することができる。

さらに、本発明の発光素子は発光効率が高いため、より消費電力を低減することが可能である。

【0099】

また、本発明の複合材料を用いることにより、発光素子の電極間を厚くすることが可能であり、ゴミや衝撃による短絡を防止することができる。

その結果、信頼性の高い発光装置を得ることができ、発光装置の製造歩止まりを向上させることができる。

なお、実施の形態1で示した本発明の複合材料と組み合わせて用いる材料としては、公知の材料を用いることができ、低分子系材料、中分子材料(オリゴマー、 dendrimer を含む)または高分子系材料であってもよい。

【0100】

さらに、発光物質を含む層616上に形成される第2の電極(陰極)617に用いる材料としては、仕事関数の小さい材料(Al、Ag、Li、Ca、又はこれらの合金や化合物であるMgAg、MgIn、AlLi、CaF₂、LiF、窒化カルシウム等)を用いることが好ましい。

なお、発光物質を含む層616で生じた光を第2の電極617を透過させる場合には、第2の電極(陰極)617として、膜厚を薄くした金属薄膜と、透明導電膜(ITO、酸化亜鉛を含む酸化インジウム、珪素を含有したインジウム錫酸化物、酸化亜鉛(ZnO)等)との積層を用いるのがよい。

【0101】

また、この発光素子では、シール材605で封止基板604を素子基板610と貼り合わせることにより、素子基板610、封止基板604、及びシール材605で囲まれた空間607に発光素子618が備えられた構造になっている。

10

20

30

40

50

なお、空間 607 には、不活性気体（窒素やアルゴン等）が充填される場合の他、シール材 605 で充填される構成も含むものとする。

そのシール材 605 にはエポキシ系樹脂を用いるのが好ましい。

これらの材料はできるだけ水分や酸素を透過しない材料であることが望ましい。

【0102】

また、封止基板 604 に用いる材料としてガラス基板や石英基板の他、FRP（Fiberglass-Reinforced Plastics）、PVF（ポリビニルフロライド）、マイラー、ポリエステルまたはアクリル等からなるプラスチック基板を用いることができる。

以上のようにして、本発明の発光素子を有する発光装置を得ることができる。

【0103】

本実施の形態では、前記のとおりトランジスタによって発光素子の駆動を制御するアクティブ型の発光装置について開示したが、この他トランジスタ等の駆動用の素子を特に設けずに発光素子を駆動させるパッシブ型の発光装置とすることもできる。

図 10 には本発明を適用して作製したパッシブ型の発光装置の斜視図を示す。

図 10 において、基板 951 上には、電極 952 と電極 956 との間には発光物質を含む層 955 が設けられている。

その電極 952 の端部は絶縁層 953 で覆われており、その絶縁層 953 上には隔壁層 954 が設けられている。

【0104】

その隔壁層 954 の側壁は、基板面に近くなるに伴って、一方の側壁と他方の側壁との間隔が狭くなっていくような傾斜を有する。

つまり、隔壁層 954 の短辺方向の断面は、台形状であり、底辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接する辺）の方が上辺（絶縁層 953 の面方向と同様の方向を向き、絶縁層 953 と接しない辺）よりも短い。

隔壁層 954 をこのように設けることで、静電気等に起因した発光素子の不良を防ぐことが出来る。

また、パッシブ型の発光装置においても、低駆動電圧で動作する本発明の発光素子を含むことによって、低消費電力で駆動させることができる。

【0105】

（実施の形態 7）

本実施の形態では、実施の形態 6 に示す発光装置をその一部に含む本発明の電気機器について開示する。

本発明の電気機器は、実施の形態 1 に示した複合材料を含み、低消費電力の表示部を有する。

また、ゴミや衝撃等による短絡が抑制された信頼性の高い表示部を有する。

【0106】

本発明の電気機器として、ビデオカメラ、デジタルカメラ、ゴーグル型ディスプレイ、ナビゲーションシステム、音響再生装置（カーオーディオ、オーディオコンポ等）、パーソナルコンピュータ、ゲーム機器、携帯情報端末（モバイルコンピュータ、携帯電話、携帯型ゲーム機、電子書籍等）、記録媒体を備えた画像再生装置（具体的には Digital Versatile Disc（DVD）等の記録媒体を再生し、その画像を表示しうる表示装置を備えた装置）などが挙げられる。

【0107】

これらの電気機器の具体例を図 9 に示す。

図 9（A）はテレビ受像機であり、それは筐体 9101、支持台 9102、表示部 9103、スピーカー部 9104、ビデオ入力端子 9105 等を含む。

本発明の発光装置をその表示部 9103 に用いることにより作製される。

それにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有するテレビ受像機を得ることができる。

なお、前記テレビ受像機には、コンピュータ用、TV 放送受信用、広告表示用などの全

10

20

30

40

50

ての情報表示用装置が含まれる。

【0108】

図9(B)はコンピュータであり、それは本体9201、筐体9202、表示部9203、キーボード9204、外部接続ポート9205、ポインティングマウス9206等を含む。

本発明の発光装置をその表示部9203に用いることにより作製される。

それにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有するコンピュータを得ることができる。

【0109】

図9(C)はゴーグル型ディスプレイであり、それは本体9301、表示部9302、アーム部9303を含む。

本発明の発光装置をその表示部9302に用いることにより作製される。

それにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有するゴーグル型ディスプレイを得ることができる。

【0110】

図9(D)は携帯電話であり、それは本体9401、筐体9402、表示部9403、音声入力部9404、音声出力部9405、操作キー9406、外部接続ポート9407、アンテナ9408等を含む。

本発明の発光装置をその表示部9403に用いることにより作製される。

それにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有する携帯電話を得ることができる。

なお、表示部9403は黒色の背景に白色の文字を表示することで携帯電話の消費電力を抑えることができる。

【0111】

図9(E)はカメラであり、それは本体9501、表示部9502、筐体9503、外部接続ポート9504、リモコン受信部9505、受像部9506、バッテリー9507、音声入力部9508、操作キー9509、接眼部9510等を含む。

本発明の発光装置をその表示部9502に用いることにより作製される。

それにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有するカメラを得ることができる。

【0112】

前記のとおりであり、本発明の発光装置の適用範囲は極めて広く、この発光装置をあらゆる分野の電気機器に適用することが可能である。

そして、本発明の発光装置を用いることにより、信頼性が高く、低消費電力の表示部を有する電気機器を提供することが可能となる。

【実施例1】

【0113】

以下に、本発明の複合材料の作製例を実施例1として示すが、本発明はその実施例によって何ら限定されるものではなく、特許請求の範囲の記載によって特定されるものであることはいうまでもない。

また、本実施例に続いて実施例2を示すがそれについても実施例1と同様である。

本実施例1では、前記したとおり複合材料の作製例を具体的に示す。

【0114】

作製例1 (DTDP PA + MoO_x)

まず、ガラス基板を真空蒸着装置内の基板ホルダーに固定する。

そして、構造式(14)で表されるDTDP PA (N, N'-ジ(p-トリル)-N, N'-ジフェニル-p-フェニレンジアミン)と酸化モリブデン(モリブデンの価数: VI)とをそれぞれ別の抵抗加熱式の蒸発源に入れ、10-4 Pa程度の真空に引いた状態で、共蒸着法によりDTDP PAと酸化モリブデンとを複合した本発明の複合材料を成膜した。

この際DTDP PAは0.4 nm/sの成膜レートで蒸発させ、酸化モリブデンはDT

10

20

30

40

50

D P P A に対して 1 / 4 の量 (重量比) を蒸発させた。

なお、膜厚は 5 0 n m とした。

【 0 1 1 5 】

このようにして成膜した D T D P P A - 酸化モリブデン複合材料に関し、吸収スペクトルを測定した結果を図 1 1 (a) に示す。

その図 1 1 (a) に示す通り、可視光領域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) には顕著な吸収は見られなかった。

なお、9 0 0 n m 付近には、D T D P P A、酸化モリブデンそれぞれの単膜では見られなかった吸収が発生しており、ホールの発生を示唆している。

【 0 1 1 6 】

作製例 2 (D P A B + M o O x)

作製例 1 における D T D P P A に換えて構造式 (9 3) で表される D P A B (4 , 4 ' - ビス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ビフェニル) を用いた以外は作製例 1 と同様の手法にて D P A B - 酸化モリブデン複合材料を作製した。

その吸収スペクトルを測定した結果を図 1 1 (b) に示す。

その図に示す通り、可視光領域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) には顕著な吸収は見られなかった。

なお、9 0 0 n m 付近には、D P A B、酸化モリブデンそれぞれの単膜では見られなかった吸収が発生しており、ホールの発生を示唆している。

【 0 1 1 7 】

作製例 3 (D N T P D + M o O x)

作製例 1 における D T D P P A に換えて構造式 (9 6) で表される D N T P D (4 , 4 ' - ビス (N - { 4 - [N - (3 - メチルフェニル) - N - フェニルアミノ] フェニル } - N - フェニルアミノ) ビフェニル) を用いた以外は作製例 1 と同様の手法にて D N T P D - 酸化モリブデン複合材料を作製した。

その吸収スペクトルを測定した結果を図 1 1 (c) に示す。

その図に示す通り、可視光領域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) には顕著な吸収は見られなかった。

なお、9 0 0 n m 付近には、D N T P D、酸化モリブデンそれぞれの単膜では見られなかった吸収が発生しており、ホールの発生を示唆している。

【 0 1 1 8 】

作製例 4 (D P A 3 B + M o O x)

作製例 1 における D T D P P A に換えて構造式 (1 0 1) で表される D P A 3 B (1 , 3 , 5 - トリス [N - (4 - ジフェニルアミノフェニル) - N - フェニルアミノ] ベンゼン) を用いた以外は作製例 1 と同様の手法にて D P A 3 B - 酸化モリブデン複合材料を作製した。

その吸収スペクトルを測定した結果を図 1 1 (d) に示す。

その図に示す通り、可視光領域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) には顕著な吸収は見られなかった。

なお、9 0 0 n m 付近には、D P A 3 B、酸化モリブデンそれぞれの単膜では見られなかった吸収が発生しており、ホールの発生を示唆している。

【 0 1 1 9 】

比較例 (N P B + M o O x)

作製例 1 における D T D P P A に換えて N P B を用いた以外は作製例 1 と同様の手法にて N P B - 酸化モリブデン複合材料を作製した。

その吸収スペクトルを測定した結果を図 1 2 に示す。

その図に示す通り、可視光領域 (4 0 0 n m ~ 7 0 0 n m) である 5 0 0 n m 付近に顕著な吸収が現れていることがわかった。

なお、1 4 0 0 n m 付近には、N P B、酸化モリブデンそれぞれの単膜では見られなかった吸収が発生しており、ホールの発生を示唆している。

10

20

30

40

50

【0120】

次に、上述した作製例1～4と比較例とを比較するため、図11及び図12の縦軸を吸光度から透過率に換算し、同一のグラフ上で比較した図を図13に示す。

なお、図13では、横軸の波長を可視光領域(400nm～700nm)に限定した。

その図13に示す通り、作製例1～4の可視光領域における透過率は90%程度か、あるいはそれ以上を示しているのに対し、比較例の透過率は、500nm近辺で70%台にまで低下していることがわかる。

以上のことから、本発明の複合材料は、従来の複合材料に比べて透光性に優れていることがわかる。

【0121】

また、作製例1、作製例2、作製例3の青(450nm)～赤(650nm)における1μm当たりの吸光度を図26に示す。図26からわかるように、本発明の複合材料の1μm当たりの吸光度はいずれも場合も2μm⁻¹以下であり、青(450nm)～赤(650nm)において吸光度が小さい。よって、本発明の複合材料は青(450nm)、緑(520nm)、赤(650nm)にわたり、高い透光性を有しており、フルカラーディスプレイに好適である。

【実施例2】

【0122】

本実施例2では、本発明の複合材料を用いた発光素子を具体的に示す。

また、比較例を交えて本発明の効果について説明する。

本発明の発光素子

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極を形成した。

なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0123】

次に、第1の電極が形成された面が下方となるように、第1の電極が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定した。

その後真空装置内を排気し、10⁻⁴Pa程度まで減圧した後、第1の電極上に、DNTPDと酸化モリブデン(モリブデンの価数：VI)とルブレンとを共蒸着することにより、本発明の複合材料からなる層を形成した。

その膜厚は120nmとし、DNTPDと酸化モリブデン(モリブデンの価数：VI)とルブレンの比率は、質量比で1：0.5：0.02となるように調節した。

なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。

【0124】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

さらに、Alq₃とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に37.5nmの膜厚の発光層を形成した。

ここで、Alq₃とクマリン6との質量比は、1：0.05(=Alq₃：クマリン6)となるように調節した。

これによって、クマリン6はAlq₃から成る層中に分散した状態となる。

【0125】

その後抵抗加熱による蒸着法を用いて、発光層上にAlq₃を37.5nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化カルシウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

最後に、抵抗加熱による蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成することで、本発明の発光素子を作製した。

10

20

30

40

50

【0126】

比較素子 1

上述した本発明の発光素子における複合材料からなる層を、下記の通り従来の複合材料からなる層とした以外は全て、本発明の発光素子と同様にして作製した。

本比較素子 1 においては、第 1 の電極上に、NPB と酸化モリブデン（モリブデンの価数：VI）とルブレンとを共蒸着することにより、従来の複合材料からなる層を形成した。

その膜厚は 120 nm とし、NPB と酸化モリブデン（モリブデンの価数：VI）とルブレンの比率は、質量比で 1 : 0.33 : 0.01 となるように調節した。

【0127】

比較素子 2

本比較素子 2 においては、複合材料を用いない比較用の発光素子を作製した。

その比較素子 2 の構成は、本発明の発光素子における複合材料からなる層に換えて、CuPc を 20 nm 成膜し、次いで正孔輸送層として NPB を 40 nm 成膜した以外は全て、本発明の発光素子と同様にして作製した。

以上のようにして作製した各発光素子に関し、動作特性について調べた。

なお、測定は室温（25℃）になるように保った状態でおこなった。なお、いずれの素子においても、クマリン 6 に由来する緑色の発光が得られた。

【0128】

まず、各発光素子の電圧 - 電流特性を図 14 に示す。

その図の通り、複合材料を用いた本発明の発光素子及び比較素子 1 は、複合材料を用いず CuPc を用いた比較素子 2 に比べ、電流が流れやすかった。

このことは、本発明の複合材料が、従来の複合材料と同様、キャリア輸送性及び有機化合物へのキャリア注入性に優れていることを示唆している。

【0129】

次に、輝度 - 電流効率特性を調べることにより、発光効率について比較した。

その結果を図 15 に示す。

本発明の発光素子と比較素子 1 は、先に述べた通り電流の流れやすさは同じであるが、その電流に対する出力（輝度）を表す電流効率（発光効率）に関しては、本発明の発光素子の方が大きく上回っていることがわかる。

本実験に用いた本発明の発光素子は緑色発光を示すが、従来の複合材料の場合、実施例 1 で述べた通り 500 nm 付近（青色～緑色領域）の透過率が悪いいため、比較素子 1 の発光効率低下に繋がったものと考えられる。

【0130】

それに対して、本発明の複合材料は透光性に優れているため良好な発光効率を示した。

本発明の複合材料の発光特性を更に調査すべく、電圧 - 輝度特性を測定し、それについて図 16 に示す。

それらのことを踏まえると、本発明の複合材料はキャリア輸送性及び有機化合物へのキャリア注入性に優れ、かつ透明性にも優れている。

さらに、図 16 に示す通り本発明の発光素子が最も駆動電圧が低い結果が得られる。

【実施例 3】

【0131】

本実施例では、本発明の複合材料に含まれる無機化合物の濃度を变化させた場合について説明する。

【0132】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第 1 の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は 110 nm とし、電極面積は 2 mm 角とした。

【0133】

次に、第 1 の電極上に、DNTPD と酸化モリブデンとを共蒸着することにより、本発

10

20

30

40

50

明の複合材料を含む層を形成した。

【0134】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0135】

さらに、Alq₃とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6との重量比は、1:0.01 (= Alq₃:クマリン6)となるように調節した。

【0136】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0137】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0138】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、本発明の発光素子を作製した。

【0139】

なお、本実施例では、複合材料を含む層に含まれるDNTPDと酸化モリブデンとの比率が、体積比で酸化モリブデンが4vol%、7vol%、10vol%、13vol%、16vol%となるように複合材料を含む層を形成した。膜厚は、それぞれの濃度に対して、60nm、90nm、120nm、150nmとなるように形成した。つまり、計20種類の発光素子を形成した。

【0140】

本実施例で作製した発光素子の電流-電圧特性を、図17~図20に示す。図17は酸化モリブデンの濃度が7vol%の場合の電流-電圧特性を示し、図18は酸化モリブデンの濃度が10vol%の場合の電流-電圧特性を示し、図19は酸化モリブデンの濃度が13vol%の場合の電流-電圧特性を示し、図20は酸化モリブデンの濃度が16vol%の場合の電流-電圧特性を示す。

【0141】

酸化モリブデンの濃度が7vol%では膜厚の増大とともに電流-電圧特性は高電圧側にシフトしている。同様に酸化モリブデンの濃度が10vol%でも高電圧側へのシフトが観察される。しかし酸化モリブデンの濃度が13vol%以上ではこのような電圧シフトは観測されない。よって、酸化モリブデンの濃度が13vol%以上では、駆動電圧の増大を伴うことなく、自由に複合材料を含む層の膜厚を設定することができる。

【0142】

本実施例で作製した発光素子において、複合材料を含む層に含まれる無機化合物の濃度の影響について検討した。その結果を図21および図22に示す。図21は電流効率の酸化モリブデン濃度依存性、図22は電力効率の酸化モリブデン濃度依存性を示す。図21および図22から、本発明の発光素子において、複合材料を含む層に含まれる酸化モリブデンの濃度が増大しても、電流効率および電力効率はほぼ変化しないことがわかる。つまり、電流効率および電力効率は、複合材料に含まれる無機化合物の濃度の変化に依存しないことがわかる。

【実施例4】

【0143】

本実施例では、本発明の複合材料を含む層の膜厚を変化させ、発光素子の電流効率、電力効率の比較を行った。

【0144】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成

10

20

30

40

50

膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0145】

次に、第1の電極上に、DNTPDと酸化モリブデンとを共蒸着することにより、本発明の複合材料を含む層を形成した。

【0146】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0147】

さらに、Alq₃とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6との重量比は、1:0.01(=Alq₃:クマリン6)となるように調節した。

10

【0148】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0149】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0150】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、本発明の発光素子を作製した。

20

【0151】

なお、本実施例では、複合材料を含む層に含まれるDNTPDと酸化モリブデンとの比率が、体積比で酸化モリブデンが10vol%、13vol%、16vol%となるように複合材料を含む層を形成した。膜厚は、それぞれの濃度に対して、60nm、90nm、120nm、150nm、180nm、210nm、240nmとなるように形成した。つまり、計21種類の発光素子を形成した。

【0152】

実施例で作製した発光素子の、電流効率の膜厚依存性を図23に、電力効率の膜厚依存性を図24に示す。いずれも10mA/cm²通電時の測定結果である。

30

【0153】

図23に示すように、膜厚の変化に応じて周期的に電流効率が変化している。図24においても、膜厚の変化に応じて周期的に電力効率は変化している。この現象はいずれの酸化モリブデンの濃度でも観察されており、複合材料に含まれる無機化合物の濃度には依存しない。よって、電流効率の変化は光学干渉効果に起因すると考えられる。また、150nmの膜厚が最も高い効率を与えるものと考えられる。また、同様な傾向が電力効率に対しても観測されており、150nmの膜厚が最も高い効率を与えるものと考えられる。

【0154】

また、光学計算と実測値との相関を図25に示す。計算結果と実測値はほぼ同様の結果を与えていることが分かる。

40

【0155】

(比較例1)

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0156】

次に、第1の電極上に、NPBと酸化モリブデンとを共蒸着し、NPBと酸化モリブデンを含む層を形成した。NPBと酸化モリブデンとの比率が、体積比で酸化モリブデンが10vol%となるように形成した。膜厚は、120nmとしたものを比較素子3、15

50

0 nmとしたものを比較素子4とした。

【0157】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10 nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0158】

さらに、Alq₃とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40 nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6との重量比は、1:0.01 (= Alq₃:クマリン6)となるように調節した。

【0159】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30 nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0160】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1 nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0161】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200 nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較素子3および比較素子4を作製した。

【0162】

複合材料を含む層に含まれる酸化モリブデンの濃度が13 vol%、複合材料を含む層の膜厚150 nmである本実施例の発光素子と、比較素子3、比較素子4の電流効率および電力効率を表1に示す。いずれも10 mA/cm²通電時の測定結果である。

【0163】

【表1】

	有機化合物	複合材料を含む層の膜厚	複合材料に含まれる無機化合物の濃度(体積比)	電流効率 (cd/A)	電力効率 (lm/W)
比較素子3	NPB	120nm	10vol%	11.0	6.4
比較素子4	NPB	150nm	10vol%	12.3	7.1
本発明の発光素子	DNTPD	150nm	13vol%	14.0	7.5

【0164】

表1に示すように、本発明の複合材料を含む層を用いることで電流効率および電力効率が向上していることがわかる。また、膜厚を150 nmとした場合を比べても電流効率および電力効率が向上している。よって、本発明の複合材料を用いることより効率の高い発光素子を得ることができる。

【実施例5】

【0165】

本実施例では、本発明の複合材料を含む層の電子状態について測定を行った。

【0166】

石英基板上に、共蒸着法により、200 nmの膜厚となるよう、DNTPDと酸化モリブデンとを含む層を形成した。この時、DNTPDと酸化モリブデンの比率が重量比で1:0.5となるように共蒸着した。このDNTPDと酸化モリブデンとを含む層のESR (Electron Spin Resonance: 電子スピン共鳴) 測定を行った。

ESR測定とは、不対電子を有する試料に強い磁場をかけて、不対電子のエネルギー準位がゼーマン分裂を起こし、その準位間のエネルギー差であるマイクロ波の共鳴吸収遷移を利用した測定方法である。このESR測定では、吸収が起きるときの周波数、および磁場の強さを測定することで、不対電子の有無、スピン状態がわかる。さらに、吸収強度から、電子スピンの濃度を求めることもできる。今回の測定は、電子スピン共鳴分析装置、JES-TE200 (日本電子製) を使用し、共振周波数9.3 GHz、変調周波数10

10

20

30

40

50

0 k H z、変調幅 0 . 6 3 m T、増幅度 5 0、時定数 0 . 1 s e c、マイクロ波入力 1 m W 掃引時間 4 m i n、測定温度は室温、の条件で行った。なお、磁場校正用試料として、酸化マグネシウムに担持されたマンガンを用いた。その E S R 測定結果を図 2 7 に示す。また、比較例として、D N T P D 単膜（膜厚 2 0 0 n m）、酸化モリブデン単膜（膜厚 2 0 0 n m）についても E S R 測定を行った。D N T P D 単膜の E S R 測定結果を図 2 8 に、酸化モリブデン単膜の E S R 測定結果を図 2 9 に示す。

【 0 1 6 7 】

図 2 7 ~ 図 2 9 より、D N T P D 単膜および酸化モリブデン単膜では E S R シグナルが検出されなかったが、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層では E S R シグナルが検出された。このことから、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層は、不対電子を有することがわかった。つまり、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層は、D N T P D 単膜および酸化モリブデン単膜とは異なる電子状態にあるということがわかった。なお、図 2 7 より、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層の g 値は 2 . 0 0 2 5 と求まり、自由電子の g 値である 2 . 0 0 2 3 と非常に近い値であることがわかった。一方、線幅は 0 . 7 7 m T と非常に狭いことがわかった。

10

【 実施例 6 】

【 0 1 6 8 】

本実施例では、本発明の複合材料を含む層の結合状態について測定を行った。

【 0 1 6 9 】

ガラス基板上にアルミニウムを 2 0 0 n m の膜厚で成膜し、その上に共蒸着法により、1 0 0 n m の膜厚となるよう、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層を形成し、サンプルを作製した。このとき、D N T P D と酸化モリブデンの比率が重量比で 1 (D N T P D) : 0 . 5 (酸化モリブデン) となるように共蒸着した。この D N T P D と酸化モリブデンとを含む層の赤外分光法 (I R 法) による測定を行った。測定は、フーリエ変換型赤外吸収分光光度計 (T h e r m o N i c o l e t 社製、型番 : N E X U S 6 7 0 F T - I R) を用い、室温にて、P 偏光入射、反射吸収分光法で行った。その I R 測定結果を図 3 0 に示す。また、比較例として、酸化モリブデン単膜 (膜厚 5 0 n m)、D N T P D 単膜 (膜厚 5 0 n m) についても I R 測定を行った。酸化モリブデン単膜の I R 測定結果を図 3 1 に、D N T P D 単膜の I R 測定結果を図 3 2 に示す。

20

【 0 1 7 0 】

図 3 0 ~ 図 3 2 より、D N T P D と酸化モリブデンとを含む層の I R スペクトルは、ほぼ酸化モリブデン単膜のスペクトルおよび D N T P D 単膜のスペクトルの重ねあわせとなっている。このことから、新たな共有結合の形成や切断などは起こっていないと考えられる。

30

【 実施例 7 】

【 0 1 7 1 】

本発明の発光素子の作製方法、並びにその発光素子の特性について説明する。本実施例では、第 1 の電極を形成する材料がそれぞれ異なる発光素子、発光素子 (1 1)、発光素子 (1 2)、発光素子 (1 3)、発光素子 (1 4)、発光素子 (1 5)、発光素子 (1 6)、発光素子 (1 7)、発光素子 (1 8)、発光素子 (1 9)、発光素子 (2 0)、を作製した。

40

【 0 1 7 2 】

ガラス基板上に、数 % の珪素を含むアルミニウム (A l - S i) を成膜して発光素子 (1 1) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、数 % のチタンを含むアルミニウム (A l - T i) を成膜して発光素子 (1 2) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、チタン (T i) を成膜して発光素子 (1 3) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、窒化チタン (T i N) を成膜して発光素子 (1 4) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、タンタル (T a) を成膜して発光素子 (1 5) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、窒化タンタル (T a N) を成膜して発光素子 (1 6) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、タングステン (W) を成膜して発光

50

素子(17)の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、クロム(Cr)を成膜して発光素子(18)の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、モリブデン(Mo)を成膜して発光素子(19)の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物(ITSO)を成膜して発光素子(20)の第1の電極を形成した。

【0173】

その後、基板を洗浄し、乾燥させた後に、蒸着機に基板をセットし、 1×10^{-4} 以下の真空度となるまで排気を行った。そして、真空雰囲気中で150、30分間、第1の電極が形成されたガラス基板をそれぞれベーク処理した。

【0174】

次に、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを共蒸着し、第1の電極の上に、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとの重量比は、1(DNTPD):0.15(酸化モリブデン):0.04(ルブレン)となるようにした。また、膜厚は60nmとなるようにした。

【0175】

次に、NPBを蒸着し、本発明の複合材料を含む層の上に正孔輸送層を形成した。膜厚は10nmとなるようにした。

【0176】

次に、Alq₃とクマリン6とを共蒸着し、正孔輸送層の上に発光層を形成した。なお、Alq₃とクマリン6の重量比は、1:0.005となるようにした。また、膜厚は40nmとなるようにした。

【0177】

次に、Alq₃を蒸着し、発光層の上に電子輸送層を形成した。膜厚は20nmとなるようにした。

【0178】

次に、リチウム(Li)と4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル)スチルベン(略称:BSOS)とを共蒸着し、電子輸送層の上に電子注入層を形成した。LiとBSOSの重量比は、0.02(Li):1(BSOS)となるようにした。また、膜厚は20nmとなるようにした。

【0179】

次に、インジウム錫酸化物を成膜し、電子注入層の上に第2の電極を形成した。膜厚は60nmとなるようにした。

【0180】

以上のようにして作製したそれぞれの発光素子に、第2の電極の電位よりも第1の電極の電位が高くなるように電圧を印加して駆動させ、発光開始電圧について調べた。なお、発光開始電圧とは、 1 cd/m^2 以上の発光が確認された電圧とする。その結果を、図33に示す。図33において、横軸は第1の電極を形成している材料を表し、縦軸は発光開始電圧(V)を表す。

【実施例8】

【0181】

本発明の発光素子の作製方法、並びにその発光素子の特性について説明する。本実施例では、第1の電極を形成する材料がそれぞれ異なる発光素子、発光素子(21)、発光素子(22)、発光素子(23)、発光素子(24)、発光素子(25)、発光素子(26)、発光素子(27)、発光素子(28)、発光素子(29)、発光素子(30)、を作製した。

【0182】

ガラス基板の上に、数%の珪素を含むアルミニウム(Al-Si)を成膜して発光素子(21)の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、数%のチタンを含むアルミニウム(Al-Ti)を成膜して発光素子(22)の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、チタン(Ti)を成膜して発光素子(23)の第1の電極を形成した。また、ガ

10

20

30

40

50

ラス基板の上に、窒化チタン (TiN) を成膜して発光素子 (24) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、タンタル (Ta) を成膜して発光素子 (25) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、窒化タンタル (Ta₂N₅) を成膜して発光素子 (26) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、タングステン (W) を成膜して発光素子 (27) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、クロム (Cr) を成膜して発光素子 (28) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、モリブデン (Mo) を成膜して発光素子 (29) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) を成膜して発光素子 (30) の第 1 の電極を形成した。

【0183】

その後、基板を洗浄し、乾燥させた後に、蒸着機に基板をセットし、 1×10^{-4} 以下の真空度となるまで排気を行った。そして、真空雰囲気中で150、30分間、第1の電極が形成されたガラス基板をそれぞれベーク処理した。

【0184】

次に、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを共蒸着し、第1の電極の上に、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとの重量比は、1 (DNTPD) : 0.15 (酸化モリブデン) : 0.04 (ルブレン) となるようにした。また、膜厚は80nmとなるようにした。

【0185】

次に、NPBを蒸着し、本発明の複合材料を含む層の上に正孔輸送層を形成した。膜厚は10nmとなるようにした。

【0186】

次に、Alq₃とクマリン6とを共蒸着し、正孔輸送層の上に発光層を形成した。なお、Alq₃とクマリン6の重量比は、1 : 0.005となるようにした。また、膜厚は40nmとなるようにした。

【0187】

次に、Alq₃を蒸着し、発光層の上に電子輸送層を形成した。膜厚は20nmとなるようにした。

【0188】

次に、リチウム (Li) と 4,4'-ビス (5-メチルベンズオキサゾル-2-イル) スチルベン (略称: BzOS) とを共蒸着し、電子輸送層の上に電子注入層を形成した。LiとBzOSの重量比は、0.02 (Li) : 1 (BzOS) となるようにした。また、膜厚は20nmとなるようにした。

【0189】

次に、インジウム錫酸化物を成膜し、電子注入層の上に第2の電極を形成した。膜厚は60nmとなるようにした。

【0190】

以上のようにして作製したそれぞれの発光素子に、第2の電極の電位よりも第1の電極の電位が高くなるように電圧を印加して駆動させ、発光開始電圧について調べた。その結果を、図33に示す。図33において、横軸は第1の電極 (陽極) を形成している材料を表し、縦軸は発光開始電圧 (V) を表す。

【0191】

(比較例2)

実施例7および実施例8に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子、発光素子 (31)、発光素子 (32)、発光素子 (33)、発光素子 (34)、発光素子 (35)、発光素子 (36)、発光素子 (37)、発光素子 (38)、発光素子 (39)、発光素子 (40) について説明する。

【0192】

ガラス基板の上に、数%の珪素を含むアルミニウム (Al-Si) を成膜して発光素子 (31) の第1の電極を形成した。また、ガラス基板の上に、数%のチタンを含むアルミニウ

10

20

30

40

50

ム (Al - Ti) を成膜して発光素子 (32) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、チタン (Ti) を成膜して発光素子 (33) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、窒化チタン (TiN) を成膜して発光素子 (34) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、タンタル (Ta) を成膜して発光素子 (35) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、窒化タンタル (Ta₂N₅) を成膜して発光素子 (36) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、タングステン (W) を成膜して発光素子 (37) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、クロム (Cr) を成膜して発光素子 (38) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、モリブデン (Mo) を成膜して発光素子 (39) の第 1 の電極を形成した。また、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物 (ITO) を成膜して発光素子 (40) の第 1 の電極を形成した。

10

【0193】

その後、基板を洗浄し、乾燥させた後に、蒸着機に基板をセットし、 1×10^{-4} 以下の真空度となるまで排気を行った。そして、真空雰囲気中で150、30分間、第1の電極が形成されたガラス基板をそれぞれベーク処理した。

【0194】

次に、銅フタロシアニン (略称: CuPc) を蒸着し、第1の電極の上に、正孔注入層を形成した。膜厚は20nmとなるようにした。

【0195】

次に、NPBを蒸着し、正孔注入層の上に正孔輸送層を形成した。膜厚は40nmとなるようにした。

20

【0196】

次に、Alq₃とクマリン6とを共蒸着し、正孔輸送層の上に発光層を形成した。なお、Alq₃とクマリン6の重量比は、1:0.005となるようにした。また、膜厚は40nmとなるようにした。

【0197】

次に、Alq₃を蒸着し、発光層の上に電子輸送層を形成した。膜厚は20nmとなるようにした。

【0198】

次に、リチウム (Li) と 4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル) スチルベン (略称: BzOS) とを共蒸着し、電子輸送層の上に電子注入層を形成した。LiとBzOSの重量比は、0.02(Li):1(BzOS)となるようにした。また、膜厚は20nmとなるようにした。

30

【0199】

次に、インジウム錫酸化物を成膜し、電子注入層の上に第2の電極を形成した。膜厚は60nmとなるようにした。

【0200】

以上のようにして作製したそれぞれの発光素子に、第2の電極の電位よりも第1の電極の電位が高くなるように電圧を印加して駆動させ、発光開始電圧について調べた。その結果を、図33に示す。図33において、横軸は第1の電極を形成している材料を表し、縦軸は発光開始電圧(V)を表す。

40

【0201】

図33より、第1の電極と接する層として銅フタロシアニンを用いて形成した比較例2の発光素子(31)~(40)では、発光素子に依って、つまり第1の電極を形成する材料に依存して発光が開始する電圧が大きく異なることが分かる。一方、本発明を適用した発光素子(11)~(30)では、発光が開始する電圧は、第1の電極を形成する材料が異なっても殆ど変わらないことが分かる。このように、本発明の発光素子は、電極を形成する材料の種類等からの影響を受けにくい素子であることが分かる。従って、電極を発光した光の反射面として利用するような発光素子を作製する際、本発明を適用することによって、反射率のより良い材料の電極を選択することが可能となる。

50

【0202】

また、図34に第1の電極（陽極）の仕事関数と発光開始電圧の相関を示す。通常発光素子では、仕事関数の小さい金属は陽極としては機能せず、具体的には4.6乃至4.7 eV以上の仕事関数が要求される。これに対して本発明を適用した発光素子では、発光開始電圧は仕事関数に依存していない。よって、本発明を適用することにより、仕事関数に依存せず電極材料を選択することができる。よって、仕事関数が低く、反射率の高い材料を陽極として用いることも可能となる。

【0203】

また、図42に電流効率と反射電極（陽極）との相関を示す。基板と反対側から発光を取り出す発光素子において、反射電極として機能する第1の電極として、反射率の高い電極を用いることにより、高い効率を得ることができる。本発明の複合材料を含む層を用いた発光素子では、反射率の非常に高いAl-Tiを第1の電極に用いた発光素子において、最も高い電流効率を実現されている。これに対し、第1の電極と接する層として銅フタロシアニンを用いて形成した比較例の発光素子では、Al-Tiを第1の電極として用いた場合、電流効率は、1%にも満たない。

10

【0204】

よって、本発明の複合材料を用いることにより、電極のキャリア注入性を考慮することなく、電極材料を選択することができる。よって、電極のキャリア注入性を考慮することなく、反射率の高い材料を第1の電極として用いることも可能となる。

【実施例9】

20

【0205】

本実施例では、反射率の高いアルミニウムを電極として用い、電極と接する層として本発明の複合材料を含む層を用いた場合について説明する。

【0206】

まず、ガラス基板の上に、アルミニウム（Al）をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極を形成した。なお、電極サイズは2mm×2mmとした。

【0207】

次に、第1の電極が形成された面が下方となるように、第1の電極が形成された基板を真空蒸着装置内に設けられた基板ホルダーに固定した。

【0208】

30

その後第1の電極上に、DNTPDと酸化モリブデン（モリブデンの価数：VI）とを共蒸着することにより、本発明の複合材料からなる層を形成した。膜厚は200nmとした。なお、共蒸着法とは、一つの処理室内で複数の蒸発源から同時に蒸着を行う蒸着法である。DNTPDと酸化モリブデン（モリブデンの価数：VI）との比率は、重量比で1（DNTPD）：0.5（酸化モリブデン）となるように調節した。なお、第1の電極を減圧下で形成した後に大気暴露せずに本発明の複合材料を含む層を形成した。

【0209】

本発明の複合材料を含む層上に、抵抗加熱による蒸着法を用いアルミニウム（Al）を成膜することにより、第2の電極を形成することで、本発明の素子41を作製した。

【0210】

40

また、第1の電極としてアルミニウムを成膜した後、大気暴露し、UVオゾン処理を30分間行い、その後DNTPDと酸化モリブデン（モリブデンの価数：VI）とを共蒸着した素子42を作製した。素子42は第1の電極形成後に大気暴露し、さらにUVオゾン処理を30分間行った以外は素子41と同様に作製した。

【0211】

また、第1の電極として酸化珪素を含むインジウム錫酸化物（ITO）を用いた素子を作製し、素子43とした。素子43は第1の電極材料をITOにした以外は、素子41と同様に作製した。

【0212】

電流 電圧特性の測定は、第1の電極を陽極、第2の電極を陰極としたときを順方向と

50

して、二端子法により行った。

【0213】

素子(31)～素子(33)の室温(25)における電流-電圧特性の結果を図35に示す。図35からわかるように、第1の電極としてアルミニウムを用いた場合(素子41)でも、大気暴露せずに本発明の複合材料を含む層を連続して形成することにより、良好な電流-電圧特性を示すことがわかる。なお、第1の電極としてアルミニウムを用い大気暴露した素子42は、電流-電圧特性が高電圧側にシフトしている。また、通常陽極として用いられるITOを第1の電極として使用した素子43も、素子41に比べ、電流-電圧特性が高電圧側シフトしている。

【0214】

通常陽極として用いられるITOに比べアルミニウムは仕事関数が低く、アルミニウムを陽極として用いると良好な特性が得られなかった。しかし、本発明の複合材料を含む層を用いることにより、仕事関数に依存することなく、電極材料を選ぶことができる。

【0215】

また、アルミニウムは、反射率が高い。よって、反射率の高いアルミニウム系材料を陽極として使用することも可能となり、発光の外部取り出し効率を向上させることが可能となる。

【実施例10】

【0216】

本実施例では、本発明の複合材料を用いた発光素子について説明する。

【0217】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0218】

次に、DNTPDと酸化モリブデンとを共蒸着し、第1の電極の上に、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、酸化モリブデンの体積比が13vol%となるように本発明の複合材料を含む層を形成した。また、膜厚は150nmとなるようにした。

【0219】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0220】

さらに、Alq₃とN,N'-ジフェニルキナクリドン(略称:DPQd)とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とDPQdとの重量比は、1:0.005(=Alq₃:DPQd)となるように調節した。

【0221】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0222】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0223】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、本発明の発光素子51を作製した。

【0224】

(比較例3)

実施例10に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子を作製した。

【0225】

10

20

30

40

50

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0226】

次に、第1の電極上に、蒸着法により、DNTPDを50nmの膜厚となるように成膜した。

【0227】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0228】

さらに、Alq₃とN,N'-ジフェニルキナクリドン(略称:DPQd)とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とDPQdとの重量比は、1:0.005(=Alq₃:DPQd)となるように調節した。

【0229】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0230】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0231】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子52を作製した。

【0232】

(比較例4)

実施例10に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子を作製した。

【0233】

まず、ガラス基板の上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0234】

次に、第1の電極上に、蒸着法により、銅フタロシアニン(CuPc)を20nmの膜厚となるように成膜した。

【0235】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを40nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0236】

さらに、Alq₃とN,N'-ジフェニルキナクリドン(略称:DPQd)とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とDPQdとの重量比は、1:0.005(=Alq₃:DPQd)となるように調節した。

【0237】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を30nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0238】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0239】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの

10

20

30

40

50

膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子53を作製した。

【0240】

実施例10で作製した本発明の発光素子51、比較例3で作製した比較発光素子52、比較例4で作製した比較発光素子53の電流電圧特性を図36に示す。また、輝度電流効率特性を図37に示す。また、輝度電力効率特性を図38に示す。

【0241】

図36より、CuPcを用いた比較発光素子53に比べ、DNTPDを用いた比較発光素子52および本発明の発光素子51は良好な電流電圧特性を示すことがわかる。つまり、一定電圧を印加したときに流れる電流が大きい。

10

【0242】

一方、図37より、比較発光素子52に比べ、比較発光素子53および本発明の発光素子51は、良好な輝度電流効率特性を示すことがわかる。つまり、一定輝度を得るために必要な電流量が少なくすむ。

【0243】

本発明の発光素子は、良好な電流電圧特性および輝度電流効率特性を示すため、消費電力も小さい。図37に示したように、比較発光素子52および比較発光素子53に比べ、本発明の発光素子51は、良好な輝度電力効率特性を示し、消費電力が小さい。

【0244】

よって、本発明の複合材料を含む層を用いて発光素子を作製することにより、消費電力の少ない発光素子を得ることができる。

20

【実施例11】

【0245】

本実施例では、本発明の複合材料を用いた発光素子について説明する。

【0246】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0247】

次に、DNTPDと酸化モリブデンとを共蒸着し、第1の電極の上に、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、酸化モリブデンの体積比が13vol%となるように本発明の複合材料を含む層を形成した。また、膜厚は150nmとなるようにした。

30

【0248】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0249】

さらに、NPBとビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(アセチルアセトナート)(略称:Ir(Fdpq)₂(acac))とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に30nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、NPBとIr(Fdpq)₂(acac)との重量比は、1:0.08(=NPB:Ir(Fdpq)₂(acac))となるように調節した。

40

【0250】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を60nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0251】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0252】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、本発明の発光素子61を作

50

製した。

【0253】

(比較例5)

実施例11に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子を作製した。

【0254】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0255】

次に、第1の電極上に、蒸着法により、DNTPDを50nmの膜厚となるように成膜した。

10

【0256】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0257】

さらに、NPBとビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(アセチルアセトナート)(略称:Ir(Fdpq)₂(acac))とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に30nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、NPBとIr(Fdpq)₂(acac)との重量比は、1:0.08(=NPB:Ir(Fdpq)₂(acac))となるように調節した。

20

【0258】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を60nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0259】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0260】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子62を作製した。

30

【0261】

(比較例6)

【0262】

実施例11に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子を作製した。

【0263】

まず、ガラス基板上に、酸化珪素を含むインジウム錫酸化物をスパッタリング法にて成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0264】

次に、第1の電極上に、蒸着法により、銅フタロシアニン(CuPc)を20nmの膜厚となるように成膜した。

40

【0265】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを40nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0266】

さらに、NPBとビス[2,3-ビス(4-フルオロフェニル)キノキサリナト]イリジウム(アセチルアセトナート)(略称:Ir(Fdpq)₂(acac))とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に30nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、NPBとIr(Fdpq)₂(acac)との重量比は、1:0.08(=NPB:Ir(Fdpq)₂(acac))となるように調節した。

50

【0267】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、 Alq_3 を60nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0268】

さらに、電子輸送層上に、同様の手法にてフッ化リチウムを1nmの膜厚となるように成膜し、電子注入層を形成した。

【0269】

最後に、抵抗加熱を用いた蒸着法を用い、電子注入層上にアルミニウムを200nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子63を作製した。

10

【0270】

実施例11で作製した本発明の発光素子61、比較例5で作製した比較発光素子62、比較例6で作製した比較発光素子63の電流電圧特性を図39に示す。また、輝度電流効率特性を図40に示す。また、輝度電力効率特性を図41に示す。

【0271】

図39より、CuPcを用いた比較発光素子63に比べ、DNTPDを用いた比較発光素子62および本発明の発光素子61は良好な電流電圧特性を示すことがわかる。つまり、一定電圧を印加したときに流れる電流が大きい。

【0272】

一方、図40より、比較発光素子62に比べ、比較発光素子63および本発明の発光素子61は、良好な輝度電流効率特性を示すことがわかる。つまり、一定輝度を得るために必要な電流量が少なくすむ。

20

【0273】

本発明の発光素子は、良好な電流電圧特性および輝度電流効率特性を示すため、消費電力も小さい。図41に示したように、比較発光素子62および比較発光素子63に比べ、本発明の発光素子61は、良好な輝度電力効率特性を示し、消費電力が小さい。

【0274】

よって、本発明の複合材料を含む層を用いて発光素子を作製することにより、消費電力の少ない発光素子を得ることができる。

【実施例12】

30

【0275】

本実施例では、本発明の複合材料を用いた発光素子について説明する。本実施例で説明する発光素子は、基板とは反対側から発光を取り出す発光素子である。

【0276】

まず、ガラス基板上に、チタン(Ti)を成膜し、第1の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0277】

次に、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを共蒸着し、第1の電極の上に、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとは重量比で1:0.15:0.04(=DNTPD:酸化モリブデン:ルブレン)となるように形成した。また、膜厚は40nmとなるようにした。

40

【0278】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを10nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0279】

さらに、 Alq_3 とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、 Alq_3 とクマリン6とは、重量比で1:0.015(= Alq_3 :クマリン6)となるように成膜した。

【0280】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、 Alq_3 を20nmの膜厚とな

50

るように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0281】

次に、リチウム(Li)と4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル)スチルベン(略称: BzOS)とを共蒸着し、電子輸送層の上に電子注入層を形成した。LiとBzOSの重量比は、0.02:1(=Li:BzOS)となるようにした。また、膜厚は20nmとなるようにした。

【0282】

最後に、スパッタリング法を用い、電子注入層上に、ITOを110nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、本発明の発光素子71を作製した。

【0283】

(比較例7)

実施例12に記載の発光素子に対する比較例となる発光素子を作製した。

【0284】

まず、ガラス基板上に、チタン(Ti)を成膜し、第1の電極の電極を形成した。なお、その膜厚は110nmとし、電極面積は2mm角とした。

【0285】

次に、抵抗加熱を用い蒸着法により、第1の電極の上に、銅フタロシアニン(CuPc)を20nmの膜厚となるように成膜し、正孔注入層を形成した。

【0286】

次に、抵抗加熱を用いた蒸着法により、NPBを40nmの膜厚となるように成膜し、正孔輸送層を形成した。

【0287】

さらに、Alq₃とクマリン6とを共蒸着することにより、正孔輸送層上に40nmの膜厚の発光層を形成した。ここで、Alq₃とクマリン6とは、重量比で1:0.015(=Alq₃:クマリン6)となるように成膜した。

【0288】

その後、抵抗加熱を用いた蒸着法により、発光層上に、Alq₃を20nmの膜厚となるように成膜することにより、電子輸送層を形成した。

【0289】

次に、リチウム(Li)と4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル)スチルベン(略称: BzOS)とを共蒸着し、電子輸送層の上に電子注入層を形成した。LiとBzOSの重量比は、0.02:1(=Li:BzOS)となるようにした。また、膜厚は20nmとなるようにした。

【0290】

最後に、スパッタリング法を用い、電子注入層上に、ITOを110nmの膜厚となるように成膜することにより、第2の電極を形成し、比較発光素子72を作製した。

【0291】

実施例12で作製した本発明の発光素子71、比較例7で作製した比較発光素子72の電流-電圧特性を図43に示す。また、電圧-輝度特性を図44に示す。また、電流効率-輝度特性を図45に示す。

【0292】

図43より、発光素子71は比較発光素子72より発光素子の電流-電圧特性が向上していることがわかる。また、図44および図45より、本発明の発光素子71は比較発光素子72に比べ、発光開始電圧が1V程度低減していることがわかる。また、1000cd/m²の輝度における電圧値も約2V低減している。電流効率-輝度特性については、本発明の発光素子71、比較発光素子72ともに、良好な電流効率-輝度特性を示していることがわかる。

【0293】

よって、本発明の複合材料を含む層を用いることにより、駆動電圧が低減された発光素子を得ることができる。

10

20

30

40

50

【実施例 13】

【0294】

本実施例では本発明の複合材料を含む層を用いた発光素子の光学設計について説明する。

【0295】

Alq₃やNPBなどの一般的な発光素子に用いられる有機化合物と比較して、本発明の複合材料を含む層は導電率が高い。したがって、膜厚を大きくしても電流-電圧特性(I-V特性)は変化せず、発光素子の駆動電圧は上昇しない。したがって、発光層と反射電極との距離、すなわち本発明の複合材料を含む層の膜厚を任意にコントロールすることができ、これにより発光の光学干渉を制御することができる。つまり、発光の色純度や効率を制御することが可能である。

10

【0296】

具体例として、緑色、青色、赤色および黄色の発光素子について、本発明の複合材料を含む層の膜厚を変化させた結果を図46~図49に示す。

【0297】

緑色の発光素子の構成は、第1の電極としてチタン(Ti)上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物を20nmの膜厚で形成し、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、本発明の複合材料を含む層は、共蒸着法により、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを重量比で1:0.15:0.04(=DNTPD:酸化モリブデン:ルブレン)となるようにし、膜厚は、20nm、40nm、60nm、80nm、100nm、120nm、140nm、160nmとした。本発明の複合材料を含む層上に、正孔輸送層としてNPBを10nm、発光層としてAlq₃とクマリン6を重量比で1:0.015(=Alq₃:クマリン6)となるように40nmの膜厚で形成した。次に、電子輸送層としてAlq₃を15nm、電子注入層としてリチウム(Li)と4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル)スチルベン(略称:BsOS)とを重量比で、0.01:1(=Li:BsOS)となるように15nmの膜厚で形成し、第2の電極としてITOを110nmの膜厚で形成した。

20

【0298】

青色の発光素子の構成は、第1の電極としてチタン(Ti)上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物を20nmの膜厚で形成し、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、本発明の複合材料を含む層は、共蒸着法により、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを重量比で1:0.15:0.04(=DNTPD:酸化モリブデン:ルブレン)となるようにし、膜厚は、20nm、40nm、60nm、80nm、100nm、120nm、140nm、160nmとした。本発明の複合材料を含む層上に、正孔輸送層としてNPBを10nm、発光層として、9,10-ジ(ナフタレン-2-イル)-2-tert-ブチルアントラセン(略称:TBDNA)と2,5,8,11-テトラ(tert-ブチル)ペリレン(略称:TBP)を重量比で1:0.02(=TBDNA:TBP)となるように30nmの膜厚で形成した。次に、電子輸送層としてAlq₃を15nm、電子注入層としてリチウム(Li)と4,4'-ビス(5-メチルベンズオキサゾル-2-イル)スチルベン(略称:BsOS)とを重量比で、0.01:1(=Li:BsOS)となるように15nmの膜厚で形成し、第2の電極としてITOを110nmの膜厚で形成した。

30

40

【0299】

赤色の発光素子の構成は、第1の電極としてチタン(Ti)上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物を20nmの膜厚で形成し、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、本発明の複合材料を含む層は、共蒸着法により、DNTPDと酸化モリブデンとルブレンとを重量比で1:0.15:0.04(=DNTPD:酸化モリブデン:ルブレン)となるようにし、膜厚は、20nm、40nm、60nm、80nm、100nm、120nm、140nm、160nmとした。本発明の複合材料を含む層上に、正孔輸送層としてNPBを10nm、発光層としてAlq₃とルブレンと4-ジシアノメチレン-2-イソ

50

プロピル - 6 - [2 - (1 , 1 , 7 , 7 - テトラメチルジユロリジン - 9 - イル) エテニル] - 4 H - ピラン (略称 : D C J T I) とを重量比で 1 : 1 : 0 . 0 3 2 (= A l q₃ : ルブレン : D C J T I) となるように 6 0 n m の膜厚で形成した。次に、電子輸送層として A l q₃ を 1 5 n m、電子注入層としてリチウム (L i) と 4 , 4 ' - ビス (5 - メチルベンズオキサゾル - 2 - イル) スチルベン (略称 : B z O S) とを重量比で、 0 . 0 1 : 1 (= L i : B z O S) となるように 1 5 n m の膜厚で形成し、第 2 の電極として I T O を 1 1 0 n m の膜厚で形成した。

【 0 3 0 0 】

黄色の発光素子の構成は、第 1 の電極としてチタン (T i) 上に酸化珪素を含むインジウム錫酸化物を 2 0 n m の膜厚で形成し、本発明の複合材料を含む層を形成した。なお、本発明の複合材料を含む層は、共蒸着法により、D N T P D と酸化モリブデンとルブレンとを重量比で 1 : 0 . 1 5 : 0 . 0 4 (= D N T P D : 酸化モリブデン : ルブレン) となるようにし、膜厚は、2 0 n m、4 0 n m、6 0 n m、8 0 n m、1 0 0 n m、1 2 0 n m、1 4 0 n m、1 6 0 n m とした。本発明の複合材料を含む層上に、正孔輸送層として N P B を 1 0 n m、発光層として A l q₃ : ルブレンを重量比で 1 : 0 . 0 2 (= A l q₃ : ルブレン) となるように 6 0 n m の膜厚で形成した。次に、電子輸送層として A l q₃ を 1 5 n m、電子注入層としてリチウム (L i) と 4 , 4 ' - ビス (5 - メチルベンズオキサゾル - 2 - イル) スチルベン (略称 : B z O S) とを重量比で、 0 . 0 1 : 1 (= L i : B z O S) となるように 1 5 n m の膜厚で形成し、第 2 の電極として I T O を 1 1 0 n m の膜厚で形成した。

10

20

【 0 3 0 1 】

図 4 6 ~ 図 4 9 からわかるように、電流効率は本発明の複合材料を含む層の膜厚に敏感であることが分かる。この結果は光の光学干渉によるためであり、したがって、膜厚変化は効率変化だけでなく、スペクトル形状、色度、そして視野角依存性にも変化を及ぼす。具体例として、緑色、青色、赤色発光素子のスペクトルの視野角依存性と、本発明の複合材料を含む層の膜厚との相関を図 5 0 ~ 図 5 7、図 5 8 ~ 図 6 5、図 6 6 ~ 図 7 3 に示す。

【 0 3 0 2 】

図 7 4 は、緑色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果であり、図 7 5 は、青色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果であり、図 7 6 赤色発光素子の発光スペクトルにおける複合材料を含む層の膜厚の影響を計算した結果であり、それぞれ計算値と実測値を示した。これらの実験結果は計算結果と良く一致する。例えば緑色発光素子では、図 7 4 に示すように、本発明の複合材料を含む層の膜厚を変化させた時の輝度 (すなわち発光効率) の実測値は、計算で得られる結果を良く再現している。

30

【 0 3 0 3 】

このように、駆動電圧を気にすることなく単に本発明の複合材料を含む層の膜厚を制御するだけで、スペクトル、すなわち色純度を簡単に制御することができる。また、効率の良い素子に最適な膜厚を算出することができる。

40

【 符号の説明 】

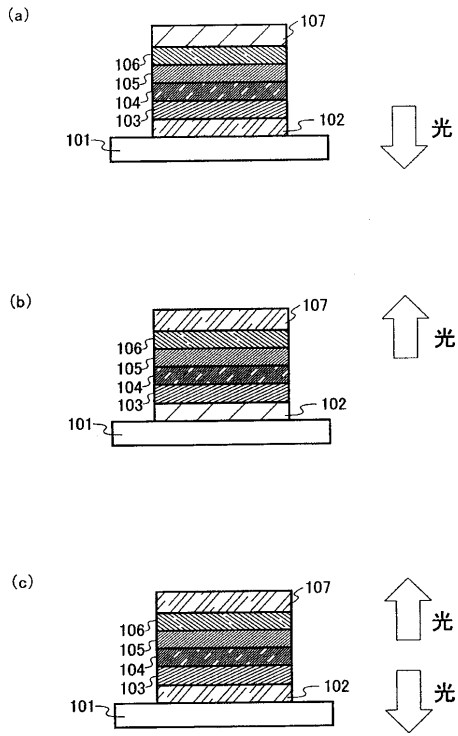
【 0 3 0 4 】

- 1 0 1 基板
- 1 0 2 第 1 の電極
- 1 0 3 第 1 の層
- 1 0 4 第 2 の層
- 1 0 5 第 3 の層
- 1 0 6 第 4 の層
- 1 0 7 第 2 の電極
- 4 0 0 基板
- 4 0 1 第 1 の電極

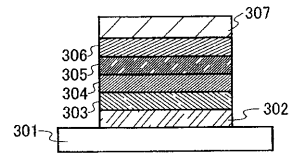
50

4 0 2	第 2 の電極	
4 1 1	第 1 の層	
4 1 2	第 2 の層	
4 1 3	第 3 の層	
2 0 0	基板	
2 0 1	第 1 の電極	
2 0 2	第 2 の電極	
2 1 1	第 1 の層	
2 1 2	第 2 の層	
2 1 3	第 3 の層	10
2 1 4	第 4 の層	
3 0 1	基板	
3 0 2	第 1 の電極	
3 0 3	第 1 の層	
3 0 4	第 2 の層	
3 0 5	第 3 の層	
3 0 6	第 4 の層	
3 0 7	第 2 の電極	
5 0 1	第 1 の電極	
5 0 2	第 2 の電極	20
5 1 1	第 1 の発光ユニット	
5 1 2	第 2 の発光ユニット	
5 1 3	電荷発生層	
6 0 1	ソース側駆動回路	
6 0 2	画素部	
6 0 3	ゲート側駆動回路	
6 0 4	封止基板	
6 0 5	シール材	
6 0 7	空間	
6 0 8	配線	30
6 0 9	F P C (フレキシブルプリントサーキット)	
6 1 0	素子基板	
6 1 1	スイッチング用 T F T	
6 1 2	電流制御用 T F T	
6 1 3	第 1 の電極	
6 1 4	絶縁物	
6 1 6	発光物質を含む層	
6 1 7	第 2 の電極	
6 1 8	発光素子	
6 2 3	nチャネル型 T F T	40
6 2 4	pチャネル型 T F T	
9 5 1	基板	
9 5 2	電極	
9 5 3	絶縁層	
9 5 4	隔壁層	
9 5 5	発光物質を含む層	
9 5 6	電極	

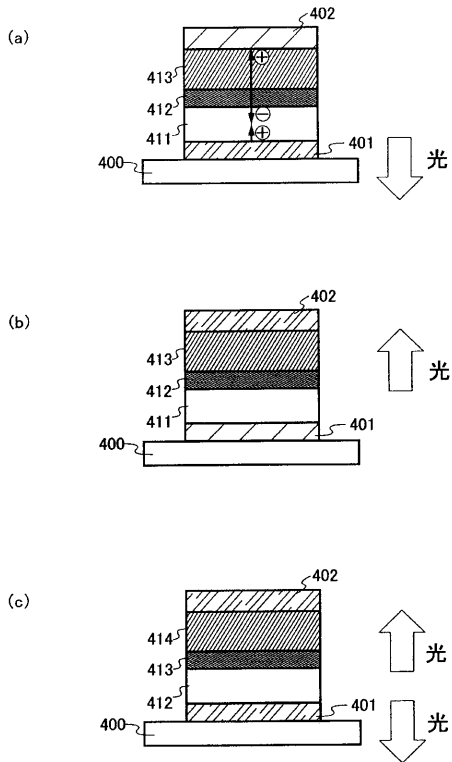
【 図 1 】



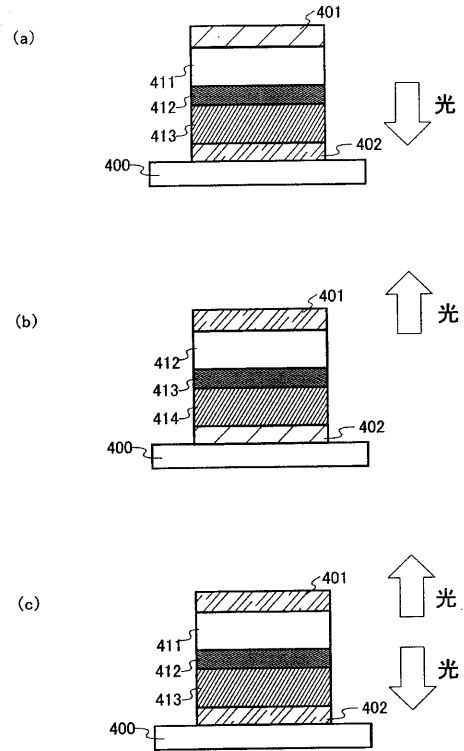
【 図 2 】



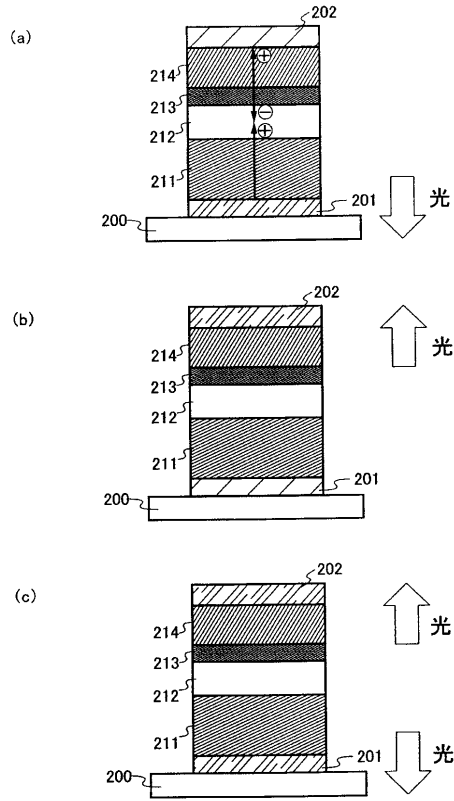
【 図 3 】



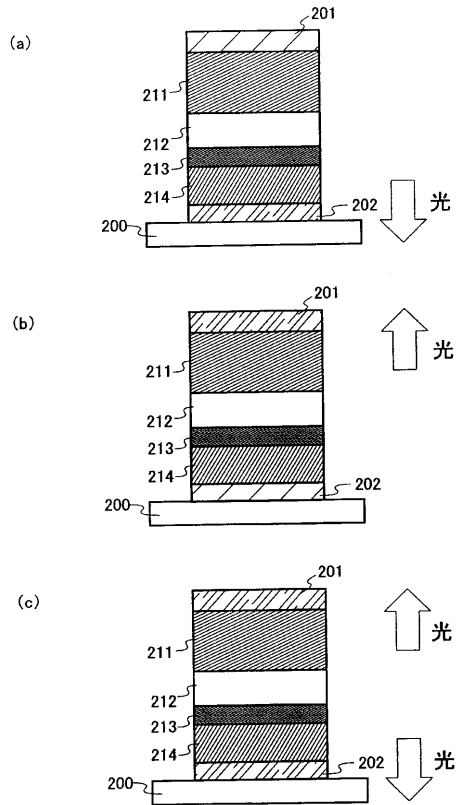
【 図 4 】



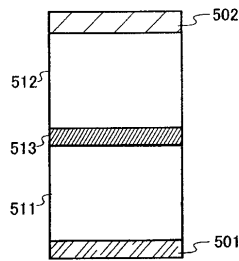
【 図 5 】



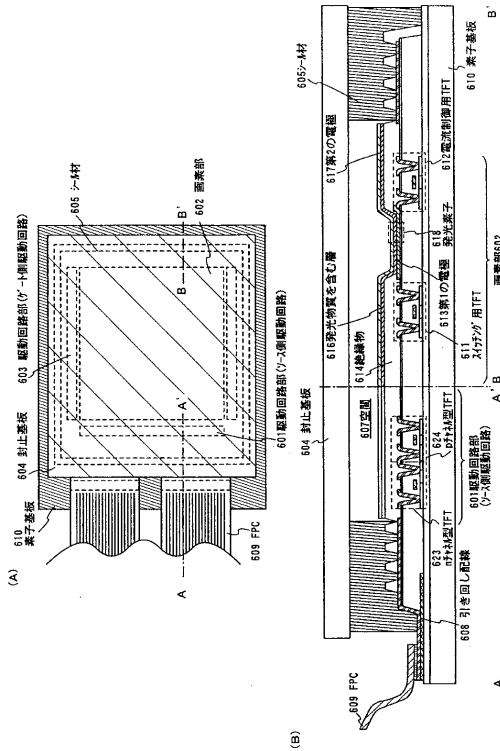
【 図 6 】



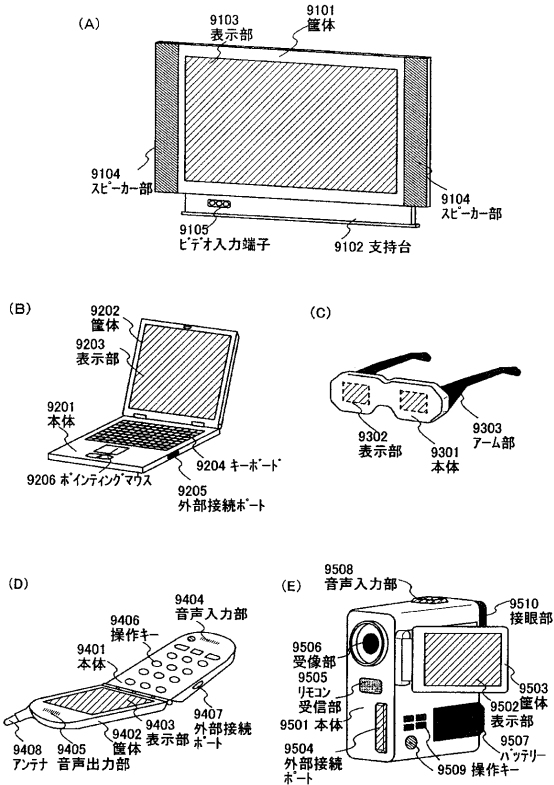
【 図 7 】



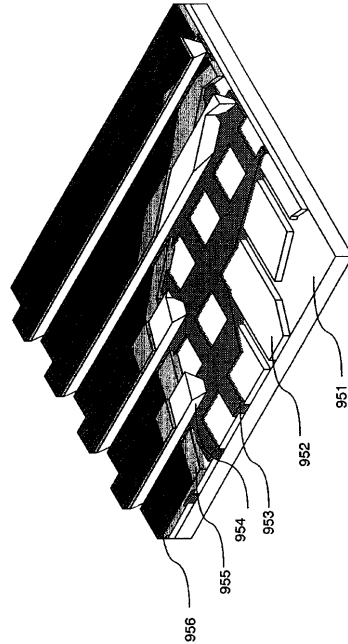
【 図 8 】



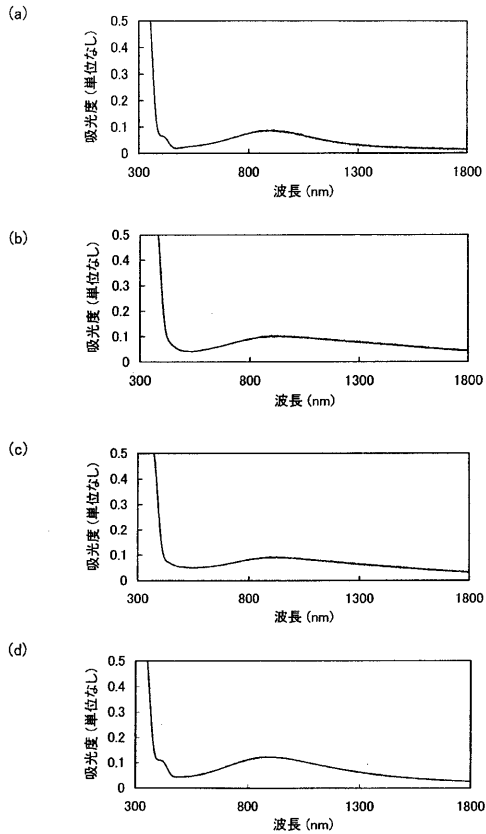
【 図 9 】



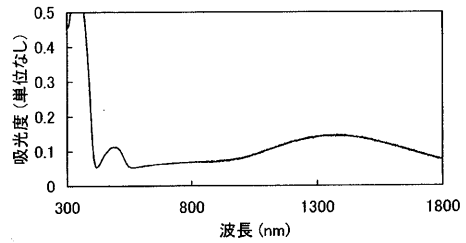
【 図 1 0 】



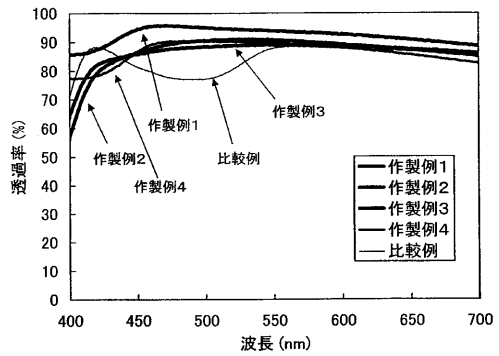
【 図 1 1 】



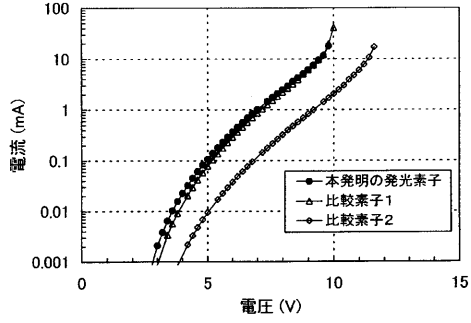
【 図 1 2 】



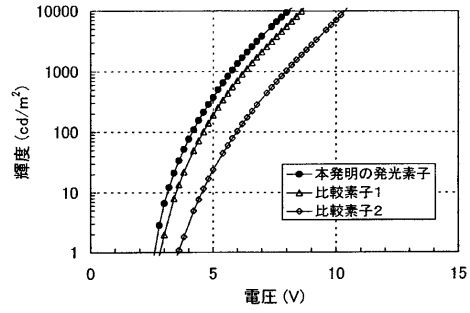
【 図 1 3 】



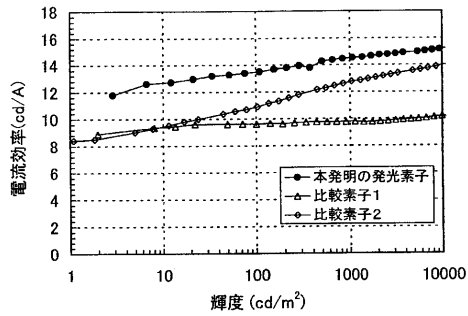
【図 1 4】



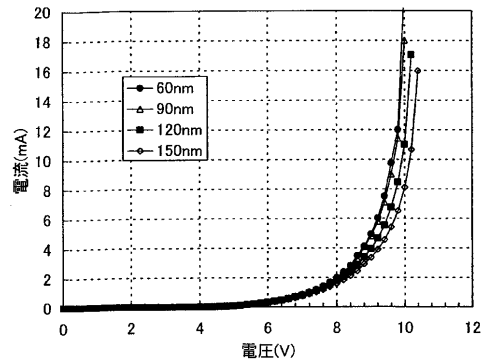
【図 1 6】



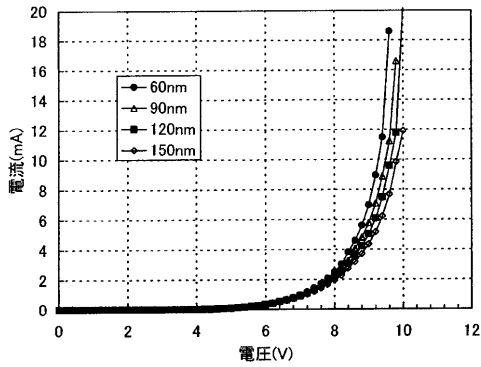
【図 1 5】



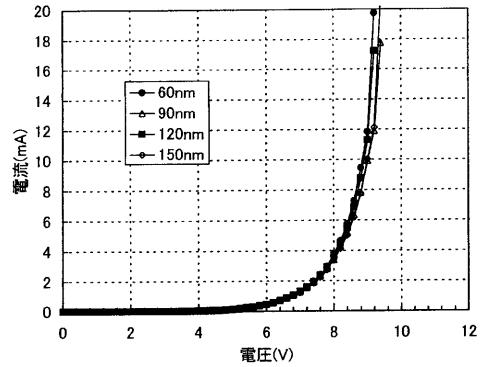
【図 1 7】



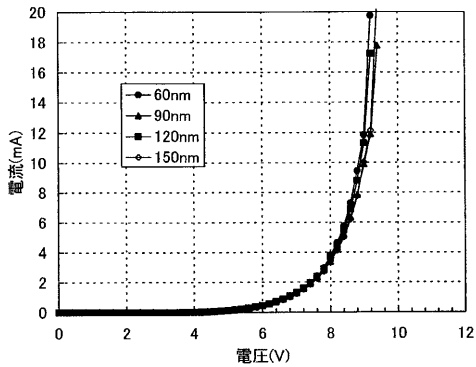
【図 1 8】



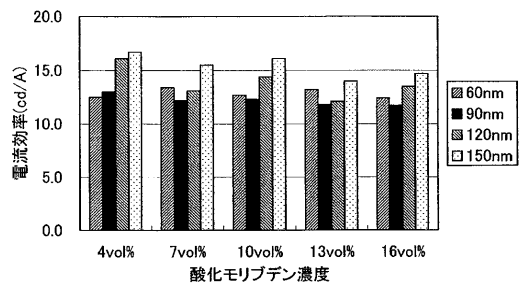
【図 2 0】



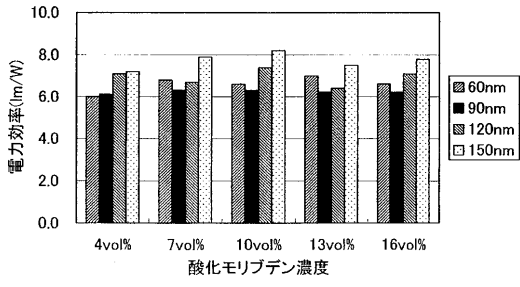
【図 1 9】



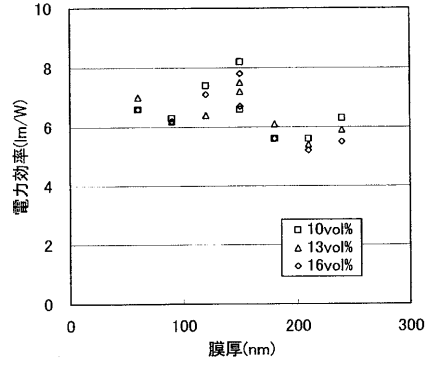
【図 2 1】



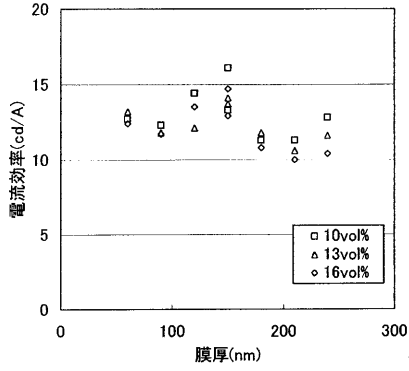
【 図 2 2 】



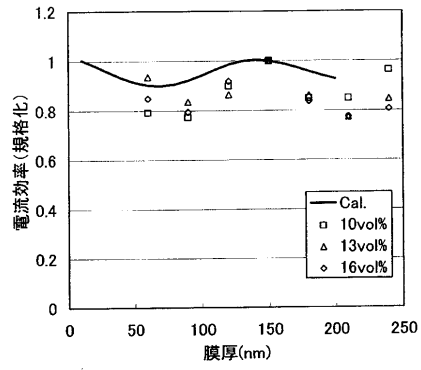
【 図 2 4 】



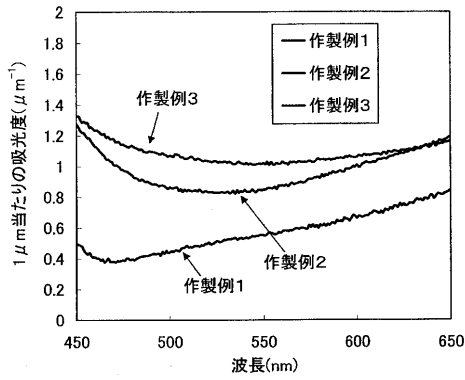
【 図 2 3 】



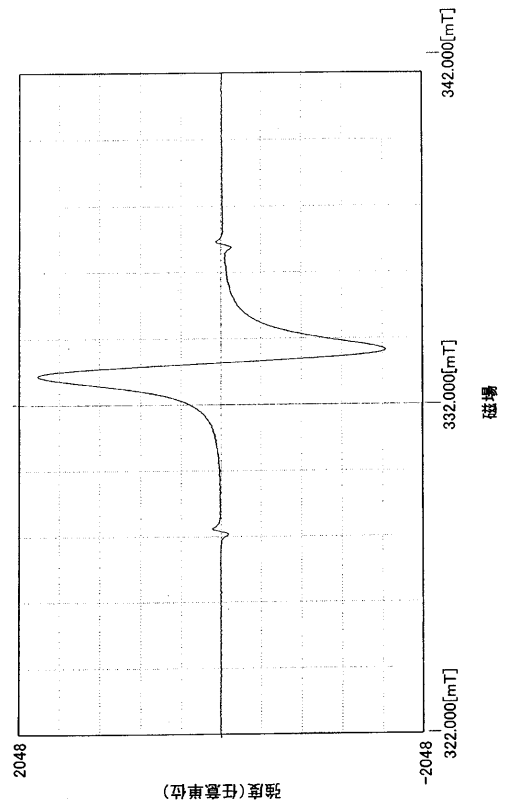
【 図 2 5 】



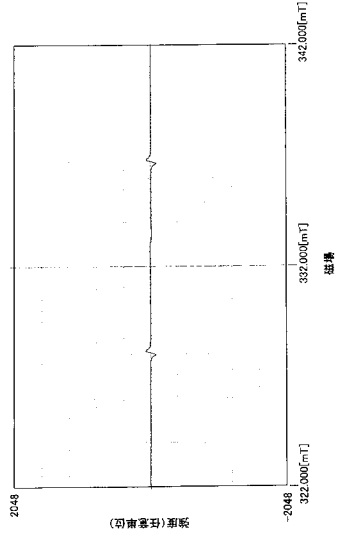
【 図 2 6 】



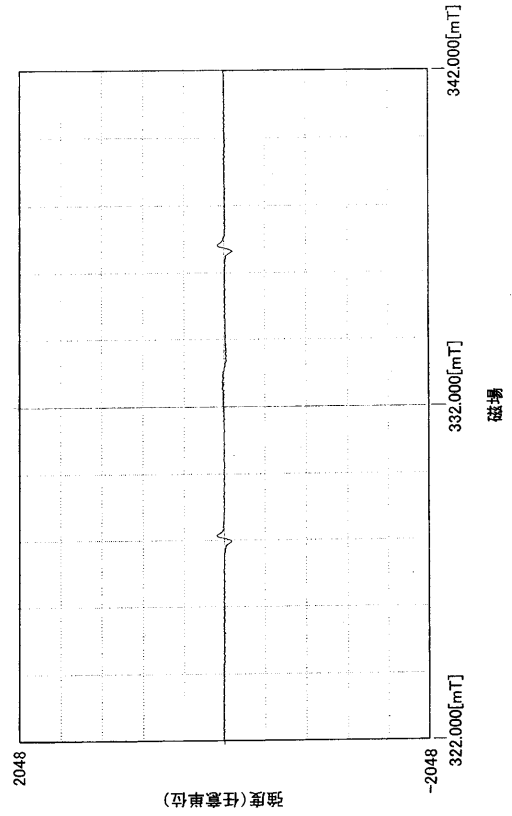
【 図 2 7 】



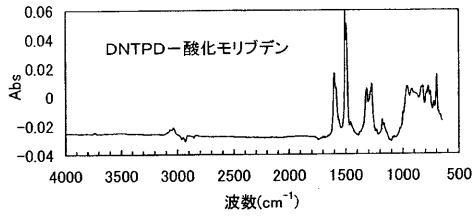
【 図 2 8 】



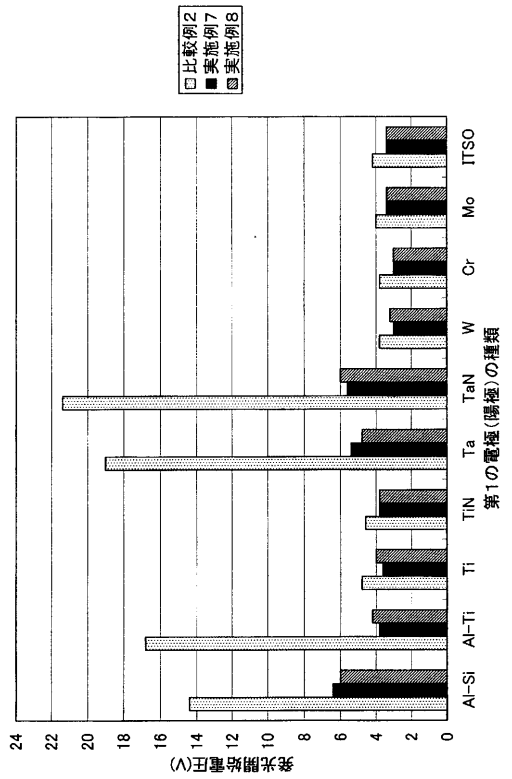
【 図 2 9 】



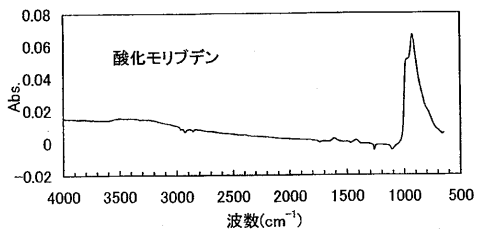
【 図 3 0 】



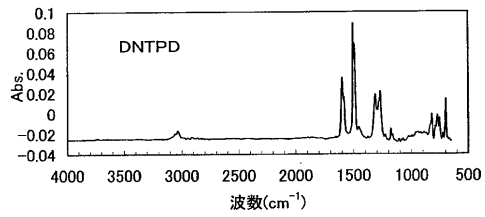
【 図 3 3 】



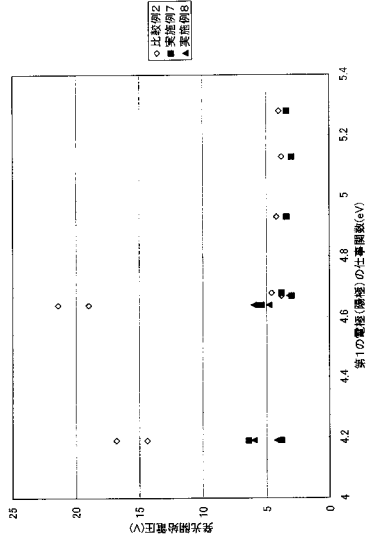
【 図 3 1 】



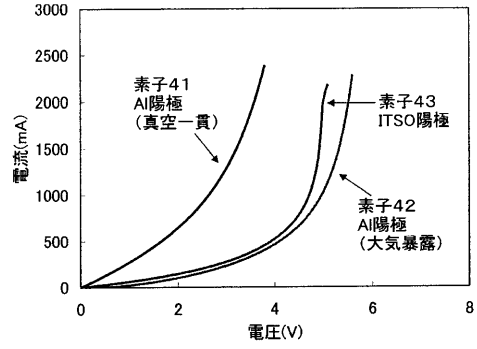
【 図 3 2 】



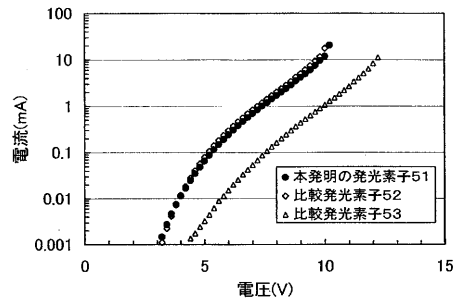
【 図 3 4 】



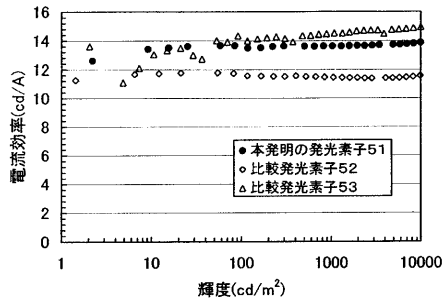
【 図 3 5 】



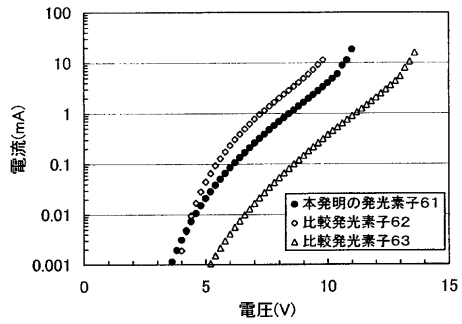
【 図 3 6 】



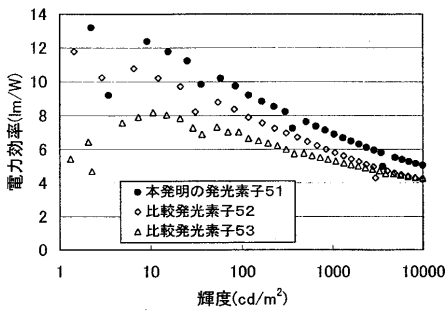
【 図 3 7 】



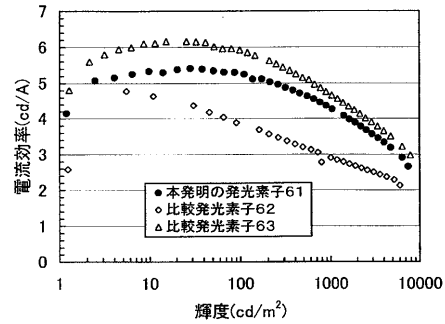
【 図 3 9 】



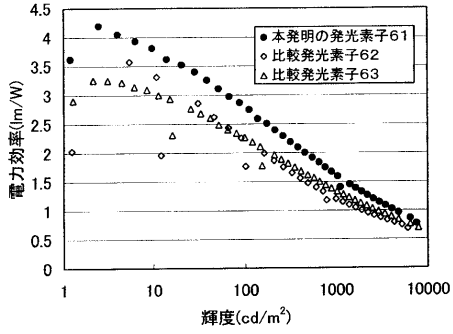
【 図 3 8 】



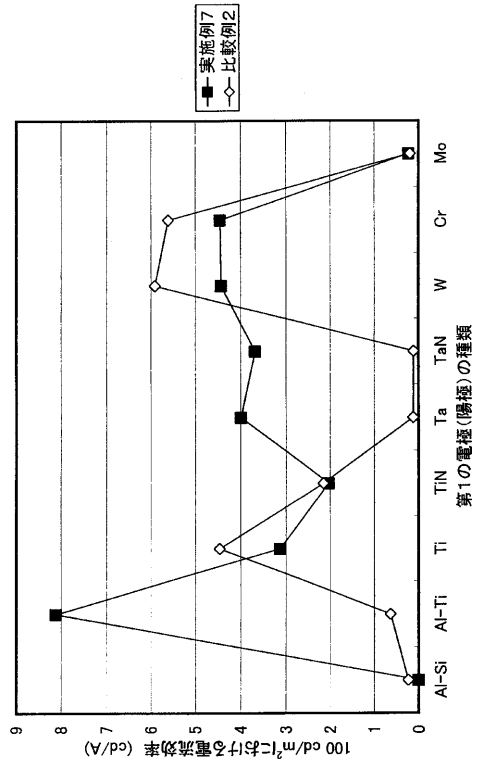
【 図 4 0 】



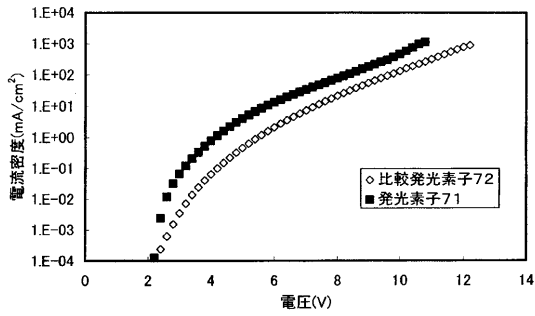
【 図 4 1 】



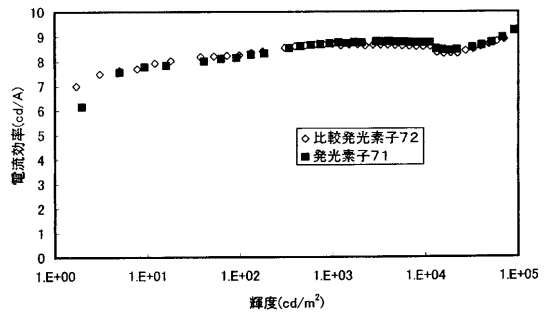
【 図 4 2 】



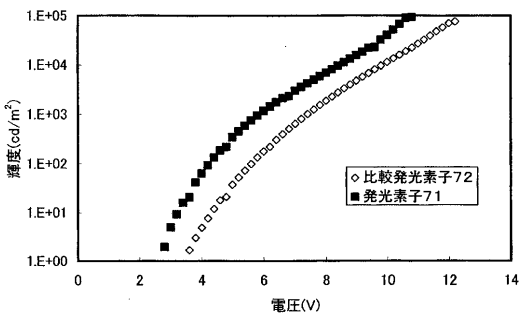
【 図 4 3 】



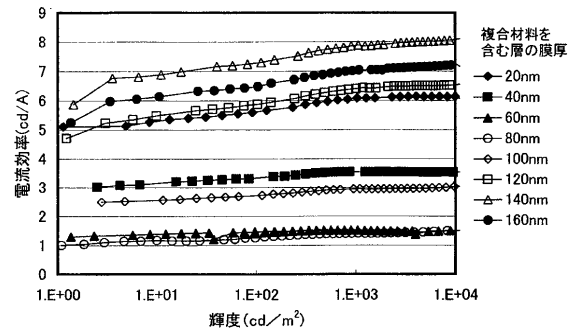
【 図 4 5 】



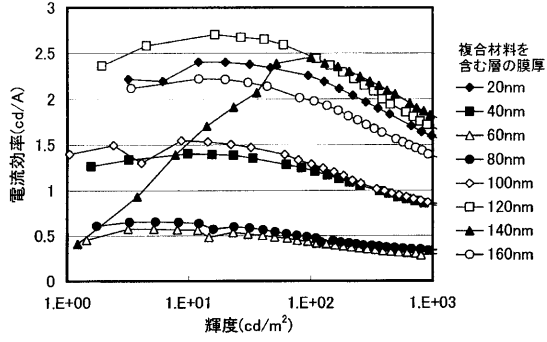
【 図 4 4 】



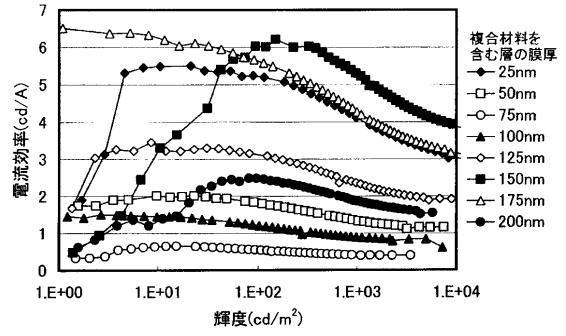
【 図 4 6 】



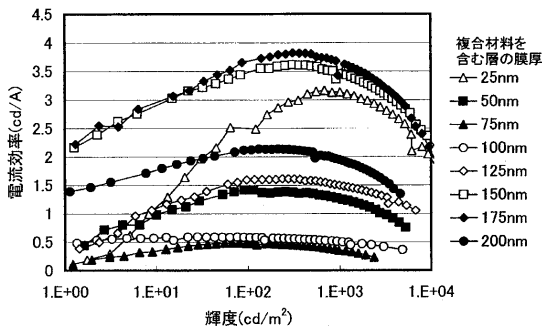
【 図 4 7 】



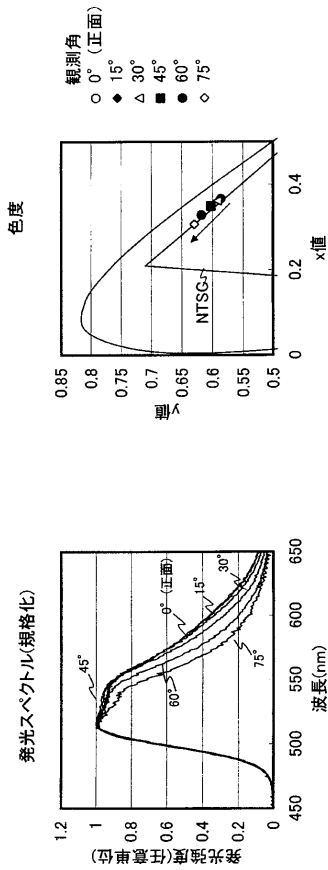
【 図 4 9 】



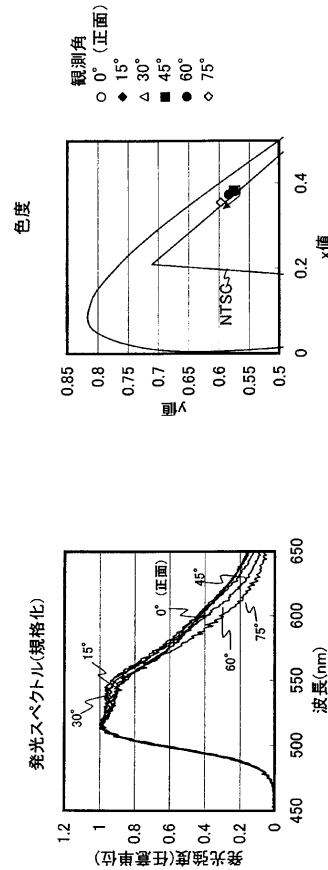
【 図 4 8 】



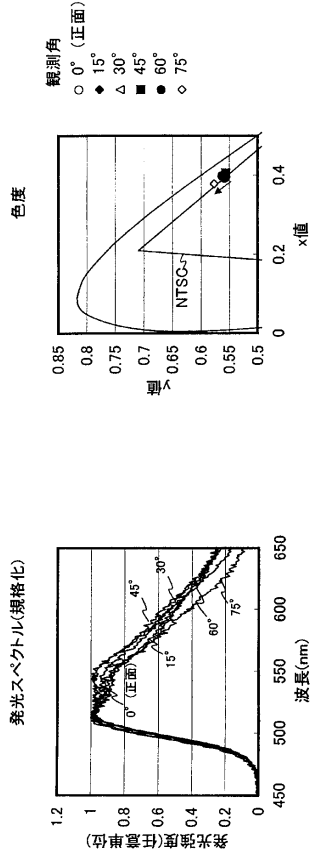
【 図 5 0 】



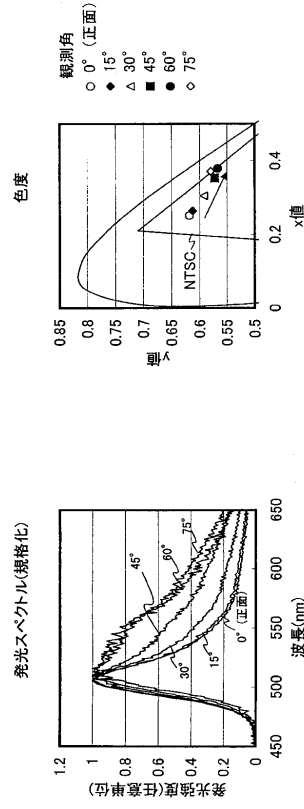
【 図 5 1 】



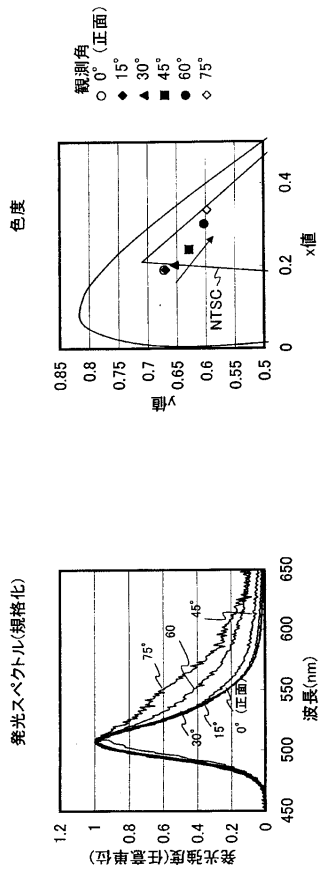
【 図 5 2 】



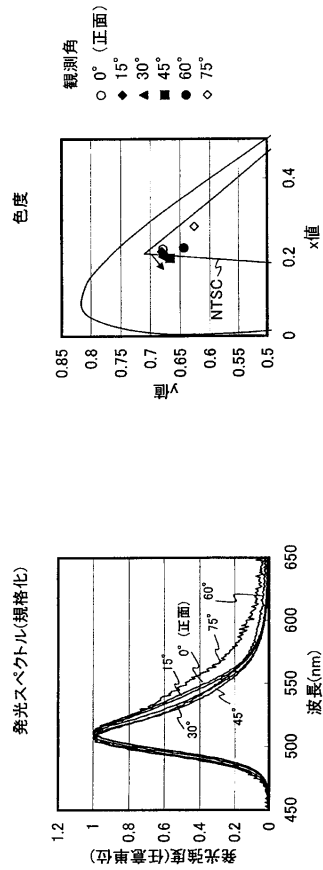
【 図 5 3 】



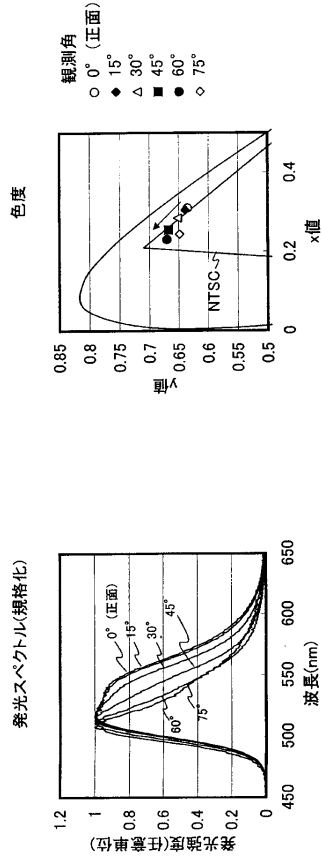
【 図 5 4 】



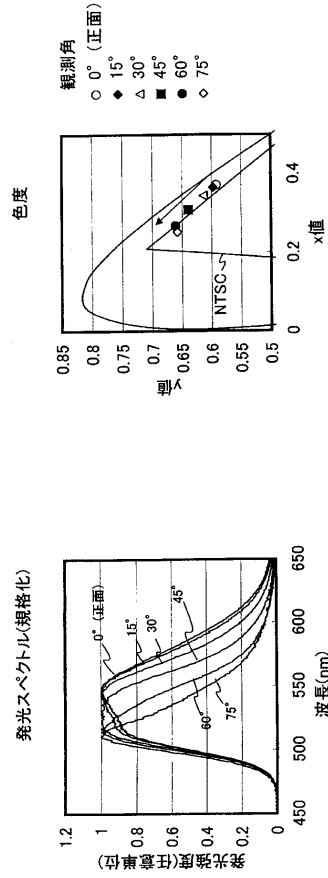
【 図 5 5 】



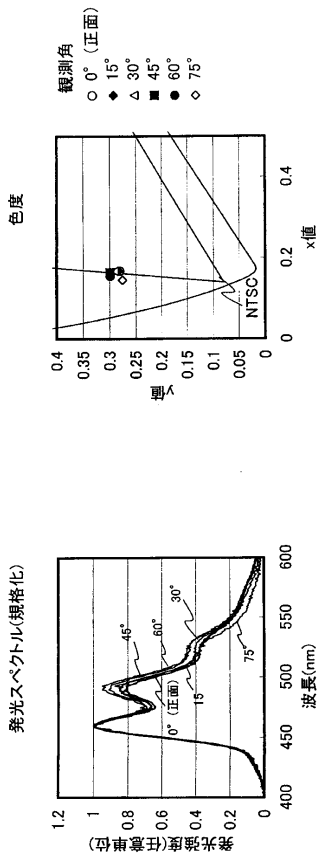
【 図 5 6 】



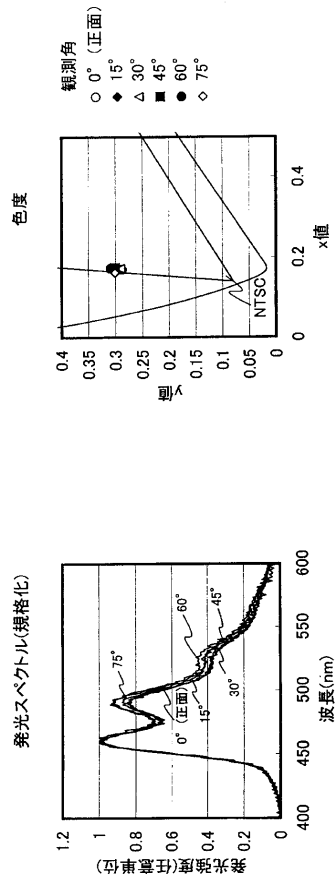
【 図 5 7 】



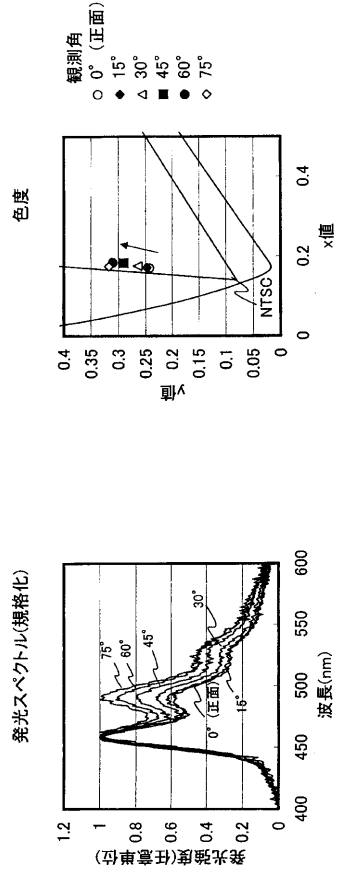
【 図 5 8 】



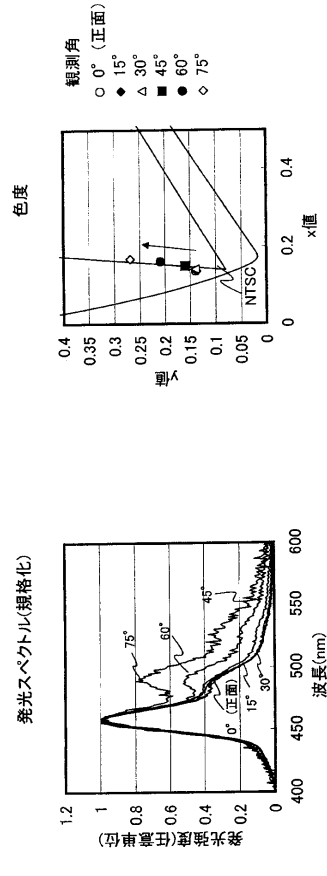
【 図 5 9 】



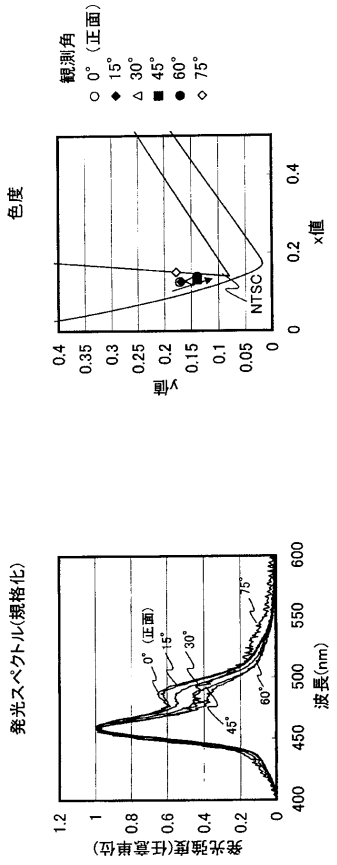
【図 6 0】



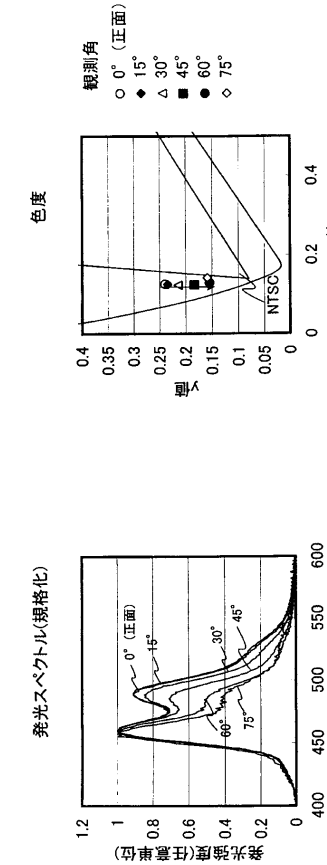
【図 6 1】



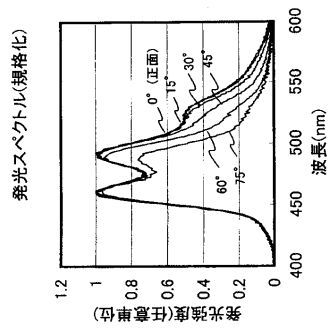
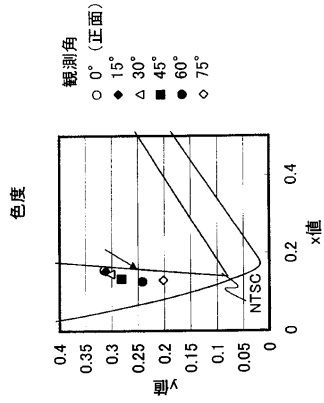
【図 6 2】



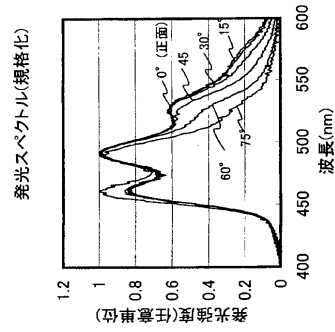
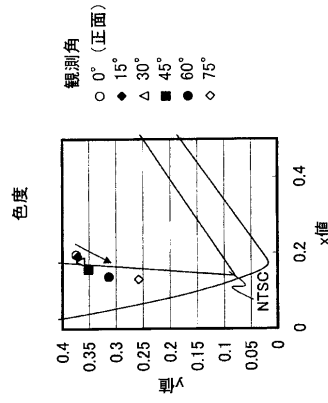
【図 6 3】



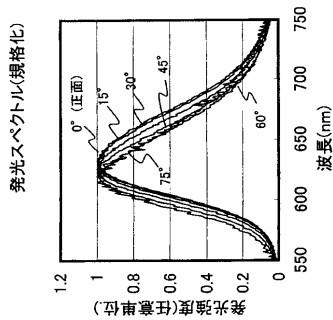
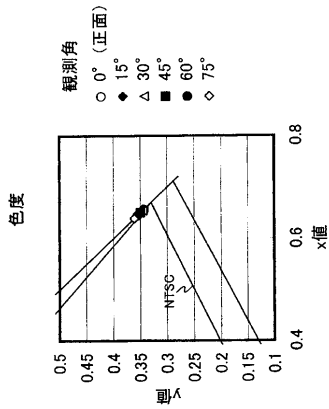
【 図 6 4 】



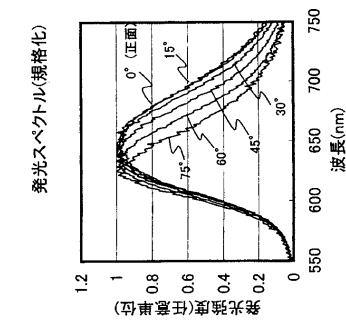
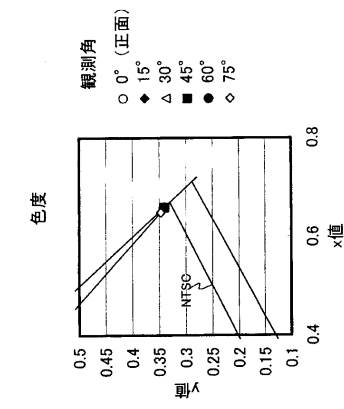
【 図 6 5 】



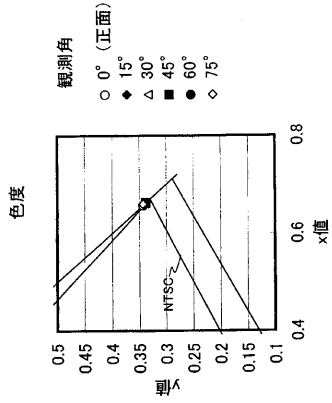
【 図 6 6 】



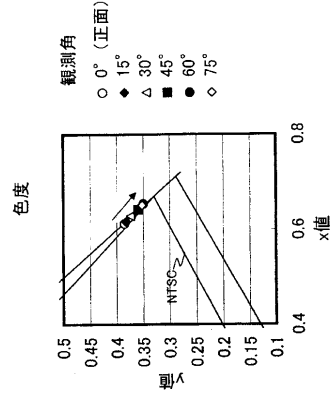
【 図 6 7 】



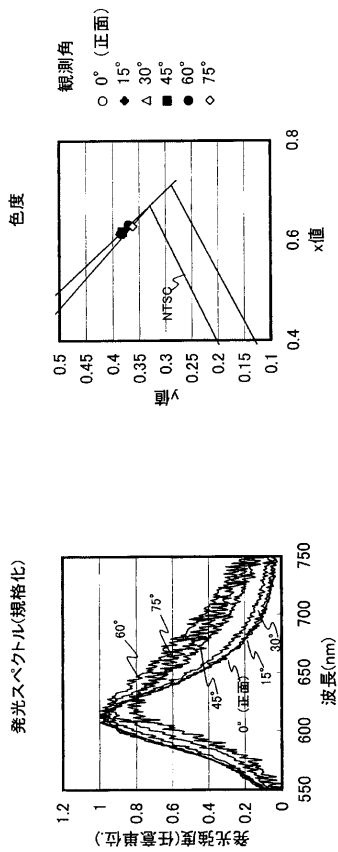
【図 68】



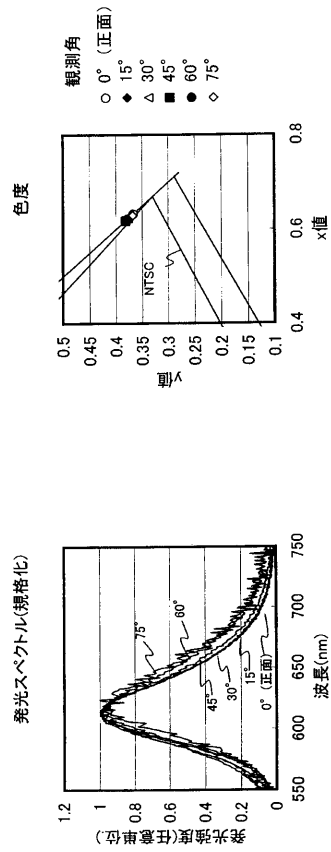
【図 69】



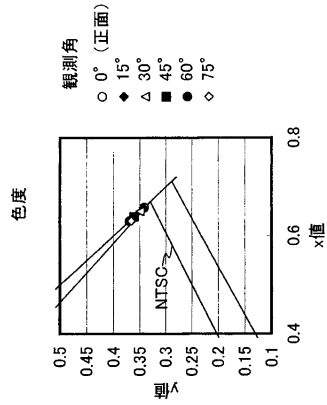
【図 70】



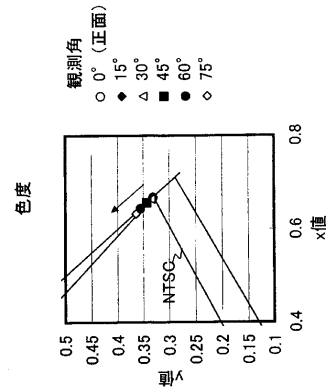
【図 71】



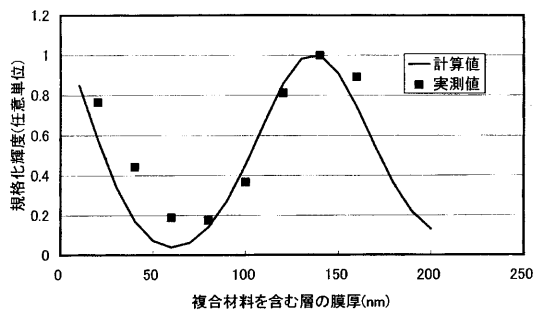
【 図 7 2 】



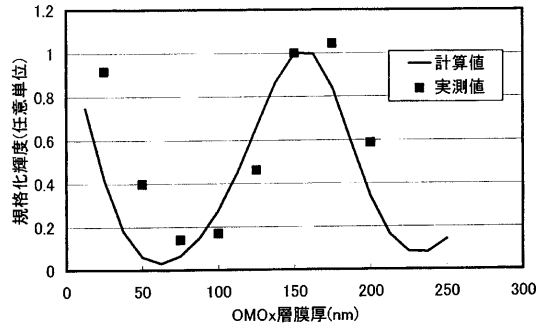
【 図 7 3 】



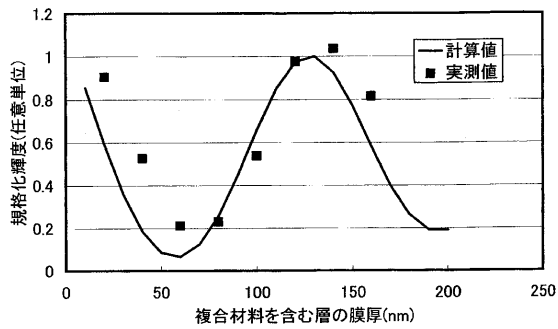
【 図 7 4 】



【 図 7 6 】



【 図 7 5 】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.

F I

テーマコード(参考)

C 0 7 C 217/84

(72)発明者 岩城 裕司

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

(72)発明者 山崎 舜平

神奈川県厚木市長谷 3 9 8 番地 株式会社半導体エネルギー研究所内

F ターム(参考) 3K107 AA01 BB02 CC04 CC05 CC12 CC14 DD73 DD78 DD84

4H006 AA03 AB92 BJ50 BP30 BU46

专利名称(译)	复合材料		
公开(公告)号	JP2014140041A	公开(公告)日	2014-07-31
申请号	JP2014023990	申请日	2014-02-12
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社半导体能源研究所		
申请(专利权)人(译)	半导体能源研究所有限公司		
[标]发明人	池田寿雄 坂田淳一郎 瀬尾哲史 岩城裕司 山崎舜平		
发明人	池田 寿雄 坂田 淳一郎 瀬尾 哲史 岩城 裕司 山崎 舜平		
IPC分类号	H01L51/50 C09K11/06 C07C211/54 C07C217/84		
CPC分类号	H01L51/5278 C09K11/06 C09K2211/1007 C09K2211/1014 C09K2211/186 H01L51/0059 H01L51/0077 H01L51/0081 H01L51/0085 H01L51/5048 H01L2251/305 H01L2251/308 H01L2251/5315 H01L2251/5323 H05B33/14		
FI分类号	H05B33/22.C H05B33/14.A C09K11/06.690 H05B33/22.D C07C211/54 C07C217/84		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB02 3K107/CC04 3K107/CC05 3K107/CC12 3K107/CC14 3K107/DD73 3K107/DD78 3K107/DD84 4H006/AA03 4H006/AB92 4H006/BJ50 4H006/BP30 4H006/BU46		
优先权	2005053297 2005-02-28 JP 2005167624 2005-06-08 JP 2005194497 2005-07-04 JP		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

解决的问题：提供载流子注入性能和可见光透射率优异的复合材料。复合材料包括由以下通式(1)等表示的有机化合物和无机化合物。(式中，R1~R24可以相同或不同，分别表示氢，烷基，烷氧基，芳基或芳基烷基。) [选择图]无

