

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4445925号  
(P4445925)

(45) 発行日 平成22年4月7日(2010.4.7)

(24) 登録日 平成22年1月22日(2010.1.22)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 51/50 (2006.01)

H O 5 B 33/22

D

H O 5 B 33/10 (2006.01)

H O 5 B 33/10

H O 5 B 33/14

A

請求項の数 14 (全 18 頁)

(21) 出願番号 特願2005-512796 (P2005-512796)  
 (86) (22) 出願日 平成15年12月25日(2003.12.25)  
 (86) 国際出願番号 PCT/JP2003/016780  
 (87) 国際公開番号 W02005/064994  
 (87) 国際公開日 平成17年7月14日(2005.7.14)  
 審査請求日 平成18年12月14日(2006.12.14)

(73) 特許権者 306037311  
 富士フイルム株式会社  
 東京都港区西麻布2丁目26番30号  
 (74) 代理人 100079049  
 弁理士 中島 淳  
 (74) 代理人 100084995  
 弁理士 加藤 和詳  
 (74) 代理人 100085279  
 弁理士 西元 勝一  
 (74) 代理人 100099025  
 弁理士 福田 浩志  
 (72) 発明者 板井 雄一郎  
 日本国 258-8577 神奈川県足柄  
 上郡開成町牛島577-1 富士写真フ  
 イルム株式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 有機EL素子、有機EL表示装置、有機EL素子の製造方法および有機EL素子の製造装置

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、  
 前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機EL素子であって、  
 前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性  
 を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させてなり、

前記正孔注入層はアクセプタを含み、且つアクセプタ濃度を当該正孔注入層の厚さ方向  
 に連続的に変化させることを特徴とする有機EL素子。

【請求項2】

正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、  
 前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機EL素子であって、  
 前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性  
 を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させてなり、

前記正孔注入層はアクセプタを含み、且つ前記正孔輸送層との界面近傍に、当該正孔注  
 入層のアクセプタ濃度が減少した境界領域が形成されていることを特徴とする有機EL素  
 子。

【請求項3】

前記正孔注入層では、前記アクセプタ濃度が前記界面近傍で少なくとも10%以上変化  
 することを特徴とする請求項2記載の有機EL素子。

【請求項4】

10

20

正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機ＥＬ素子であって、前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させてなり、

前記正孔注入層はアクセプタを含み、且つ前記正極との界面近傍に、当該正孔注入層のアクセプタ濃度が減少した境界領域が形成されていることを特徴とする有機ＥＬ素子。

【請求項５】

前記正孔注入層では、前記アクセプタ濃度が前記界面近傍で少なくとも１０％以上変化することを特徴とする請求項４記載の有機ＥＬ素子。

【請求項６】

正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機ＥＬ素子であって、前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させてなり、

前記正孔注入層はアクセプタを含み、前記正孔輸送層との界面近傍と、前記正極との界面近傍とに、当該正孔注入層のアクセプタ濃度が減少した第１および第２の境界領域がそれぞれ形成されていることを特徴とする有機ＥＬ素子。

【請求項７】

前記正孔注入層は、４，４'，４''-tris(2-naphthylphenylamino)triphenylamineよりなり、前記アクセプタは、２，３，５，６-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethaneよりなることを特徴とする請求項１～６のいずれか１項に記載の有機ＥＬ素子。

【請求項８】

前記正極は導電性酸化物よりなり、前記正孔注入層は４０～５０ｎｍの膜厚を有することを特徴とする請求項１～７のいずれか１項に記載の有機ＥＬ素子。

【請求項９】

正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機ＥＬ素子を有する有機ＥＬ表示装置であって、

前記有機ＥＬ素子が、請求項１～８のいずれか１項に記載の有機ＥＬ素子である有機ＥＬ表示装置。

【請求項１０】

基板上に形成された正極上に正孔注入層を形成する工程と、

前記正孔注入層上に正孔輸送層を形成する工程と、

前記正孔輸送層上に発光層を形成する工程と、

前記発光層上に電子注入輸送層を形成する工程と、

前記電子注入輸送層上に負極を形成する工程を有する有機ＥＬ素子の製造方法であって、

前記正孔注入層を形成する工程は、蒸着源を使った真空蒸着法により実施され、前記正孔注入層の形成工程中は、前記蒸着源と、有機ＥＬ素子が形成される被処理基板との距離を変化させる工程を含み、且つ前記正孔注入層にアクセプタが導入され、前記蒸着源の距離を変化させる工程により、当該正孔注入層の膜厚方向のアクセプタ濃度を変化させることを特徴とする請求項１～請求項８のいずれか１項に記載の有機ＥＬ素子の製造方法。

【請求項１１】

前記膜厚方向のアクセプタ濃度の変化は、アクセプタ濃度を増大させる変化であることを特徴とする請求項１０記載の有機ＥＬ素子の製造方法。

【請求項１２】

前記膜厚方向のアクセプタ濃度の変化は、アクセプタ濃度を減少させる変化であることを特徴とする請求項１０記載の有機ＥＬ素子の製造方法。

## 【請求項 13】

前記蒸着源は複数用いられ、複数の当該蒸着源のうち、少なくともひとつにはアクセプタが保持されることを特徴とする請求項 10 記載の有機 EL 素子の製造方法。

## 【請求項 14】

前記正孔注入層の導電性は、当該正孔注入層のアクセプタの濃度の変化により、変化させられることを特徴とする請求項 10 記載の有機 EL 素子の製造方法。

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

本発明は有機 EL 素子、有機 EL 表示装置、有機 EL 素子の製造方法および有機 EL 素子の製造装置に関する。

## 【背景技術】

近年、従来用いられてきた CRT ( Cathode Ray Tube ) に換わって、薄型にすることが可能な平面型表示装置の実用化が進んでおり、有機エレクトロルミネッセンス素子 ( 以降文中有機 EL 素子と呼ぶ ) は自発光、高速応答などの特徴を有するために、次世代の表示装置として着目されている。

有機 EL 素子は、正極と負極の間に発光層である有機 EL 層が挟持された構造となっており、当該有機 EL 層に正極から正孔を、負極から電子を注入してそれらの再結合をさせることによって、当該有機 EL 層を発光させる構造になっている。

有機 EL 素子を長期間使用した場合、経時変化によって光出力の低下や駆動電圧の上昇が生じ、さらに使用を続けると最終的には有機 EL 層が短絡して EL 素子の破壊が生じることが知られている。このような破壊の原因としては有機 EL 層の結晶化や、結晶化に伴う空間電荷の蓄積、および誘電分極による素子の電位気的な性質の変化が考えられ、また電極の酸化による劣化もその原因になっていると推察される。

そこで、有機 EL 素子の長寿命化を図るためには、発光効率や輝度を維持しながら動作電圧を抑制する、すなわち有機 EL 素子を高効率とすることが重要であり、動作電圧を抑制することは、有機 EL 素子の消費電力を抑制することにもつながる。

有機 EL 素子の開発当初は、正極 / 発光層 ( 有機 EL 層 ) / 負極からなる単純な構造であったが、有機 EL 素子を高効率とするために、例えば正極 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 負極、からなる、いわゆる積層型有機 EL 素子が提案されている。( 例えば非特許文献 1 参照。 )

さらに、正極から注入される正孔の量を増大させるために、正極と正孔輸送層の間に 2 - T N A T A などからなる正孔注入層を設けて、有機 EL 素子の動作電圧を低下させる方法や ( 特許文献 1 参照 )、正孔輸送層にアクセプタをドーピングすることにより、当該正孔輸送層の導電性を上げて、有機 EL 素子の動作電圧の低下と高効率化を図る方法が提案されている。( 特許文献 2 参照。 )

また、このように正孔輸送層にアクセプタをドーピングした場合には導電性は向上するものの、キャリアの閉じ込めが充分に行われず、負の方向での電圧印加に対して電流が流れる、すなわちリーク電流が発生するという問題がある。そのために、さらに電子を閉じ込めるための電子注入抑制層を形成して、導電性を向上して発光効率を高めながら、リーク電流を抑制する方法が提案されている ( 特許文献 3 参照。 )

【特許文献 1】特開 2001 - 254076 号公報

【特許文献 2】特開平 4 - 297076 号公報

【特許文献 3】特開 2002 - 196140 号公報

しかしながら、上記の有機 EL 素子のいずれの場合も、リーク電流の抑制に関しては不十分である。負の方向の電圧印加でリーク電流が流れてしまうと、例えば、以下に説明するようにクロストークが発生する原因となってしまう。

図 1 A は有機 EL 素子を用いた有機 EL 表示装置の構造を模式的に示した図であり、図 1 B はその等価回路を示した図である。

図 1 A および図 1 B を参照するに、まず素子 a を駆動させるために当該素子 a に電圧を印加する場合に、経路 E 1 に沿って電流が流れるが、その場合にまた経路 E 2 に沿って電

10

20

30

40

50

流が流れることが想定される。この場合、素子bで負方向での電圧でのリーク電流が多いと、素子bでのクロストークが発生してしまうことになる。また、電子の閉じ込めが不十分でリーク電流が多い場合には、発光に寄与する電子の割合が減少してしまうため、発光効率が低下してしまう問題があった。

このように、従来の有機EL素子では、有機EL素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機EL素子のリーク電流を抑制することは困難であった。

そこで、本発明では上記の課題を解決した、新規で有用な有機EL素子、有機EL表示装置、有機EL素子の製造方法および有機EL素子の製造装置を提供することを目的としている。

本発明の具体的な課題は、有機EL素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機EL素子のリーク電流を抑制することを可能とすることであり、さらに当該有機EL素子を用いた有機EL表示装置、当該有機EL素子の製造方法および当該有機EL素子の製造装置を提供することである。

#### 【発明の開示】

本発明による有機EL素子は、上記の問題を解決するために、正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機EL素子であって、前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させることを特徴としている。

当該有機EL素子では、前記正孔注入層の導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させるように形成したため、正孔注入層中でキャリアが涸渇した領域が形成され、当該有機EL素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機EL素子のリーク電流を抑制することを可能としている。

また、本発明による有機EL表示装置は、正極と負極間に、少なくとも発光層と、前記発光層の正極側に隣接する正孔輸送層と、前記前記発光層の負極側に隣接する電子注入輸送層とを有する有機EL素子を有する有機EL表示装置であって、前記正孔輸送層と前記正極の間に正孔注入層が形成され、当該正孔注入層は、その導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させることを特徴としている。

当該有機EL表示装置では、前記正孔注入層の導電性を当該正孔注入層の厚さ方向に連続的に変化させるように形成したため、正孔注入層中でキャリアが濃度を減少した領域が形成され、当該有機EL素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機EL素子のリーク電流を抑制し、クロストークが抑制される効果を奏する。

また、本発明による有機EL素子の製造方法では、基板上に形成された正極上に正孔注入層を形成する工程と、前記正孔注入層上に正孔輸送層を形成する工程と、前記正孔輸送層上に発光層を形成する工程と、前記発光層上に電子注入輸送層を形成する工程と、前記電子注入輸送層上に負極を形成する工程を有する有機EL素子の製造方法であって、前記正孔注入層を形成する工程は、蒸着源を使った真空蒸着法により実施され、前記正孔注入層の形成工程中は、前記蒸着源と、有機EL素子が形成される被処理基板との距離を変化させる工程を含むことを特徴としている。

当該有機EL素子の製造方法によれば、前記蒸着源と、有機EL素子が形成される被処理基板との距離を変化させる工程を含むため、前記正孔注入層の膜厚方向で、当該正孔注入層に導入する材料を変化させた膜を形成することが可能となる。

また、本発明による、有機EL素子の製造装置は、処理容器と、前記処理容器内部を排気する排気手段と、前記処理容器内部の第1の側に設けられた被処理基板を保持する保持台と、前記処理容器内部の当該第1の側に対向する第2の側に設けられた、材料を気化させる蒸着源とを有し、当該蒸着源によって気化された前記材料が前記被処理基板に蒸着される、有機EL素子の製造装置であって、前記気化手段を前記処理容器内で移動させる移動手段を有し、前記移動手段は、少なくとも前記蒸着源を前記第1の側から第2の側の方へ、または前記第2の側から第1の側の方へ移動させることが可能な構造であることを特徴としている。

10

20

30

40

50

上記有機EL素子の製造装置によれば、有機EL素子の有機層を形成する場合に、前記蒸着源を前記第1の側から第2の側の方向へ、または前記第2の側から第1の側の方向へ移動させることにより、形成される膜の膜厚の再現性や、膜中に添加される成分の濃度の再現性が良好となる効果を奏する。

【図面の簡単な説明】

図1Aは、従来の有機EL表示装置を模式的に示した図であり、図1Bはその等価回路図である。

図2は、本発明による有機EL素子を模式的に示した断面図である。

図3A～図3Cは、図2の有機EL素子の正孔注入層の詳細を模式的に示した断面図である。

図4A～図4Cは、図3A～図3Cに示した正孔注入層のアクセプタの濃度を模式的に示した図である。

図5は、図4A～図4Cに示した正孔注入層を用いた有機EL素子の特性を示した図である。

図6は、本発明による有機EL表示装置を模式的に示した斜視図である。

図7は、有機EL素子を形成する場合の有機層の成膜方法を模式的に示した図である。

図8は、本発明による有機EL素子の製造装置を模式的に示した断面図である。

図9は、図8の製造装置で形成される有機層に導入される成分の濃度を示した図である。

図10A、図10Bは、図8に示した製造装置によって製造した有機EL素子の輝度と輝度半減期のバラつきを調べた結果を示した図である。

図11は、図8に示した製造装置によって有機EL素子を製造する場合の基板の一例を模式的に示した図である。

図12は、図8の製造装置によって有機EL素子を製造する場合の、被処理基板と蒸着源の位置関係の一例を示した図である。

図13A～図13Lは、図8の製造装置によって形成される有機層に導入される成分の濃度の状態の例を示した図である。

図14A～図14Fは、図8に示した製造装置で用いることが可能な蒸着の材料の分子式の例を示した図である。

【発明を実施するための最良の形態】

次に、本発明の実施の形態に関して図面にに基づき、説明する。

図2は、本発明による有機EL素子の構成の一例の断面を、模式的に示した図である。

図2を参照するに、図2に示した有機EL素子100は、例えばガラスからなる基板101上に、透明な電極、例えばITOからなる正極201が形成され、当該正極201と、例えばAlからなる負極701に、有機EL層からなる発光層501が挟持された構造になっている。

前記発光層501と前記負極701の間には、電子注入輸送層601が形成され、また、前記発光層501と前記正極201の間には、前記発光層501に接するように正孔輸送層401が形成されており、さらに当該正孔輸送層401と前記正極201の間には、当該正孔輸送層401と前記正極201に接するように正孔注入層301が形成されている。

前記有機EL素子100では、前記負極701と前記正極201の間に順方向に電圧が印加されることにより、前記負極701から電子が、また前記正極201からは正孔が前記発光層501に注入される。当該電子と当該正孔の再結合により、前記発光層501のエネルギーギャップに対応した波長で当該発光層501が発光する。

前記正極201には仕事関数の大きい、例えば導電性酸化物であるITOが用いられ、負極には仕事関数の小さい、例えばAl-Liなどが用いられる。

前記発光層501の発光効率を高めるためには、前記発光層501に効率よくキャリアを注入することが重要であるが、前記正極201と前記発光層501また前記負極701と前記発光層501の間では大きなバンド段差が形成されるため、素子の抵抗を低減して

10

20

30

40

50

キャリアを効率よく注入するための層が必要であり、本実施例では正孔注入層 301 と電子注入輸送層 601 が設けられている。

本実施例においては、前記正孔注入層 301 にはアクセプタが導入されて導電性が増大され、前記正極 201 から前記発光層 501 に効率よく正孔が注入されるようになっている。

しかし、前記発光層 501 で発光効率を高めるためには、さらに当該発光層 501 中に電子と正孔が閉じ込められて再結合が促進されることが重要であり、例えば発光に寄与せずに発光層を通過する電子が多い場合には、リーク電流が増大するが、当該リーク電流の増大は発光効率の低下を示している。

そのため、前記発光層 501 を挟持する層は効率よくキャリアを当該発光層 501 に注入すると共に、キャリアを閉じ込める機能を有することが好ましい。

そのため、本実施例では前記正孔輸送層 401 を設け、正孔を効率よく前記発光層に輸送すると共に、前記発光層 501 から電子が前記正極 201 側へ通過するのを阻止して発光効率を高めるように、電子を発光層中に閉じ込める役目を果たすエネルギー障壁の大きさを高くした構造になっている。そのため、前記正孔輸送層 401 を電子阻止層と呼ぶ場合もある。

しかし、単に前記正孔注入層 301 にアクセプタを導入する従来の有機 EL 素子の場合には、以下に説明するように、素子の抵抗を下げて動作電圧を抑制することと、キャリアの閉じ込め効果を維持してリーク電流を抑制することを両立することは困難であった。

例えば前記発光層 501 に注入される電子の中には、前記正孔輸送層（電子阻止層）401 を通過するものがあり、前記正孔輸送層 401 で完全に電子の通過を防止すること、いわゆる素抜けを防止することは困難である。

従来の有機 EL 素子の場合、正孔輸送層を通過した電子は正孔注入層を容易に通過して正極に達するためリーク電流が大きく、特に動作電圧を抑制する目的で、正孔注入層の導電性を増大させるためにアクセプタの濃度を増大させようとした場合にはリーク電流が増大する問題を抑制するのは困難であった。

一方、本実施例による、前記有機 EL 素子 100 の場合には、前記正孔注入層 301 の導電性を、当該正孔注入層 301 の前記正極 201 に面した側から前記正孔輸送層 401 に面した側にむかって連続的に変化するように形成した。

そのため、当該有機 EL 素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機 EL 素子のリーク電流を抑制することを可能としている。すなわち、当該正孔注入層の導電性を向上させて動作電圧を抑制する効果を得る部分と、導電性を低下させて電子の通過を阻止してリーク電流を抑制する部分を設けることで、動作電圧を抑制しながらリーク電流を抑制することを可能としている。

例えば、前記正孔注入層 301 に、アクセプタをドーピングすることで当該導電性を制御することが可能であるが、当該正孔注入層 301 の膜厚方向、すなわち前記正極 201 から前記正孔輸送層 401 の方向においてアクセプタの濃度を連続的に変化させるように形成することで当該正孔注入層 301 中に、導電性を増大させる部分と導電性を低下させる部分を形成することを可能としている。

このように、前記有機 EL 素子 100 において、前記正孔注入層 301 の導電性を変化した例である正孔注入層 301 A ~ 301 C を次に図 3 A ~ 図 3 C に示す。なお、図 2 に示したように、前記正極 201 から前記電子輸送層 401 に向かう方向、すなわち前記正孔注入層 301 の膜厚方向を x 軸方向とする。

まず、図 3 A を参照するに、本図に示す正孔注入層 301 A の場合には、前記正孔注入層 301 A のアクセプタ濃度が、前記正極 201 の近傍で低くなるように形成されている。前記正孔注入層 301 A は、前記正極 201 に面する側にアクセプタの濃度が低い低濃度層 301 b が形成され、さらに当該低濃度層 301 b と前記正孔輸送層 401 の間にアクセプタ濃度が高い高濃度層 301 a が形成されている。そのため、前記正孔輸送層 401 を通過した電子が前記低濃度層 301 b によって当該正孔注入層 301 A を通過することを阻止すると共に、アクセプタ濃度が高い高濃度層 301 a が形成されることによって

10

20

30

40

50

、当該正孔注入層 301A の導電性を高く維持して、正孔が効率的に発光層に注入されるようにして有機 EL 素子の動作電圧を抑制する効果を奏する。

また、前記正極 201 に用いられる ITO は、膜の表面粗さ、すなわち膜の表面の凹凸が大きく、特に突起した部分が起点となってリーク電流が大きくなる現象が生じる場合があった。本図に示したように正極の近傍にアクセプタ濃度が低く導電性が小さい低濃度層を設けることによって、正極の表面粗さに起因する電界集中効果、および当該電界集中効果に伴うリーク電流の増大を抑制する効果も奏する。

次に、図 3B を参照するに、本図に示す正孔注入層 301B の場合には、当該正孔注入層 301B のアクセプタ濃度が、前記正孔輸送層 401 の近傍で低くなるように形成されている。前記正孔注入層 301B は、前記正孔輸送層 401 に面する側にアクセプタの濃度が低い低濃度層 301d が形成され、さらに当該低濃度層 301d と前記正極 201 の間に、アクセプタ濃度が高い高濃度層 301c が形成されている。そのため、前記正孔輸送層 401 を通過した電子が前記低濃度層 301d によって当該正孔注入層 301B を通過することを阻止すると共に、アクセプタ濃度が高い高濃度層 301c が形成されることによって、当該正孔注入層 301B の導電性を高く維持して、正孔が効率的に発光層に注入されるようにして有機 EL 素子の動作電圧を抑制する効果を奏する。

また、次に図 3C に示す正孔注入層 301C のように、当該正孔注入層 301C のアクセプタ濃度が、前記正極 201 の近傍と、前記正孔輸送層 401 の近傍の双方で低くなるように形成すると、さらにリーク電流を抑制する効果が大きくなる。

前記前記正孔注入層 301C では、前記正極 201 に面する側にアクセプタ濃度が低い低濃度層 301g が、また正孔輸送層 401 に面する側にアクセプタの濃度が低い低濃度層 301f が形成され、さらに当該低濃度層 301g と当該低濃度層 301f の間に、アクセプタ濃度が高い高濃度層 301e が形成されている。

そのため、前記正孔輸送層 401 を通過した電子が前記低濃度層 301f と前記低濃度層 301g によって当該正孔注入層 301C を通過することを阻止すると共に、アクセプタ濃度が高い高濃度層 301e が形成されることによって、当該正孔注入層 301C の導電性を高く維持して、正孔が効率的に発光層に注入されるようにして有機 EL 素子の動作電圧を抑制する効果を奏する。

次に、図 3A ~ 図 3C に示した正孔注入層を用いた有機 EL 素子の構成の詳細な例について、それぞれ図 4A ~ 図 4C に基づき以下に説明する。

#### 【実施例 1】

図 4A は、図 2 に示した有機 EL 素子で、正孔注入層に図 3A に示した正孔注入層 301A を用いた例を示した図であり、併記したグラフは正孔注入層のアクセプタ濃度を模式的に示したものである。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略するが、本図では、正孔注入層、正極および正孔輸送層以外は図示を省略しており、本図の x 軸方向は図 2 の x 軸方向に対応している。(以下図 4B ~ 図 4C において同じ。)

本実施例では、基板 101 にガラスからなる基板、正極 201 には ITO 電極、正孔注入層 301A には、2-TNATA(4,4',4"-tris(2-naphthylphenylamino)triphenylamine、バンドー化学)、正孔注入層にドーブするアクセプタに F4-TCNQ(2,3,5,6-tetrafluoro-7,7,8,8-tetracyanoquinodimethane、アルドリッチ)、正孔輸送層(電子抑制層)401に-NPD(N,N'-di(1-naphthyl)-N,N'-diphenyl-[1,1'-biphenyl]-4,4'-diamine、TYE501、東洋インキ)、発光層 501 には Alq(TYE701、東洋インキ)をホストとして発光材料をドーブしたもの、電子輸送層 601 に Alq、負極 701 に Al-Li を用いた。

また、アクセプタとしては、FeCl<sub>3</sub>、InCl<sub>3</sub>、AsF<sub>6</sub>、Cl、Br、I などの無機材料、TCNQ(7,7,8,8,-テトラシアノキノジメタン)、TCNE(テトラシアノエチレン)などのシアノ基を有する化合物、TNF(トリニトロフルオレノン

10

20

30

40

50

）、DNF（ジニトロフルオレノン）などのニトロ基を有する化合物、などの有機材料を用いることも可能である。

本実施例に示す有機EL素子を形成する場合には、まずITO付きガラス基板を水、アセトン、イソプロピルアルコールにより超音波洗浄し、UVオゾン処理もしくは酸素プラズマ処理を施した。UVオゾン処理は大気中でUV照射を20分行った。

次に正極となるITO表面上に、真空蒸着装置を用いて、圧力 $1 \times 10^{-6}$  torr、基板温度は室温で以下の膜を蒸着する。

まず、2-TNATAとF4-TCNQをそれぞれ蒸着速度 $0.1 \text{ nm/s}$ 、 $0.0004 \text{ nm/s}$ で厚さ $10 \text{ nm}$ （ $0.04\%$ ）蒸着して前記低濃度膜301bを形成した。さらに、2-TNATAとF4-TCNQをそれぞれ蒸着速度 $0.1 \text{ nm/s}$ 、 $0.00012 \text{ nm/s}$ で厚さ $30 \text{ nm}$ （ $0.12\%$ ）蒸着して前記高濃度膜301aを形成した。

10

上記によって形成される正孔注入層301A上に、NPDを蒸着速度 $0.1 \text{ nm/s}$ で厚さ $10 \text{ nm}$ 蒸着し、正孔輸送層401を形成した。

次に、発光材料をドーブしたAlqを厚さ $30 \text{ nm}$ 蒸着して発光層501を形成した。さら発光層上にAlqを厚さ $20 \text{ nm}$ 形成して電子注入輸送層601とし、負極としてLiFを厚さ $0.5 \text{ nm}$ 、Alを厚さ $100 \text{ nm}$ 形成して有機EL素子を形成した。

このようにして形成した有機EL素子にITOを正極、Al-Liを負極として電圧6V以上を印加すると緑色発光が観測された。

また、図4Aには前記x軸方向、すなわち正孔注入層の膜圧方向でのアクセプタの濃度を模式的に示した図を示してあるが、前記低濃度層301bではアクセプタ濃度が低く、前記高濃度層301aではアクセプタ濃度が高くなっていることがわかる。

20

このような正孔注入層は $40 \sim 50 \text{ nm}$ 形成されることが好ましい。また、正孔注入層ではアクセプタ濃度が前記低濃度層301bから前記高濃度層301aにおいて少なくとも $10\%$ 以上変化するようにすると、リーク電流を抑制する効果が大きくなり、好適である。

また、前記低濃度層301bと高濃度層301aの境界である境界g1では、アクセプタ濃度の勾配は、急峻な変化ではなく、連続的な変化であって、緩やかな勾配となることが好ましい。これはアクセプタの濃度勾配を緩やかに形成した場合に、有機EL素子の寿命が長くなるためである。また、このように濃度変化や濃度勾配を有する有機層を形成する場合に用いる製造装置については後述する。

30

#### 【実施例2】

また、図4Bは、図2に示した有機EL素子で、正孔注入層に図3Bに示した正孔注入層301Bを用いた例を示した図であり、併記したグラフは正孔注入層のアクセプタ濃度を模式的に示したものである。

本実施例では、基板101、正極201、正孔輸送層（電子抑制層）401、発光層501、電子輸送層601および負極701の構造は実施例1に記載した場合と同一であり、実施例1に記載した方法で形成することが可能である。

本実施例では実施例1の場合と同様に、正孔注入層301Bには、2-TNATA、正孔注入層にドーブするアクセプタにF4-TCNQを用いてITO表面上に以下のように正孔注入層301Bを形成した。

40

まず、2-TNATAとF4-TCNQをそれぞれ蒸着速度 $0.1 \text{ nm/s}$ 、 $0.00012 \text{ nm/s}$ で厚さ $30 \text{ nm}$ （ $0.12\%$ ）蒸着して前記高濃度膜301cを形成した。さらに、2-TNATAとF4-TCNQをそれぞれ蒸着速度 $0.1 \text{ nm/s}$ 、 $0.00004 \text{ nm/s}$ で厚さ $10 \text{ nm}$ （ $0.04\%$ ）蒸着して前記低濃度膜301dを形成した。

また、図4Bには前記x軸方向、すなわち正孔注入層の膜圧方向でのアクセプタの濃度を模式的に示した図を示してあるが、前記高濃度層301cではアクセプタ濃度が高く、前記低濃度層301dではアクセプタ濃度が低くなっていることがわかる。

このような正孔注入層は $40 \sim 50 \text{ nm}$ 形成されることが好ましい。また、正孔注入層

50

ではアクセプタ濃度が前記高濃度層 301c から前記低濃度層 301d において少なくとも 10% 以上変化するようにすると、リーク電流を抑制する効果が大きくなり、好適である。

また、前記高濃度層 301c と低濃度層 301d の境目である境界 g2 では、実施例 1 の境界 g1 の場合と同様の理由からアクセプタ濃度の勾配は、急峻な変化ではなく、連続的な変化であって、緩やかな勾配となることが好ましい。

#### 【実施例 3】

また、図 4C は、図 2 に示した有機 EL 素子で、正孔注入層に図 3C に示した正孔注入層 301C を用いた例を示した図であり、併記したグラフは正孔注入層のアクセプタ濃度を模式的に示したものである。

本実施例では、基板 101、正極 201、正孔輸送層（電子抑制層）401、発光層 501、電子輸送層 601 に Alq および負極 701 の構造は実施例 1 に記載した場合と同一であり、実施例 1 に記載した方法で形成することが可能である。

本実施例では実施例 1 の場合と同様に、正孔注入層 301C には、2-TNATA、正孔注入層にドーブするアクセプタに F4-TCNQ を用いて以下のように ITO 表面上に正孔注入層 301C を形成した。

まず、2-TNATA と F4-TCNQ をそれぞれ蒸着速度 0.1 nm/s、0.0004 nm/s で厚さ 10 nm (0.04%) 蒸着して前記低濃度膜 301g を形成した。さらに、2-TNATA と F4-TCNQ をそれぞれ蒸着速度 0.1 nm/s、0.00016 nm/s で厚さ 20 nm (0.16%) 蒸着して前記高濃度膜 301e を形成した。次に、2-TNATA と F4-TCNQ をそれぞれ蒸着速度 0.1 nm/s、0.00004 nm/s で厚さ 10 nm (0.04%) 蒸着して前記低濃度膜 301f を形成して正孔注入層 301C を形成した。

また、図 4C には前記 x 軸方向、すなわち正孔注入層の膜圧方向でのアクセプタの濃度を模式的に示した図を示してあるが、前記高濃度層 301e ではアクセプタ濃度が高く、前記低濃度層 301g、301f ではアクセプタ濃度が低くなっていることがわかる。

このような正孔注入層は 40~50 nm 形成されることが好ましい。また、正孔注入層ではアクセプタ濃度が前記低濃度層 301g から前記高濃度層 301e において少なくとも 10% 以上変化するようにすると、リーク電流を抑制する効果が大きくなり、好適である。また、アクセプタ濃度が前記高濃度層 301e から前記低濃度層 301f において少なくとも 10% 以上変化するようにすると、リーク電流を抑制する効果が大きくなり、好適である。

また、低濃度層と高濃度層の境目である境界 g3 および g4 では、実施例 1 の境界 g1 の場合と同様の理由からアクセプタ濃度の勾配は、急峻な変化ではなく、連続的な変化であって、緩やかな勾配となることが好ましい。

次に、上記実施例 1~実施例 3（正孔注入層 100A~100C を用いた場合）の有機 EL 素子のリーク電流、発光輝度、動作電圧、発光効率を比較した結果を図 5 に示す。また、比較例として、正孔注入層で導電性を略均一としたものの結果を併記した。当該比較例の場合、正孔注入層を、2-TNATA と F4-TCNQ をそれぞれ蒸着速度 0.1 nm/s、0.0001 nm/s で厚さ 40 nm (0.1%) 蒸着したものをを用い、これ以外の構成は実施例 1~実施例 3 の場合と同一とした。

図 5 を参照するに、実施例 1~実施例 3 の場合において、比較例と比べた場合に、発光輝度、動作電圧、発光効率を同程度の値に保持しながら、比較例に比べてリーク電流が抑制された効果が確認された。すなわち、正孔注入層にアクセプタをドーブして、発光輝度、発光効率を高くし、動作電圧を抑制する効果を維持しながら、アクセプタをドーブした場合にリーク電流が増大するという従来の問題点を抑制する効果が確認された。

また、実施例 1 の場合には、実施例 2 の場合に比べてさらにリーク電流が低くなっているが、これは正孔注入層 100A の説明で記述したように、前記正極 201 に用いられる ITO の膜の表面粗さ、すなわち膜の表面の凹凸に起因するリーク電流の増大を抑制する結果であると考えられる。

10

20

30

40

50

さらに、実施例 3 の場合には、実施例 1 および実施例 2 に比べてリーク電流が小さくなっており、正孔注入層の導電性、この場合アクセプタ濃度が、正極近傍と正孔輸送層近傍の双方で低くなるように形成されているため、リーク電流を抑制する効果が大きくなっていると共に、アクセプタのドーピングによって発光輝度、発光効率を高くし、動作電圧を抑制する従来の効果が維持されることも併せて確認された。

#### 【実施例 4】

実施例 1 ~ 実施例 3 に示したいずれかの有機 EL 素子を用いて、有機 EL 表示装置を形成することが可能であり、図 6 には本発明の実施例 4 による有機 EL 表示装置を形成した一例の斜視図である有機 EL 表示装置 100A を示す。

本実施例による有機 EL 表示装置は、例えば対角線の大きさ（画面サイズ）が 3.5 インチのものであり、通常の有機 EL 表示装置の製造方法で製造することが可能であり、配線系統や制御装置も通常の有機 EL と同様のものを用いることが可能である。

本実施例による有機 EL 表示装置は、発光輝度、発光効率が高くかつ動作電圧が低いために消費電力が小さく、また動作電圧が低いために表示装置の寿命が長いという特長を有している。

さらに、有機 EL 素子の、負電圧に対するリーク電流が抑制されているため、クロストークの発生が抑制されるという効果を奏する。

#### 【実施例 5】

また、実施例 1 ~ 実施例 3 に示した有機 EL 素子の発光層、電子注入輸送層、正孔輸送層および正孔注入層などの有機物薄膜層は、前記したように真空蒸着法により形成される。

従来の真空蒸着装置の構成の一部を模式的に示した図 7 に示す。図 7 を参照するに、従来の真空蒸着装置は、図示しない真空容器内に設けられた、材料 Liq を保持する蒸着源 P0 を、例えば高電気抵抗加熱手段 h によって加熱して材料を蒸発または昇華させることで気化し、被処理基板 Su に蒸着する構造となっている。

このように真空蒸着法を用いて有機 EL 素子を形成する場合、重要となるのが製品間でのバラつきを抑制して歩留りを向上させることである。従来の真空蒸着装置の場合、形成される膜の厚さ、組成などのバラつきが大きい問題があった。例えば成膜速度を制御する場合に、抵抗加熱の制御による温度制御の速度が遅く、成膜速度、すなわち形成される膜の膜厚の制御性が劣っていた。

また、特に先に記述した実施例 1 ~ 実施例 3 では正孔注入層の導電性を連続的に変化させて導電性を制御しているため、形成される膜の膜厚の再現性がよく、また導電性を変化させるために添加する材料の濃度の再現性がよいことが必要であるが、従来の装置でこれらを達成するのは困難であった。

また、例えば図 2 に示す有機 EL 素子のように種類の異なる有機膜を積層することは困難であった。

例えば、特開 2001 - 23776 号公報に開示されているように、膜中の濃度勾配を、蒸着源の加熱手段に流す電流によって制御する場合には、蒸着速度が不安定であり、十分な制御性が得られない。

また、例えば特開 2003 - 77662 号公報には、固定された複数の蒸着源の上部で基板を移動させることにより、膜中に添加される添加物の濃度勾配を有する膜を形成する方法が提案されているが、この方法をとると製造装置そのものが非常に大きく高価なものになってしまう。

本実施例では、従来の真空蒸着装置が有する問題を解決して、形成される膜厚の制御性と再現性がよく、また膜中の添加物や成分などの濃度勾配の制御性や再現性にすぐれた有機 EL 製造装置の説明をする。

図 8 は、本実施例による有機 EL 製造装置である真空蒸着装置 10 を模式的に示した図である。

図 8 を参照するに、真空蒸着装置 10 の概略は、処理容器 11 の内部に材料 19a を保持し、気化させる蒸着源 18a、および材料 19b を保持し、気化させる蒸着源 19b を

10

20

30

40

50

有しており、保持台 1 5 に保持部材 1 2 a によって保持された被処理基板 1 5 に気化させた材料を蒸着する構造になっている。

前記処理容器 1 1 には、第 1 の排気口 2 4 を有し、当該第 1 の排気口 2 4 には、粗引きライン 2 5 が接続され、図示しない排気手段、例えばドライポンプなどによって処理容器 1 1 の内部が真空排気される。

さらに、前記処理容器 1 1 には、第 2 の排気口 2 2 が設けられ、当該第 2 の排気口には高真空ポンプ、例えば吸着型ポンプであるクライオポンプなどが接続され、当該処理容器 1 1 内部を高真空に保持することが可能になっている。

前記保持台 1 2 は、例えば略円筒状の支持部 1 3 によって支持され、当該支持部 1 3 と前記処理容器 1 1 の間は例えば磁性流体によりシールされる。前記支持部 1 3 は回動機構 1 4 に接続され、前記保持台 1 2 は、前記支持部 1 3 を介して当該回動機構 1 4 により、回動される構造となっている。前記被処理基板 1 5 が前記保持台 1 2 によって回動されることにより、被処理基板 1 5 に蒸着される膜の膜厚の均一性が良好となる効果を奏する。また、前記保持台 1 2 の近傍には、蒸着される膜の厚さを検知する検知手段 2 7 が設けられている。

10

前記蒸着源 1 8 a に保持された材料 1 9 a は、当該処理容器 1 8 a に設けられた図示しない加熱手段によって加熱されて蒸発または昇華により気化して気化材料 1 9 a' となり、被処理基板 1 5 に蒸着される。同様に、前記蒸着源 1 8 b に保持された材料 1 9 b は、当該処理容器 1 8 b に設けられた図示しない加熱手段によって加熱されて気化して気化材料 1 9 b' となり、被処理基板 1 5 に蒸着される構造になっている。

20

前記蒸着源 1 8 a は、例えば多関節アームなどの上下機構からなる移動手段 1 7 a によって支持されており、当該蒸着源 1 8 a は当該移動手段 1 7 a によって上下方向に、すなわち処理容器 1 1 内において前記蒸着源 1 8 a が設けられた側から前記保持台 1 5 が設けられた側に向かう方向に略平行な方向、すなわち当該蒸着源 1 8 a が被処理基板 1 5 に近づく方向または遠ざかる方向（図中当該方向を z 軸方向とする）に移動させることが可能な構造になっている。

同様に、前記蒸着源 1 8 b は、例えば多関節アームなどの上下機構からなる移動手段 1 7 b によって支持されており、当該蒸着源 1 8 b は当該移動手段 1 7 b によって上下方向に、すなわち z 軸方向に可動させることが可能な構造になっている。

このように、成膜のための材料を気化させる蒸着源を移動させる構造としたことで、基板に到達する蒸着される気化した材料の量を速やかに制御して再現性よく被処理基板上に薄膜を形成することが可能になる。

30

例えば、従来は蒸着源の加熱手段による温度調節によって成膜速度や成膜される膜厚を制御していたため、制御速度に限界があり、また突沸などの不安定な要因があったために膜厚の再現性を良好とすることは困難であった。

本実施例では、前記移動手段 1 7 a によって速やかに成膜速度を制御可能であるため、形成される薄膜の膜厚を制御性よく、また再現性を良好に形成できる。

この場合、前記蒸着源 1 8 a に設けられた、当該蒸着源 1 8 a と共に移動手段 1 7 a によって移動し、当該蒸着源 1 7 a と一定の距離を保持する、蒸着源 1 8 a から気化する材料の量を測定する検知手段 2 0 a が設けられているため、形成される膜厚の再現性が良好となる効果を奏する。

40

前記検知手段 2 0 a は、前記蒸着源 1 8 a から気化する材料の量を検知する測定手段であり、例えば成膜速度を一定に保持する場合には、前記蒸着源 1 8 a から気化する材料の量が増大したら前記移動手段 1 7 a によって、前記蒸着源 1 8 a と前記被処理基板 1 5 の距離 d 0 が大きくなるように制御される。また、前記蒸着源 1 8 a から気化する材料の量が減少した場合には前記距離 d 0 が小さくなるように前記移動手段 1 7 a で制御される。

この場合、前記検知手段 2 0 a からの検知された信号は、制御装置 1 0 A に送られ、当該信号に応じて制御装置 1 0 A によって前記移動手段 1 7 a が制御されて前記距離 d 0 が制御される。また、前記制御装置 1 0 A は、前記保持台の回動や加熱手段の制御、および検知手段 2 7 に基づく制御など成膜に関する真空蒸着装置 1 0 の制御を行う機能を有して

50

いる。

このため、材料の気化が不安定な場合にも速やかに前記距離  $d_0$  を制御することで、成膜速度の制御性が良好となるため、形成される薄膜の膜厚の再現性が良好となる効果を奏する。

また、前記蒸着源 18 b に関しても、前記蒸着源 18 a と同様に、移動手段 17 b および検知手段 20 b を有し、前記蒸着源 18 a の場合の前記移動手段 17 a および検知手段 20 a とそれぞれ同様の効果を奏する。

またこの場合、複数の蒸着源を用いることで、様々な組成の膜を形成することが可能となり、また様々な濃度勾配を制御性よく、また再現性を良好に形成することが可能となる。

10

例えば材料 19 a からなる薄膜中に、材料（または添加剤などでもよい）19 b を混合または添加する場合を考えると、本実施例の場合は、成膜開始後に必要に応じて前記移動手段 17 a または移動手段 17 b によって前記蒸着源 18 a または蒸着源 18 b を移動させることによって、形成される薄膜に添加される、材料 19 a に対する材料 19 b の割合を制御することが可能となり、さらに膜厚方向において濃度の勾配を設けることが可能である。

例えば、図 9 は本実施例による真空蒸着装置 10 によって形成される薄膜の成分を示した例であり、材料 19 a に添加される材料 19 b の割合を示したものである。

図 9 を参照するに、形成される薄膜の膜厚方向に従って、材料 19 b の濃度が増大するようになっている。これは、成膜が進行するに従い、前記移動手段 17 b によって被処理基板 15 と前記蒸着源 18 b の距離を近づけるよう制御することでこのような濃度勾配を有する膜を形成することが可能となる。

20

また、この場合、前記蒸着源 18 a を被処理基板から遠ざかるように制御してもよく、また蒸着源 18 b と蒸着源 18 a の双方を移動させるように制御してもよい。

このように、従来は形成することが困難であった、添加物の濃度勾配を有する膜を、制御性よく、また再現性よく形成することが可能となる。またこの場合、前記検知手段 20 a および 20 b と制御装置 10 A によって成膜速度が制御されるために、添加材料の濃度勾配のみならず膜厚も制御性よく、また再現性よく形成することができる。

また、前記移動手段 17 a および前記移動手段 17 b は、それぞれ移動手段 21 a および移動手段 21 b 上に固定されている。前記移動手段 21 a および前記移動手段 21 b は、前記処理容器 10 の底部に設けられた略レール状のスライド受け 16 上をスライドするように移動し、前記蒸着源 18 a および前記蒸着源 18 b を、被処理基板と略平行な方向に移動させることが可能な構造となっている。この場合、前記移動手段 21 a および前記移動手段 21 b の移動は前記制御装置 10 A によって制御される。

30

このように前記蒸着源 18 a および 18 b が被処理基板と略平行な方向（図面上の x 軸方向）を移動することが可能な構造としたことにより、さらに成膜速度や被処理基板の面内での成膜速度の均一性を良好とする場合の制御性が良好となり、さらに添加する材料の濃度分布を制御する制御のバリエーションが広がり、制御性が良好となる効果を奏する。

また、前記処理容器 11 内には、例えば開口部を有する筐体形状の蒸着遮断手段 26 を設けてある。このため、前記蒸着源 18 a または蒸着源 18 b を前記蒸着遮断手段 26 の内部に移動させることで、当該蒸着源 18 a または蒸着源 18 b から気化する材料が被処理基板に蒸着する速度を速やかに低下させることが可能であり、例えば異なる材料からなる薄膜を積層させる場合や、図 13 A ~ 図 13 L で後述する様々な濃度勾配を形成する場合に制御性が良好となって好適である。このような蒸着制御手段は筐体形状に限定されるものではなく、蒸着源から気化する材料を遮断するものであればよく、例えば板状または円板状のシャッターなどを用いることが可能である。

40

本実施例による真空蒸着装置により、例えば図 2 に示すような有機膜が積層された有機 EL 素子を、再現性よく、そのために歩留りを良好として製造することが可能となる。

特に図 4 A ~ 図 4 C に示した、正孔注入層のアクセプタ濃度の制御性と再現性が良好である効果を奏し、さらに境界  $g_1$ 、 $g_2$ 、 $g_3$  および  $g_4$  のアクセプタ濃度の勾配を所望

50

の値に容易に形成することができる。境界 g 1 ~ g 4 では、アクセプタ濃度の変化である濃度勾配は、急峻な変化ではなく、連続的な変化であって、緩やかな勾配とした場合に、有機 E L 素子の寿命が長くなるため、このような緩やかな濃度勾配を形成して長寿命の有機 E L 素子を形成することが可能となる。

次に、本実施例による真空蒸着装置を用いて、膜厚の再現性を確認した。形成した有機 E L 素子の構成は、ITO / NPD ~ Alq 3 ( 150 nm ) / LiF ( 0.5 nm ) / Al ( 100 nm ) であり、NPD に対する Alq の濃度勾配は図 9 に示すように形成した。なお、NPD と Alq の分子式については後述する。素子の形成は以下のようにして行った。

まず、大きさが 200 × 200 mm の ITO 電極付きガラス基板を純水、アセトン、純水、イソプロピルアルコールの順で 15 分ずつ超音波洗浄し、UV - オゾン洗浄した後、図 8 に示すように被処理基板を保持台に設置した。この場合、保持台の回転速度は 10 rpm とした。

前記蒸着源 18 a には NPD、前記蒸着源 18 b には Alq 3 を入れ、加熱手段のヒータに流す電流値と温度、また気化する材料の速度が安定したら成膜を開始する。

成膜の開始にあたっては、前記蒸着源 18 b を前記蒸着遮断手段 26 内部に対比させ、前記蒸着源 18 a を、前記検知手段 27 で検知される NPD の成膜速度が 0.1 nm / s となる位置に前記移動手段 17 a によって制御する。

次に、前記蒸着源 18 b を前記蒸着遮断手段 26 内から移動させて Alq 3 の蒸着を開始する。この場合、予め設定した濃度勾配となるように、前記制御装置 10 A によって、前記移動手段 17 b によって前記蒸着源 18 b が被処理基板に近づくように制御されると共に前記移動手段 17 a によって前記蒸着源 18 a が被処理基板から遠ざかるように制御される。

この場合、前記検知手段 27 によって成膜速度は 0.1 nm / s になるように制御され、また材料の気化状態の変動による成膜速度などの変動要因は前記検知手段 20 a および 20 b によって検知され、それぞれ移動手段 17 a および 17 b の移動速度に反映され、材料の気化状態の変動が成膜速度に影響することを排除している。

成膜が終了する時点では前記蒸着源 18 a は前記蒸着遮断手段 26 の内部に退避する位置に制御される。

次に LiF 層を 0.5 nm 成膜後、Al を 100 nm 蒸着により成膜し、ガラス基板を UV 硬化接着剤で貼り付けて封止して有機 E L 素子を形成した。

再現性を確認するために上記の有機 E L 素子を 5 回形成して、電流密度 10 mA / cm<sup>2</sup> における発光輝度と素子の輝度半減寿命を調べた。その結果を図 10 B に示す。また、比較のために蒸着源の位置を移動する事無く、加熱手段の温度、すなわち加熱手段のヒータの電流値で成膜速度を操作して、従来の装置と同様に制御を行って同様に有機 E L 素子を形成した結果を図 10 A に示す。また、バラつきは 5 回の評価結果の平均値を基準として算出した。

図 10 A および図 10 B を参照するに、本実施例による真空蒸着装置を用いて、蒸着源 18 a または 18 b の位置を制御することで成膜速度、膜中の成分を制御した場合には輝度と寿命の再現性に優れバラつきが小さく、形成される製品の歩留りを高くできることが確認された。

また、本実施例による真空蒸着装置は、以下に説明するように、有機 E L 素子の有機膜の研究・開発や検査などに用いると好適であり、これらの研究・開発や評価にかかる時間を短縮して効率的に行う事が可能となる効果を奏する。

有機 E L 素子は素子構成、例えば積層される各層の膜厚、ドーパ濃度などにより発光効率や素子の寿命が大きく変化するため、膜厚やドーパ濃度を適切な膜厚やドーパ濃度を評価する必要がある有り、従来の蒸着装置ではシャドーマスクなどを用いた成膜を繰り返す必要があり、成膜に時間を要していた。

本実施例による蒸着装置では、一度の成膜でドーパ濃度の勾配を有した膜を容易に形成することができるため、例えばドーパ濃度の評価のための薄膜を一度の成膜で完了するこ

10

20

30

40

50

とが可能となる。

例えば、ドーピング濃度の評価を行うために、以下に示す構成の有機EL素子を形成した。

ITO / 2 - TNATA (40 nm) / NPD (10 nm) / CBP + x % (濃度勾配を形成する) t b p p y (20 nm) / BCP (10 nm) / Alq3 (20 nm) / LiF (0.5 nm) / Al (100 nm)

なお、2 - TNATA、t b p p y、CBP、BCPの分子式については後述する。

成膜は図11に示す、ITO電極E1が形成された基板Sub上に行い、図12に示すように蒸着源18aおよび18bを配置した。ただし図中、先に説明した部分には同一の参照符号を付し、説明を省略する。

発光層(CBP + x % (濃度勾配を形成する) t b p p y)を形成する場合の、被処理基板と前記処理容器18aの距離d1は60 cm、被処理基板と前記処理容器18bの距離d2は35 cm、前記処理容器18aと前記処理容器18bの被処理基板に平行な方向での距離d3を30 cmとし、ドーピング材料であるt b p p yが保持される蒸着源18bの位置は、被処理基板上でt b p p yの成膜速度が最も早い部分と最も遅い部分で20 : 1となるようにされている。

まず、正孔注入層である2 - TNATAを40 nmと正孔輸送層であるNPDを10 nmの厚さに基板に均一に蒸着した。発光層は、前記蒸着源18bにドーピングする材料であるt b p p yを入れ、前記蒸着源18aにはホスト材料であるCBPを入れて、前記蒸着源18bに最も近い位置にある基板状のドーピング濃度が20 wt %となるように処理容器の位置を制御して成膜を行い、基板上でドーピング濃度が連続的に変化するよう発光層を形成した。

その後、BCB層10 nm、Alq層20 nmを形成し、シャドーマスクにより陽極と直交するように帯状に陰極となる幅1 mmのLiF / Al電極を作成した。

作成した素子の発光効率および素子寿命を評価した結果、発光効率はドーピング濃度12 %が最適であり、素子寿命に関してはドーピング濃度9 %で最大になることが明らかとなった。このように本実施例による真空蒸着装置を用いると、従来は複数回の成膜を必要としていた発光層のドーピング濃度の評価を1回の成膜で完了することが可能となった。

また、本実施例による真空蒸着装置で形成することが可能な、ドーピング材料の濃度勾配の形状の例を図13A ~ 図13Lに示す。このように様々な濃度勾配を有する薄膜を、再現性よく形成することが可能である。

次に、本実施例による真空蒸着装置で用いることが可能な蒸着の材料の分子式の例を図14A ~ 図14Fに示す。

なお、Alq3は、tris(8 hydroxyquinoline) aluminumを、t b p p yは、1,3,6,8 tetrakis biphenyl 4 yl pyreneを、CBPは、4,4' N N' dicarbazole biphenylを、BCPは、Bathocuproineを示している。このような材料は一例であり、本実施例による蒸着装置ではこのほかにも任意に様々な材料を用いて、必要に応じた濃度勾配を有する薄膜を形成することが可能である。

なお、本発明の有機EL素子はフラットパネルディスプレイなどの表示装置以外にも、低消費電力光源として使うことが可能である。

以上、本発明を好ましい実施例について説明したが、本発明は上記の特定の実施例に限定されるものではなく、特許請求の範囲に記載した要旨内において様々な変形・変更が可能である。

#### 【産業上の利用可能性】

本発明によれば、有機EL素子の導電性を向上させて動作電圧を抑制しながら、有機EL素子のリーク電流を抑制することを可能とする。そのため、有機EL表示装置のクロストークを低減することが可能となる。

FIG.1A

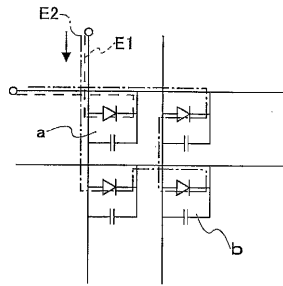
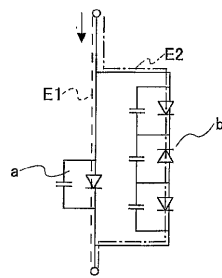
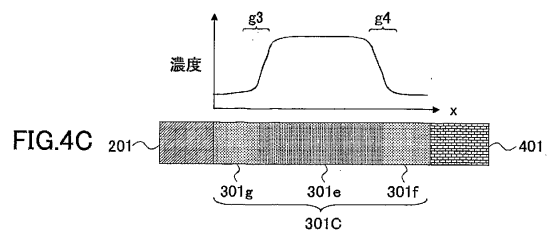
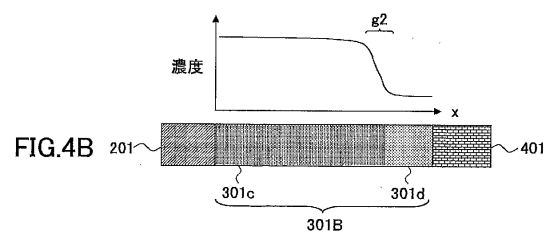
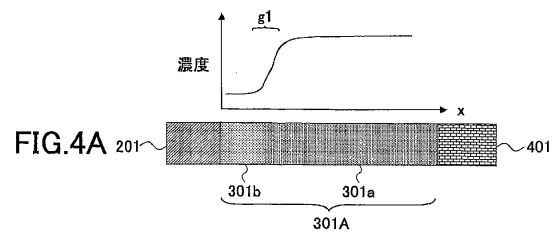
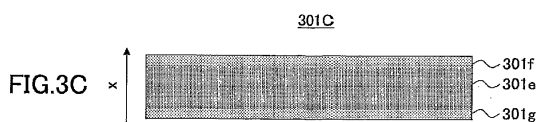
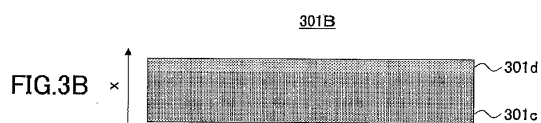
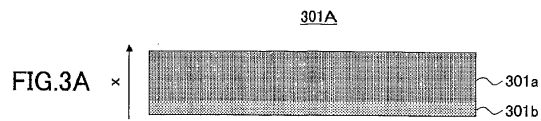
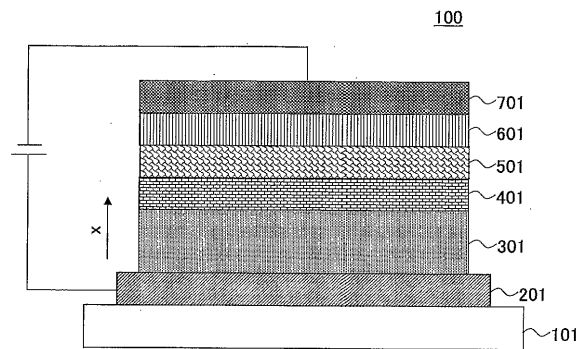


FIG.1B



【図 2】

FIG.2



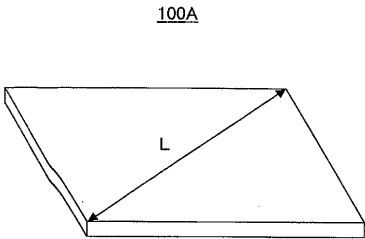
【 図 5 】

FIG.5

	リーク電流 (最大値)	発光輝度 (cd/m <sup>2</sup> )		電圧 (V)		発光効率 (lm/W)	
		1mA/cm <sup>2</sup>	15mA/cm <sup>2</sup>	1mA/cm <sup>2</sup>	15mA/cm <sup>2</sup>	1mA/cm <sup>2</sup>	15mA/cm <sup>2</sup>
比較例1	359 $\mu$ A	76	1064	3.55	5.22	6.76	4.27
実施例1	33.4 $\mu$ A	77	995	3.50	5.13	6.95	4.06
実施例2	82.2 $\mu$ A	76	1048	3.53	5.17	6.79	4.25
実施例3	18.1 $\mu$ A	80	1099	3.57	5.28	7.0	4.36

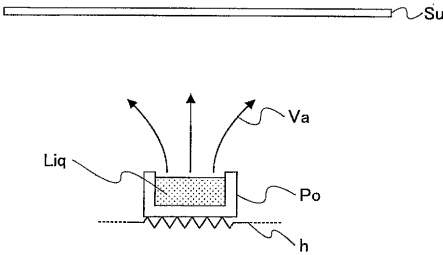
【 図 6 】

FIG.6



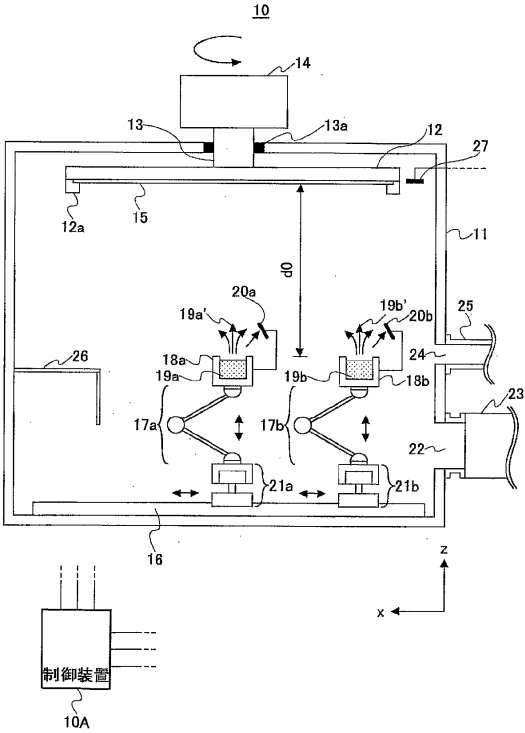
【 図 7 】

FIG.7



【 図 8 】

FIG.8



【 図 9 】

FIG.9

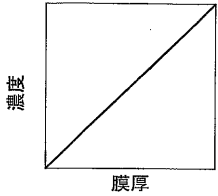


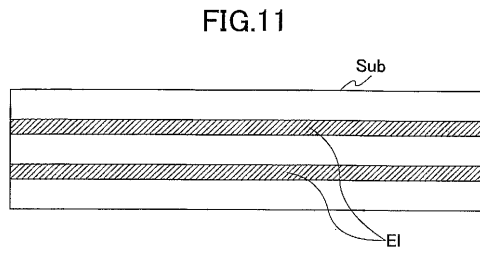
FIG.10A

	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	半減期(時間)
1回目	250	750
2回目	209	650
3回目	224	710
4回目	234	710
5回目	205	670
バラツキ最大	11.40%	7.45%

FIG.10B

	輝度(cd/m <sup>2</sup> )	半減期(時間)
1回目	227	700
2回目	220	710
3回目	225	710
4回目	229	710
5回目	232	690
バラツキ最大	3.02%	1.71%

【図 1 1】



【図 1 2】

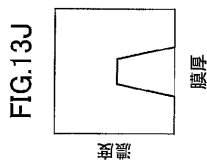
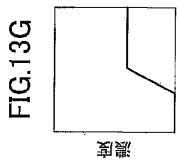
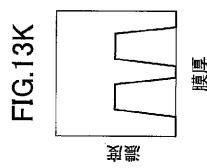
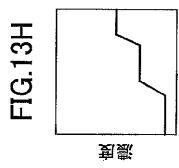
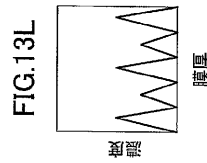
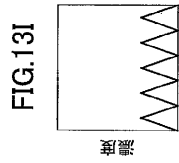
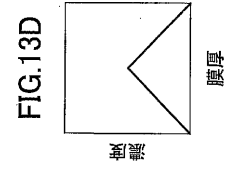
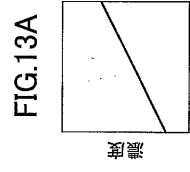
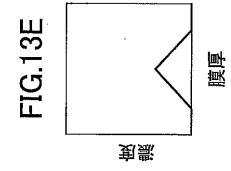
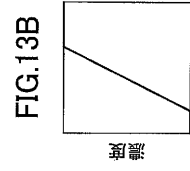
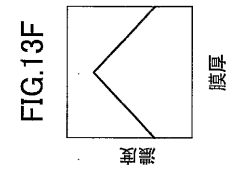
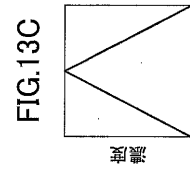
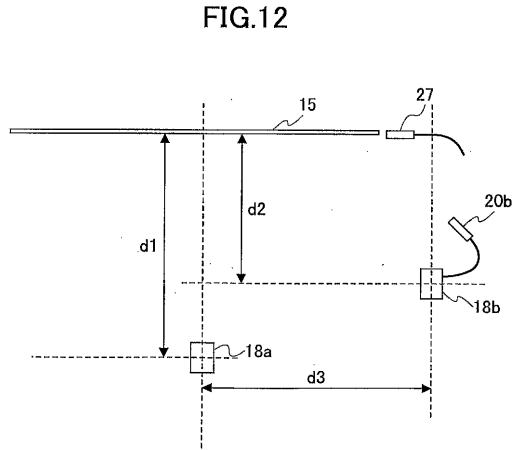


FIG.14A

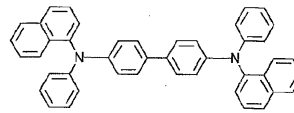
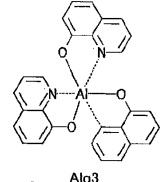
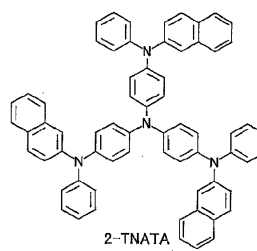
 $\alpha$ -NPD

FIG.14B



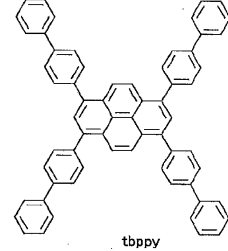
Alq3

FIG.14C



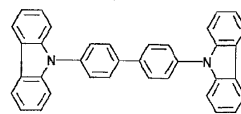
2-TNATA

FIG.14D



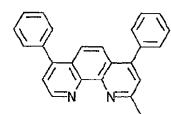
tbppy

FIG.14E



CBP

FIG.14F



BCP

## フロントページの続き

- (72)発明者 佐藤 祐  
日本国 2 5 8 - 8 5 7 7 神奈川県足柄上郡開成町牛島 5 7 7 - 1 富士写真フィルム株式会社  
内
- (72)発明者 坂本 義明  
日本国 2 5 0 - 0 1 2 3 神奈川県足柄上郡開成町宮台 7 9 8 番地 富士写真フィルム株式会社  
内
- (72)発明者 高橋 俊朗  
日本国 2 5 8 - 8 5 7 7 神奈川県足柄上郡開成町牛島 5 7 7 - 1 富士写真フィルム株式会社  
内
- (72)発明者 木下 正兒  
日本国 2 5 8 - 8 5 7 7 神奈川県足柄上郡開成町牛島 5 7 7 - 1 富士写真フィルム株式会社  
内

審査官 磯貝 香苗

- (56)参考文献 特開 2 0 0 3 - 2 2 9 2 6 4 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 5 1 2 5 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 2 2 9 2 7 8 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 2 6 0 5 7 2 ( J P , A )  
特開 2 0 0 3 - 3 2 1 4 0 3 ( J P , A )  
国際公開第 0 3 / 0 8 3 9 5 8 ( W O , A 1 )  
特開平 0 3 - 2 7 4 6 9 5 ( J P , A )  
特開 2 0 0 5 - 1 6 6 6 4 1 ( J P , A )  
国際公開第 2 0 0 4 / 0 5 7 6 8 6 ( W O , A 1 )  
特開 2 0 0 5 - 0 7 2 0 1 2 ( J P , A )  
特表 2 0 0 5 - 5 2 4 9 6 6 ( J P , A )  
特開平 1 1 - 2 5 1 0 6 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 5 0 1 6 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 2 5 2 0 7 7 ( J P , A )  
特開 2 0 0 1 - 2 4 4 0 7 9 ( J P , A )  
特開 2 0 0 0 - 1 9 6 1 4 0 ( J P , A )  
特開 2 0 0 2 - 1 4 1 1 7 3 ( J P , A )

## (58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

H01L 51/50

H05B 33/10

专利名称(译)	有机EL器件，有机EL显示器件，有机EL器件制造方法和有机EL器件制造器件		
公开(公告)号	<a href="#">JP4445925B2</a>	公开(公告)日	2010-04-07
申请号	JP2005512796	申请日	2003-12-25
[标]申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
当前申请(专利权)人(译)	富士胶片株式会社		
[标]发明人	板井雄一郎 佐藤祐 坂本義明 高橋俊朗 木下正兒		
发明人	板井 雄一郎 佐藤 祐 坂本 義明 高橋 俊朗 木下 正兒		
IPC分类号	H01L51/50 H05B33/10 H01L51/00 H05B33/14 H05B33/22		
CPC分类号	H01L51/0054 H01L51/006 H01L51/0071 H01L51/0072 H01L51/0081 H01L51/5088 H01L2251/5346		
FI分类号	H05B33/22.D H05B33/10 H05B33/14.A		
代理人(译)	中岛敦 福田浩		
其他公开文献	JPWO2005064994A1		
外部链接	<a href="#">Espacenet</a>		

# 摘要(译)

本发明的目的是使得可以在提高有机EL元件的导电性和抑制工作电压的同时抑制有机EL元件的漏电流。在正电极和负电极之间，至少发光层，与发光层的正电极侧相邻的空穴传输层，和与发光层的负电极侧相邻的电子注入传输层，其中空穴传输层和正电极在空穴注入层和空穴注入层之间形成空穴注入层，空穴注入层在空穴注入层的厚度方向上连续地改变其导电性。

