

(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2018-147706

(P2018-147706A)

(43) 公開日 平成30年9月20日(2018.9.20)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
H05B 33/04 (2006.01)	H05B 33/04	3 K 1 0 7
H05B 33/02 (2006.01)	H05B 33/02	4 K 0 3 0
H01L 51/50 (2006.01)	H05B 33/14 A	
H05B 33/10 (2006.01)	H05B 33/10	
C23C 16/40 (2006.01)	C23C 16/40	
審査請求 未請求 請求項の数 21 O L (全 38 頁) 最終頁に続く		

(21) 出願番号 特願2017-41318 (P2017-41318)
 (22) 出願日 平成29年3月6日(2017.3.6)

(71) 出願人 000004215
 株式会社日本製鋼所
 東京都品川区大崎一丁目11番1号
 (74) 代理人 110002066
 特許業務法人筒井国際特許事務所
 (72) 発明者 鷲尾 圭亮
 神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号
 株式会社日本製鋼所内
 (72) 発明者 松本 竜弥
 神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号
 株式会社日本製鋼所内
 (72) 発明者 海老沢 孝
 神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号
 株式会社日本製鋼所内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 表示装置およびその製造方法

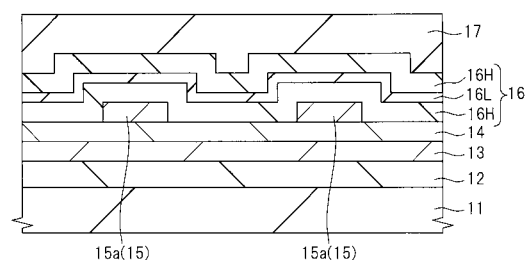
(57) 【要約】

【課題】 表示装置の保護膜の信頼性を向上させる。

【解決手段】 有機EL素子を有する表示装置の製造方法は、フレキシブル基板からなる基板11上に有機EL素子を形成する工程と、有機EL素子を覆うように、無機絶縁材料からなる保護膜16をALD法を用いて形成する工程と、を含む。保護膜16を形成する工程では、高密度層16HをALD法を用いて形成する工程と、高密度層16Hと構成元素が同じで、かつ、高密度層16Hよりも密度が低い低密度層16LをALD法を用いて形成する工程と、を交互に行うことにより、保護膜16が形成される。保護膜16は、一層以上の高密度層16Hと一層以上の低密度層16Lとからなり、かつ、低密度層16Lと高密度層16Hとが互いに接するように交互に積層された積層構造を有する。

【選択図】 図3

図 3



11: 基板
 16: 保護膜
 16H: 高密度層
 16L: 低密度層

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

フレキシブル基板と、

前記フレキシブル基板上に形成された有機 EL 素子と、

前記有機 EL 素子を覆うように形成された、無機絶縁材料からなる保護膜と、

を有する表示装置であって、

前記保護膜は、一層以上の高密度層と前記高密度層よりも密度が低い一層以上の低密度層とからなり、かつ、前記低密度層と前記高密度層とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有し、

前記保護膜を構成する前記一層以上の高密度層と前記一層以上の低密度層とは、構成元素が互いに同じである、表示装置。

10

【請求項 2】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記保護膜を構成する前記一層以上の高密度層および前記一層以上の低密度層のそれぞれは、ALD法を用いて形成された、酸化シリコン層、窒化シリコン層、酸窒化シリコン層、酸化チタン層、酸化ジルコニウム層、酸化アルミニウム層、酸窒化アルミニウム層または窒化アルミニウム層からなる、表示装置。

【請求項 3】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記保護膜を構成する前記一層以上の高密度層および前記一層以上の低密度層のそれぞれは、ALD法を用いて形成された、酸化アルミニウム層、酸窒化アルミニウム層または窒化アルミニウム層からなる、表示装置。

20

【請求項 4】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記積層構造の最下層は前記低密度層からなる、表示装置。

【請求項 5】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記積層構造の最上層は前記低密度層からなる、表示装置。

【請求項 6】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記積層構造の最下層および最上層は、それぞれ前記低密度層からなる、表示装置。

30

【請求項 7】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記積層構造は、複数の前記高密度層と、前記複数の高密度層の相互間に介在する前記低密度層とを含んでいる、表示装置。

【請求項 8】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記高密度層の厚さは、前記低密度層の厚さよりも厚い、表示装置。

【請求項 9】

請求項 8 記載の表示装置において、

前記低密度層の厚さは、2 nm 以上である、表示装置。

40

【請求項 10】

請求項 1 記載の表示装置において、

前記低密度層の密度は、前記高密度層の密度の 95% 以下である、表示装置。

【請求項 11】

請求項 10 記載の表示装置において、

前記低密度層の密度は、前記高密度層の密度の 80% 以上である、表示装置。

【請求項 12】

以下の工程を含む、有機 EL 素子を有する表示装置の製造方法：

(a) フレキシブル基板上に前記有機 EL 素子を形成する工程；

50

(b) 前記有機EL素子を覆うように、無機絶縁材料からなる保護膜をALD法を用いて形成する工程；

ここで、前記(b)工程では、

(c) 高密度層を、ALD法を用いて形成する工程、

(d) 前記(c)工程の前または後に、前記高密度層と構成元素が同じで、かつ、前記高密度層よりも密度が低い低密度層を、ALD法を用いて形成する工程、

を交互に行うことにより前記保護膜が形成され、

前記保護膜は、一層以上の前記高密度層と一層以上の前記低密度層とからなり、かつ、前記低密度層と前記高密度層とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有する、表示装置の製造方法。

10

【請求項13】

請求項12記載の表示装置の製造方法において、

前記(c)工程で形成される前記高密度層と、前記(d)工程で形成される前記低密度層とは、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムからなる、表示装置の製造方法。

【請求項14】

請求項12記載の表示装置の製造方法において、

前記(c)工程で形成される前記高密度層と、前記(d)工程で形成される前記低密度層とは、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムからなる、表示装置の製造方法。

20

【請求項15】

請求項12記載の表示装置の製造方法において、

前記(b)工程では、前記有機EL素子が形成された前記フレキシブル基板が成膜装置の成膜容器内に配置された状態で、前記保護膜が形成され、

前記(c)工程では、

(c1) 前記成膜容器内に第1原料ガスを供給する工程、

(c2) 前記(c1)工程後、前記成膜容器内に第1パージガスを供給する工程、

(c3) 前記(c2)工程後、前記成膜容器内に第1反応ガスを供給する工程、

(c4) 前記(c3)工程後、前記成膜容器内に第2パージガスを供給する工程、

を複数サイクル繰り返すことにより、前記高密度層が形成され、

30

前記(d)工程では、

(d1) 前記成膜容器内に第2原料ガスを供給する工程、

(d2) 前記(d1)工程後、前記成膜容器内に第3パージガスを供給する工程、

(d3) 前記(d2)工程後、前記成膜容器内に第2反応ガスを供給する工程、

(d4) 前記(d3)工程後、前記成膜容器内に第4パージガスを供給する工程、

を複数サイクル繰り返すことにより、前記低密度層が形成され、

前記第1原料ガスと前記第2原料ガスとは、同種のガスであり、

前記第1反応ガスと前記第2反応ガスとは、同種のガスであり、

前記(c3)工程では、第1高周波電力により前記第1反応ガスがプラズマ化され、

40

前記(d3)工程では、第2高周波電力により前記第2反応ガスがプラズマ化され、

前記第2高周波電力は、前記第1高周波電力よりも小さい、表示装置の製造方法。

【請求項16】

請求項12記載の表示装置の製造方法において、

前記(b)工程では、前記有機EL素子が形成された前記フレキシブル基板が成膜装置の成膜容器内に配置された状態で、前記保護膜が形成され、

前記(c)工程では、

(c1) 前記成膜容器内に第1原料ガスを供給する工程、

(c2) 前記(c1)工程後、前記成膜容器内に第1パージガスを供給する工程、

(c3) 前記(c2)工程後、前記成膜容器内に第1反応ガスを供給する工程、

50

(c 4) 前記 (c 3) 工程後、前記成膜容器内に第 2 パージガスを供給する工程、
を複数サイクル繰り返すことにより、前記高密度層が形成され、
前記 (d) 工程では、

(d 1) 前記成膜容器内に第 2 原料ガスを供給する工程、
(d 2) 前記 (d 1) 工程後、前記成膜容器内に第 3 パージガスを供給する工程、
(d 3) 前記 (d 2) 工程後、前記成膜容器内に第 2 反応ガスを供給する工程、
(d 4) 前記 (d 3) 工程後、前記成膜容器内に第 4 パージガスを供給する工程、
を複数サイクル繰り返すことにより、前記低密度層が形成され、

前記第 1 原料ガスと前記第 2 原料ガスとは、同種のガスであり、

前記第 1 反応ガスと前記第 2 反応ガスとは、同種のガスであり、

10

前記 (c 3) 工程では、第 1 高周波電力により前記第 1 反応ガスがプラズマ化され、

前記 (d 3) 工程では、第 2 高周波電力により前記第 2 反応ガスがプラズマ化され、

前記 (d 3) 工程における前記第 2 高周波電力の印加時間は、前記 (c 3) 工程における前記第 1 高周波電力の印加時間よりも短い、表示装置の製造方法。

【請求項 17】

請求項 12 記載の表示装置の製造方法において、

前記 (b) 工程では、前記有機 EL 素子が形成された前記フレキシブル基板が成膜装置の成膜容器内に配置された状態で、前記保護膜が形成され、

前記 (c) 工程では、

(c 1) 前記成膜容器内に第 1 原料ガスを供給する工程、

20

(c 2) 前記 (c 1) 工程後、前記成膜容器内に第 1 パージガスを供給する工程、

(c 3) 前記 (c 2) 工程後、前記成膜容器内に第 1 反応ガスを供給する工程、

(c 4) 前記 (c 3) 工程後、前記成膜容器内に第 2 パージガスを供給する工程、
を複数サイクル繰り返すことにより、前記高密度層が形成され、

前記 (d) 工程では、

(d 1) 前記成膜容器内に第 2 原料ガスを供給する工程、

(d 2) 前記 (d 1) 工程後、前記成膜容器内に第 3 パージガスを供給する工程、

(d 3) 前記 (d 2) 工程後、前記成膜容器内に第 2 反応ガスを供給する工程、

(d 4) 前記 (d 3) 工程後、前記成膜容器内に第 4 パージガスを供給する工程、
を複数サイクル繰り返すことにより、前記低密度層が形成され、

30

前記第 1 原料ガスと前記第 2 原料ガスとは、同種のガスであり、

前記第 1 反応ガスと前記第 2 反応ガスとは、同種のガスであり、

前記 (c 3) 工程では、第 1 高周波電力により前記第 1 反応ガスがプラズマ化され、

前記 (d 3) 工程では、第 2 高周波電力により前記第 2 反応ガスがプラズマ化され、

前記第 2 高周波電力の周波数は、前記第 1 高周波電力の周波数よりも低い、表示装置の製造方法。

【請求項 18】

請求項 12 記載の表示装置の製造方法において、

前記 (d) 工程で形成される前記低密度層の密度は、前記 (c) 工程で形成される前記高密度層の密度の 95% 以下である、表示装置の製造方法。

40

【請求項 19】

請求項 18 記載の表示装置の製造方法において、

前記 (d) 工程で形成される前記低密度層の密度は、前記 (c) 工程で形成される前記高密度層の密度の 80% 以上である、表示装置の製造方法。

【請求項 20】

請求項 12 記載の表示装置の製造方法において、

前記 (c) 工程で形成される前記高密度層の厚さは、前記 (d) 工程で形成される前記低密度層の厚さよりも厚い、表示装置の製造方法。

【請求項 21】

請求項 20 記載の表示装置の製造方法において、

50

前記（d）工程で形成される前記低密度層の厚さは、2 nm以上である、表示装置の製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、表示装置およびその製造方法に関し、例えば、有機EL表示装置およびその製造方法に好適に利用できるものである。

【背景技術】

【0002】

発光素子として、エレクトロルミネッセンスを利用した有機エレクトロルミネッセンス素子（organic electroluminescence device）の開発が進められている。なお、有機エレクトロルミネッセンス素子は、有機EL素子と称される。エレクトロルミネッセンスとは、物質に電圧を印加した際に発光する現象であり、特に、このエレクトロルミネッセンスを有機物質で生じさせる素子を有機EL素子（有機エレクトロルミネッセンス素子）と呼ぶ。有機EL素子は、電流注入型デバイスであり、かつ、ダイオード特性を示すため、有機発光ダイオード（Organic Light Emitting Diode：OLED）とも呼ばれる。

【0003】

特開2007-184251号公報（特許文献1）には、有機電界発光素子を保護膜で覆った表示装置に関する技術が記載されている。特許第5220106号公報（特許文献2）には、有機電子デバイス用の保護膜に関する技術が記載されている。

【先行技術文献】

【特許文献】

【0004】

【特許文献1】日本国特開2007-184251号公報

【特許文献2】日本国特許第5220106号公報

【発明の概要】

【発明が解決しようとする課題】

【0005】

有機EL素子は、水分に弱いため、有機EL素子を覆うように保護膜を形成して、有機EL素子への水分の伝達を防ぐことが望ましい。このため、有機EL素子を用いた表示装置においても、保護膜が使用され、その保護膜の信頼性を向上させることが望まれる。

【0006】

その他の課題と新規な特徴は、本明細書の記述および添付図面から明らかになるであろう。

【課題を解決するための手段】

【0007】

一実施の形態によれば、表示装置は、フレキシブル基板と、前記フレキシブル基板上に形成された有機EL素子と、前記有機EL素子を覆うように形成された無機絶縁材料からなる保護膜と、を有する。前記保護膜は、一層以上の高密度層と前記高密度層よりも密度が低い一層以上の低密度層とからなり、かつ、前記低密度層と前記高密度層とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有している。前記保護膜を構成する前記一層以上の高密度層と前記一層以上の低密度層とは、構成元素が互いに同じである。

【0008】

一実施の形態によれば、表示装置の製造方法は、（a）フレキシブル基板上に有機EL素子を形成する工程、（b）前記有機EL素子を覆うように、無機絶縁材料からなる保護膜をALD法を用いて形成する工程、を含む。前記（b）工程では、（c）高密度層を、ALD法を用いて形成する工程、（d）前記（c）工程の前または後に、前記高密度層と構成元素が同じで、かつ、前記高密度層よりも密度が低い低密度層を、ALD法を用いて形成する工程、を交互に行うことにより前記保護膜が形成される。前記保護膜は、一層以上の前記高密度層と一層以上の前記低密度層とからなり、かつ、前記低密度層と前記高密

度層とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有する。

【発明の効果】

【0009】

一実施の形態によれば、表示装置の保護膜の信頼性を向上させることができる。

【図面の簡単な説明】

【0010】

【図1】一実施の形態の表示装置の全体構成を示す平面図である。

【図2】一実施の形態の表示装置の要部平面図である。

【図3】一実施の形態の表示装置の要部断面図である。

【図4】表示装置の基板としてフレキシブル基板を用い、そのフレキシブル基板（表示装置）を折り曲げた場合を模式的に示す断面図である。 10

【図5】一実施の形態の表示装置の製造工程を示す工程フロー図である。

【図6】一実施の形態の表示装置の製造工程のうちの、保護膜形成工程を示す工程フロー図である。

【図7】一実施の形態の表示装置の製造工程中の要部断面図である。

【図8】図7に続く表示装置の製造工程中の要部断面図である。

【図9】図8に続く表示装置の製造工程中の要部断面図である。

【図10】図9に続く表示装置の製造工程中の要部断面図である。

【図11】図10に続く表示装置の製造工程中の要部断面図である。

【図12】図11に続く表示装置の製造工程中の要部断面図である。 20

【図13】保護膜形成用の成膜装置の一例を示す説明図である。

【図14】パーティクルの付着に関連する課題を説明する説明図である。

【図15】パーティクルの付着に関連する課題を説明する説明図である。

【図16】パーティクルの付着に関連する課題を説明する説明図である。

【図17】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図18】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図19】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図20】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図21】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図22】保護膜の断面構造を示す断面図である。 30

【図23】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図24】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図25】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図26】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【図27】保護膜の断面構造を示す断面図である。

【発明を実施するための形態】

【0011】

以下、実施の形態を図面に基づいて詳細に説明する。なお、実施の形態を説明するための全図において、同一の機能を有する部材には同一の符号を付し、その繰り返しの説明は省略する。また、以下の実施の形態では、特に必要なとき以外は同一または同様な部分の説明を原則として繰り返さない。 40

【0012】

（実施の形態）

＜表示装置の全体構成について＞

本実施の形態の表示装置は、有機EL素子を利用した有機EL表示装置（有機エレクトロルミネッセンス表示装置）である。本実施の形態の表示装置を、図面を参照して説明する。

【0013】

図1は、本実施の形態の表示装置1の全体構成を示す平面図である。

【0014】 50

図 1 に示される表示装置 1 は、表示部 2 と、回路部 3 とを有している。表示部 2 には、複数の画素がアレイ状に配列されており、画像の表示を可能としている。回路部 3 には、必要に応じて種々の回路が形成されており、例えば、駆動回路または制御回路などが形成されている。回路部 3 内の回路は、必要に応じて、表示部 2 の画素に接続されている。回路部 3 は、表示装置 1 の外部に設けることもできる。表示装置 1 の平面形状は、種々の形状を採用できるが、例えば矩形状である。

【0015】

図 2 は、表示装置 1 の要部平面図であり、図 3 は、表示装置 1 の要部断面図である。図 2 には、表示装置 1 の表示部 2 の一部（図 1 に示される領域 4）を拡大して示してある。図 3 は、図 2 の A 1 - A 1 線の位置での断面図にほぼ対応している。

10

【0016】

表示装置 1 のベースを構成する基板 11 は、絶縁性を有している。また、基板 11 は、フレキシブル基板（フィルム基板）であり、可撓性を有している。このため、基板 11 は、絶縁性を有するフレキシブル基板、すなわちフレキシブル絶縁基板である。基板 11 は、更に透光性を有する場合もあり得る。基板 11 として、例えばフィルム状のプラスチック基板（プラスチックフィルム）を用いることができる。基板 11 は、図 1 の表示装置 1 の平面全体に存在しており、表示装置 1 の最下層を構成している。このため、基板 11 の平面形状は、表示装置 1 の平面形状とほぼ同じであり、種々の形状を採用できるが、例えば矩形状とすることができる。なお、基板 11 の互いに反対側に位置する 2 つの主面のうち、有機 EL 素子が配置される側の主面、すなわち後述のパッシベーション膜 12、電極層 13、有機層 14、電極層 15 および保護膜 16 を形成する側の主面を、基板 11 の上面と称することとする。また、基板 11 における上面とは反対側の主面を、基板 11 の下面と称することとする。

20

【0017】

基板 11 の上面上には、パッシベーション膜（パッシベーション層）12 が形成されている。パッシベーション膜 12 は、絶縁材料（絶縁膜）からなり、例えば酸化シリコン膜からなる。パッシベーション膜 12 は、形成しない場合もあり得るが、形成した方がより好ましい。パッシベーション膜 12 は、基板 11 の上面のほぼ全体にわたって形成することができる。

【0018】

パッシベーション膜 12 は、基板 11 側から有機 EL 素子（特に有機層 14）への水分の伝達を防止（遮断）する機能を有している。このため、パッシベーション膜 12 は、有機 EL 素子の下側の保護膜として機能することができる。一方、保護膜 16 は、有機 EL 素子の上側の保護膜として機能することができ、上側から有機 EL 素子（特に有機層 14）への水分の伝達を防止（遮断）する機能を有している。

30

【0019】

基板 11 の上面上には、パッシベーション膜 12 を介して、有機 EL 素子が形成されている。有機 EL 素子は、電極層 13 と有機層 14 と電極層 15 とからなる。つまり、基板 11 上のパッシベーション膜 12 上には、電極層 13 と有機層 14 と電極層 15 とが、下から順に形成（積層）されており、これら電極層 13 と有機層 14 と電極層 15 とにより、有機 EL 素子が形成されている。

40

【0020】

電極層 13 は、下部電極層であり、電極層 15 は、上部電極層である。電極層 13 は、陽極および陰極うちの一方を構成し、電極層 15 は、陽極および陰極うちの他方を構成する。すなわち、電極層 13 が陽極（陽極層）の場合は、電極層 15 は陰極（陰極層）であり、電極層 13 が陰極（陰極層）の場合は、電極層 15 は陽極（陽極層）である。電極層 13 および電極層 15 は、それぞれ導電膜からなる。

【0021】

電極層 13 および電極層 15 のうちの一方は、反射電極として機能できるように、アルミニウム（A1）膜などの金属膜により形成することが好ましく、また、電極層 13 およ

50

び電極層 15 のうちの他方は、透明電極として機能できるように、ITO（インジウムスズオキサイド）などからなる透明導体膜により形成することが好ましい。基板 11 の下面側から光を取出す、いわゆるボトムエミッション方式を採用する場合は、電極層 13 を透明電極とすることができ、基板 11 の上面側から光を取出す、いわゆるトップエミッション方式を採用する場合は、電極層 15 を透明電極とすることができる。また、ボトムエミッション方式を採用する場合は、基板 11 として透光性を有する透明基板（透明フレキシブル基板）を用いることができる。

【0022】

基板 11 上のパッシベーション膜 12 上に電極層 13 が形成され、電極層 13 上に有機層 14 が形成され、有機層 14 上に電極層 15 が形成されているため、電極層 13 と電極層 15 との間には、有機層 14 が介在している。

10

【0023】

有機層 14 は、少なくとも有機発光層を含んでいる。有機層 14 は、有機発光層以外にも、ホール輸送層、ホール注入層、電子輸送層および電子注入層のうちの任意の層を、必要に応じて更に含むことができる。このため、有機層 14 は、例えば、有機発光層の単層構造、ホール輸送層と有機発光層と電子輸送層との積層構造、あるいは、ホール注入層とホール輸送層と有機発光層と電子輸送層と電子注入層との積層構造などを有することができる。

【0024】

電極層 13 は、例えば、X 方向に延在するストライプ状のパターンを有している。すなわち、電極層 13 は、X 方向に延在するライン状の電極（電極パターン）13a が、Y 方向に所定の間隔で複数配列した構成を有している。電極層 15 は、例えば、Y 方向に延在するストライプ状のパターンを有している。すなわち、電極層 15 は、Y 方向に延在するライン状の電極（電極パターン）15a が、X 方向に所定の間隔で複数配列した構成を有している。つまり、電極層 13 は、X 方向に延在するストライプ状の電極群からなり、電極層 15 は、Y 方向に延在するストライプ状の電極群からなる。ここで、X 方向と Y 方向とは、互いに交差する方向であり、より特定的には、互いに直交する方向である。また、X 方向および Y 方向は、基板 11 の上面に略平行な方向でもある。

20

【0025】

電極層 15 を構成する各電極 15a の延在方向は Y 方向であり、電極層 13 を構成する各電極 13a の延在方向は X 方向であるため、電極 15a と電極 13a とは、平面視において互いに交差している。なお、平面視とは、基板 11 の上面に略平行な平面で見た場合を言うものとする。電極 15a と電極 13a との各交差部においては、電極 15a と電極 13a とで有機層 14 が上下に挟まれた構成を有している。このため、電極 15a と電極 13a との各交差部に、電極 13a と電極 15a と電極 13a、15a 間の有機層 14 とで構成される有機 EL 素子（画素を構成する有機 EL 素子）が形成され、その有機 EL 素子により画素が形成される。電極 15a と電極 13a との間に所定の電圧が印加されることで、その電極 15a、電極 13a 間に挟まれた部分の有機層 14 中の有機発光層が発光することができる。すなわち、各画素を構成する有機 EL 素子が発光することができる。電極 15a が、有機 EL 素子の上部電極（陽極または陰極の一方）として機能し、電極 13a が、有機 EL 素子の下部電極（陽極または陰極の他方）として機能する。

30

40

【0026】

なお、有機層 14 は、表示部 2 全体にわたって形成することもできるが、電極層 13 と同じパターン（すなわち電極層 13 を構成する複数の電極 13a と同じパターン）として形成することもでき、あるいは、電極層 15 と同じパターン（すなわち電極層 15 を構成する複数の電極 15a と同じパターン）として形成することもできる。いずれにしても、電極層 13 を構成する複数の電極 13a と電極層 15 を構成する複数の電極 15a との各交点には、有機層 14 が存在している。

【0027】

このように、平面視において、表示装置 1 の表示部 2 では、平面視において、基板 11

50

上に有機EL素子（画素）がアレイ状に複数配列した状態になっている。

【0028】

なお、ここでは、電極層13、15がストライプ状のパターンを有している場合について説明した。このため、アレイ状に配列した複数の有機EL素子（画素）において、X方向に並んだ有機EL同士では、下部電極（電極13a）同士が繋がっており、また、Y方向に並んだ有機EL同士では、上部電極（電極15a）同士が繋がっている。しかしながら、これに限定されず、アレイ状に配列する有機EL素子の構造は、種々変更可能である。

【0029】

例えば、アレイ状に配列した複数の有機EL素子が、上部電極でも下部電極でも互いにつながっておらず、独立に配置されている場合もあり得る。この場合は、各有機EL素子は、下部電極と有機層と上部電極との積層構造を有する孤立パターンにより形成され、この孤立した有機EL素子が、アレイ状に複数配列することになる。この場合は、各画素において有機EL素子に加えてTFE（薄膜トランジスタ）などのアクティブ素子を設けるとともに、画素同士を必要に応じて配線を介して接続することができる。

【0030】

基板11（パッシベーション膜12）の上面上には、有機EL素子を覆うように、従って電極層13と有機層14と電極層15とを覆うように、保護膜（保護層）16が形成されている。表示部2に有機EL素子がアレイ状に配列している場合は、それらアレイ状に配列した有機EL素子を覆うように、保護膜16が形成されている。このため、保護膜16は、表示部2全体に形成されていることが好ましく、また、基板11の上面のほぼ全体上に形成されていることが好ましい。有機EL素子（電極層13、有機層14および電極層15）を保護膜16により覆うことで、有機EL素子（電極層13、有機層14および電極層15）を保護し、また、有機EL素子への水分の伝達、特に有機層14への水分の伝達を、保護膜16によって防止（遮断）することができる。すなわち、保護膜16を設けたことで、保護膜16を越えて有機EL素子側に水分が侵入するのを防止することができる。保護膜16は、有機EL素子用の保護膜である。

【0031】

但し、電極または配線などの一部を、保護膜16から露出させる必要がある場合もあり得る。そのような場合は、基板11の上面側の全領域に保護膜16を形成するのではなく、基板11の上面側の一部に保護膜16が形成されない領域を設けておき、そこ（保護膜16が形成されていない領域）から、電極または配線などの一部を露出させることもできる。但し、そのような場合でも、保護膜16を形成していない領域から、有機層14は露出しないようにすることが好ましい。

【0032】

保護膜16は、無機絶縁材料からなり、ALD（Atomic Layer Deposition：原子層堆積）法で形成された絶縁膜、すなわちALD膜である。ALD法は、原料ガスと反応ガスとを交互に供給することにより、処理対象物上に原子層単位で膜を形成する成膜方法である。保護膜16の材料としては、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムが好ましく、そのうち特に好ましいのは、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムである。

【0033】

本実施の形態では、保護膜16は、一層以上の高密度層（高密度膜）16Hと高密度層16Hよりも密度が低い一層以上の（低密度膜）低密度層16Lとからなり、かつ、低密度層16Lと高密度層16Hとが互いに接するように交互に積層された積層構造を有している。

【0034】

なお、保護膜16を構成する高密度層16Hと低密度層16Lとは、構成元素が互いに同じである。すなわち、保護膜16は、一層以上の高密度層16Hと一層以上の低密度層

16Lとからなるが、それらの層は、同じ材料により構成されている。このため、例えば、保護膜16を構成する高密度層16Hが酸化アルミニウムからなる場合は、保護膜16を構成する低密度層16Lも酸化アルミニウムからなる。また、保護膜16を構成する高密度層16Hが酸化窒化アルミニウムからなる場合は、保護膜16を構成する低密度層16Lも酸化窒化アルミニウムからなる。また、保護膜16を構成する高密度層16Hが窒化アルミニウムからなる場合は、保護膜16を構成する低密度層16Lも窒化アルミニウムからなる。また、保護膜16が複数の高密度層16Hを含む場合は、それら複数の高密度層16Hは、構成元素が互いに同じであり、すなわち、同じ材料により構成されており、また、保護膜16が複数の低密度層16Lを含む場合は、それら複数の低密度層16Lは、構成元素が互いに同じであり、すなわち、同じ材料により構成されている。このため、保護膜16は、複数の層からなる積層構造を有しているが、その積層構造を構成する各層は、互いに同じ材料により構成されており、従って、保護膜16全体が、同じ材料により構成されている。保護膜16は、ALD法で形成されるため、保護膜16を構成する高密度層16Hおよび低密度層16Lも、それぞれALD法で形成される。

10

【0035】

図3には、一例として、保護膜16が、高密度層16Hと低密度層16Lと高密度層16Hとが下から順に積層された積層構造を有する場合が示されている。すなわち、図3の保護膜16は、後述の図20の保護膜16に対応している。但し、図3の保護膜16として、後述の図17、図18、図19、図20、図23、図24、図25、図26および図27のいずれに示される保護膜16も適用することもできる。

20

【0036】

保護膜16上には、保護膜16とは異なる材料からなる絶縁膜17が形成されている。絶縁膜17は、好ましくは樹脂膜（樹脂層、樹脂絶縁膜、有機絶縁膜）であり、絶縁膜17の材料として、例えばPET（polyethylene terephthalate：ポリエチレンテレフタレート）などを好適に用いることができる。絶縁膜17は、その形成を省略することもできる。但し、絶縁膜17を形成しない場合よりも、絶縁膜17を形成した場合の方が、有利な場合がある。

【0037】

保護膜16は、無機絶縁膜である。無機絶縁膜は、水分を通しにくい膜であるが、硬い膜でもある。このため、保護膜16上に、樹脂膜（絶縁膜17）を形成することもでき、この樹脂膜（絶縁膜17）を、表示装置1の最上層の膜として用いることもできる。樹脂膜（絶縁膜17）は、無機絶縁膜（保護膜16）に比べて、水分を通しやすいため、水分の侵入を防止する膜としての機能は小さい。しかしながら、樹脂膜（絶縁膜17）は、無機絶縁膜（保護膜16）に比べて、柔らかい。このため、保護膜16上に柔らかい樹脂膜（絶縁膜17）を形成することで、表示装置1を取り扱いやすくなる。また、樹脂膜（絶縁膜17）は、物理的な衝撃からの保護膜（機械的保護膜）として機能することができる。また、基板11としてフレキシブル基板を用いる場合には、保護膜16上に樹脂膜（絶縁膜17）を形成することで、曲げに伴う保護膜16の割れ（クラック）を、防ぎやすくなる。

30

【0038】

また、保護膜16上に絶縁膜17を形成した場合、保護膜16と絶縁膜17とを合わせたものを、保護膜とみなすこともできる。但し、樹脂膜からなる絶縁膜17を形成した場合、水分の侵入を防止する膜（水分防止膜）として機能するのは、保護膜16であり、樹脂膜からなる絶縁膜17は、主として、機械的な保護膜として機能する。水分保護膜（ここでは保護膜16）は、無機絶縁物からなり、機械的保護膜（ここでは絶縁膜17）は、樹脂材料（有機絶縁物）からなることが好ましい。

40

【0039】

本実施の形態では、表示装置1の基板11としてフレキシブル基板を用いている。図4は、表示装置1を構成する基板11（フレキシブル基板）を折り曲げた場合、すなわち、表示装置1を折り曲げた場合を模式的に示す断面図である。図4は、断面図であるが、図

50

面を見やすくするために、ハッチングは省略してある。表示装置 1 の基板 1 1 としてフレキシブル基板を用いることで、表示装置 1 の折り曲げが可能になる。また、基板 1 1 は、フレキシブル基板であるが、繰り返しの折り曲げも可能であり、ベンダブル (bendable) 基板とみなすこともでき、また、折りたたむことも可能であり、フォルダブル (foldable) 基板とみなすこともできる。このため、基板 1 1 は、フレキシブル基板であるが、そのフレキシブル基板には、ベンダブル基板やフォルダブル基板も包括されている。

【0040】

＜表示装置の製造方法＞

本実施の形態の表示装置 1 の製造方法について、図面を参照して説明する。図 5 は、本実施の形態の表示装置 1 の製造工程を示す、工程フロー図である。図 6 は、本実施の形態の表示装置 1 の製造工程のうちの、保護膜 1 6 形成工程の詳細を示す、工程フロー図である。図 7～図 1 2 は、本実施の形態の表示装置 1 の製造工程中の要部断面図であり、上記図 3 に相当する領域の断面図が示されている。なお、ここでは、主として、表示装置 1 の表示部 2 の製造工程を説明する。

【0041】

まず、図 7 に示されるように、ガラス基板 9 とフレキシブル基板である基板 1 1 とが貼り合わされた基板 1 0 を用意 (準備) する (図 5 のステップ S 1)。基板 1 1 は可撓性を有しているが、基板 1 1 がガラス基板 9 に貼り合わされていることで、基板 1 1 はガラス基板 9 に固定される。これにより、基板 1 1 上への各種の膜の形成やその膜の加工などが容易になる。なお、基板 1 1 の下面が、ガラス基板 9 に貼り付けられている。

【0042】

次に、図 8 に示されるように、基板 1 0 の上面上に、パッシベーション膜 1 2 を形成する (図 5 のステップ S 2)。なお、基板 1 0 の上面は、基板 1 1 の上面と同義である。

【0043】

パッシベーション膜 1 2 は、スパッタリング法、CVD 法または ALD 法などを用いて形成することができる。パッシベーション膜 1 2 は、絶縁材料からなり、例えば酸化シリコン膜からなる。例えば、CVD 法により形成した酸化シリコン膜を、パッシベーション膜 1 2 として好適に用いることができる。

【0044】

次に、図 9 に示されるように、基板 1 0 の上面上に、すなわちパッシベーション膜 1 2 上に、電極層 1 3 と電極層 1 3 上の有機層 1 4 と有機層 1 4 上の電極層 1 5 とからなる有機 EL 素子を形成する。すなわち、パッシベーション膜 1 2 上に、電極層 1 3 と有機層 1 4 と電極層 1 5 とを順に形成する (図 5 のステップ S 3, S 4, S 5)。この工程は、例えば、次のようにして行うことができる。

【0045】

すなわち、基板 1 0 の上面上に、すなわちパッシベーション膜 1 2 上に、電極層 1 3 を形成する (図 5 のステップ S 3)。電極層 1 3 は、例えば、導電膜をパッシベーション膜 1 2 上に形成してから、この導電膜を、フォトリソグラフィ技術およびエッチング技術などを用いてパターンニングすることなどにより、形成することができる。それから、電極層 1 3 上に有機層 1 4 を形成する (図 5 のステップ S 4)。有機層 1 4 は、例えば、マスクを用いた蒸着法 (真空蒸着法) などにより、形成することができる。それから、有機層 1 4 上に電極層 1 5 を形成する (図 5 のステップ S 5)。電極層 1 5 は、例えば、マスクを用いた蒸着法などにより、形成することができる。

【0046】

電極層 1 3 と有機層 1 4 と電極層 1 5 とからなる有機 EL 素子を形成した後、図 1 0 に示されるように、基板 1 0 の上面上に、すなわち電極層 1 5 上に、保護膜 1 6 を ALD 法を用いて形成する (図 5 のステップ S 6)。保護膜 1 6 は、有機 EL 素子を覆うように形成される。

【0047】

保護膜 1 6 は、一層以上の高密度層 1 6 H と高密度層 1 6 H よりも密度が低い一層以上

10

20

30

40

50

の低密度層 16 L とからなり、かつ、低密度層 16 L と高密度層 16 H とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有している。このため、ステップ S 6（保護膜 16 形成工程）においては、高密度層 16 H を A L D 法を用いて形成する工程（図 6 のステップ S 6 H）と、低密度層 16 L を A L D 法を用いて形成する工程（図 6 のステップ S 6 L）とを、交互に行うことにより、保護膜 16 が形成される。ステップ S 6 では、ステップ S 6 H は 1 回以上行われ、かつ、ステップ S 6 L も 1 回以上行われる。

【0048】

例えば、図 10 のように保護膜 16 が高密度層 16 H と低密度層 16 L と高密度層 16 H とが下から順に積層された積層構造を有する場合には、ステップ S 6 においては、ステップ S 6 H（高密度層 16 H 形成工程）とステップ S 6 L（低密度層 16 L 形成工程）とステップ S 6 H（高密度層 16 H 形成工程）とを、順に行うことで、保護膜 16 を形成することができる。すなわち、まず、基板 10 上に、すなわち電極層 15 上に、高密度層 16 H を A L D 法を用いて形成し、それから、その高密度層 16 H 上に低密度層 16 L を A L D 法を用いて形成し、それから、その低密度層 16 L 上に高密度層 16 H を A L D 法を用いて形成することにより、高密度層 16 H とその上の低密度層 16 L とその上の高密度層 16 H とからなる保護膜 16 が形成される。

【0049】

また、電極または配線などの一部を、保護膜 16 から露出させる必要がある場合もあり得る。そのような場合は、基板 10 の上面の全領域に保護膜 16 を形成するのではなく、基板 10 の上面の一部に保護膜 16 が形成されない領域を設けて、そこ（保護膜 16 が形成されていない領域）から、電極または配線などの一部を露出させることができる。この場合は、ステップ S 6 の保護膜 16 形成工程は、例えば次のようにして行うことができる。すなわち、まず、基板 10 上に、すなわち電極層 15 上に、マスク（メタルマスク）を配置してから、保護膜 16 を A L D 法を用いて形成し、その後、そのマスクを取り除く。これにより、マスクで覆われずに露出されていた領域には、保護膜 16 が形成されるが、マスクで覆われていた領域には、保護膜 16 は形成されない。これにより、有機 E L 素子を覆うように保護膜 16 を形成するとともに、保護膜 16 が形成されていない領域から、電極または配線などを必要に応じて露出させることができる。

【0050】

保護膜 16 を形成すると、電極層 13 と有機層 14 と電極層 15 とからなる有機 E L 素子は、保護膜 16 で覆われる。複数の有機 E L 素子がアレイ状に配列している場合は、それら複数の有機 E L 素子が保護膜 16 で覆われる。

【0051】

ステップ S 6 で保護膜 16 を形成した後、図 11 に示されるように、基板 10 の上面上に、すなわち保護膜 16 上に、絶縁膜 17 を形成する（図 5 のステップ S 7）。

【0052】

絶縁膜 17 は、好ましくは樹脂膜であり、例えば P E T などからなり、スピンコート法（塗布法）などを用いて形成することができる。

【0053】

その後、図 12 に示されるように、基板 11 をガラス基板 9 から引きはがすことにより、基板 11 とその上面上の構造体とを、ガラス基板 9 から分離する。このようにして、表示装置 1 を製造することができる。

【0054】

<成膜装置について>

図 13 は、保護膜 16 形成用の成膜装置 21 の一例を示す説明図（断面図）である。成膜装置 21 は、A L D 法を用いて成膜を行う成膜装置であり、A L D 装置または A L D 成膜装置とみなすことができる。また、本実施の形態では、成膜装置 21 として、プラズマ A L D 装置（プラズマ A L D 成膜装置）を使用し、保護膜 16 の形成には、A L D 法として、プラズマ A L D 法を用いている。プラズマ A L D 装置においては、反応活性を高めるために、プラズマ放電を行って反応ガスをプラズマ化する。このため、プラズマ A L D 装

10

20

30

40

50

置では、プラズマ放電を行うため、平行平板電極などが使用される。

【0055】

図13に示されるように、成膜装置21は、ALD法による成膜が行われるチャンバ（成膜室、成膜容器）22を有している。チャンバ22内には、処理対象物23を配置するためのステージ24と、ステージ24の上方に配置された上部電極（平板電極）25とが、配置されている。上部電極25には、高周波電源29が接続されており、その高周波電源29によって上部電極25に、従って上部電極25とステージ24との間に、高周波電力を印加できるようになっている。ステージ24は、下部電極としての機能も有している。上部電極25と、下部電極（ここではステージ24）とにより、平行平板電極が構成される。高周波電源29は、チャンバ22の外に配置することができる。ステージ24は、ヒータ（図示せず）などを備えており、ステージ24上に配置した処理対象物23を加熱し、処理対象物23の温度を所望の温度に調整することができるようになっている。チャンバ22の排気部（排気口）26は、真空ポンプ（図示せず）などに接続されており、チャンバ22内を所定の圧力に制御できるようになっている。また、チャンバ22には、チャンバ22内にガスを導入するためのガス導入部27と、チャンバ22内からガスを排出するためのガス排出部（ガス排気部）28と、を有している。なお、図13では、理解を簡単にするために、ガス導入部27からチャンバ22内に導入するガスの流れと、ガス排出部28からチャンバ22外に排出するガスの流れとを、それぞれ矢印で模式的に示してある。

10

【0056】

なお、図13では、プラズマの発生に平行平板型の電極を用いる成膜装置について示しているが、他の形態として、プラズマの発生に、平行平板型以外の方式（例えばICP（Inductively Coupled Plasma）型）を用いることもできる。

20

【0057】

<ALD法による成膜について>

成膜装置21を用いた成膜（ALD法による成膜）は、例えば、次のようにして行うことができる。

【0058】

保護膜16形成工程より前の工程を終了した後、保護膜16形成工程を行うために、処理対象物を、成膜装置21のチャンバ22内のステージ24上に配置する。ここで、ステージ24上に配置される処理対象物23は、上記パッシベーション膜12、電極層13、有機層14および電極層15などが形成された基板10であり、基板10上に図9の構造が形成されており、図13では、符号23を付して処理対象物23として示してある。その後、以下に説明する第1ステップ、第2ステップ、第3ステップおよび第4ステップを、複数サイクル繰り返すことで、処理対象物23の表面上に、所望の膜（例えば酸化アルミニウム膜）を所望の厚さに形成することができる。

30

【0059】

以下、具体的に説明する。

【0060】

まず、第1ステップ（原料ガス供給ステップ）として、原料ガスをガス導入部27からチャンバ22内に導入（供給）する。酸化アルミニウム膜を成膜する場合は、原料ガスとしては、例えばTMA（Trimethylaluminium：トリメチルアルミニウム）ガスを用いることができる。第1ステップを行うと、ステージ24上に配置された処理対象物23の表面上に、原料ガスの分子が吸着する。すなわち、処理対象物23の表面に、原料ガスの吸着層が形成される。

40

【0061】

次に、第2ステップ（パージステップ）として、チャンバ22内への原料ガスの導入を停止し、パージガスをガス導入部27からチャンバ22内に導入（供給）する。パージガスとしては、不活性ガスを好適に用いることができるが、窒素ガス（N₂ガス）を用いる場合もあり得る。パージガスを導入することで、処理対象物23の表面に吸着していた原

50

料ガス分子（原料ガスの吸着層）は残存するが、それ以外の原料ガスは、パージガスと一緒にガス排出部 28 からチャンバ 22 外に排出される（パージされる）。

【0062】

次に、第 3 ステップ（反応ガス供給ステップ）として、反応ガスを、ガス導入部 27 からチャンバ 22 内に導入（供給）する。酸化アルミニウム膜を成膜する場合は、反応ガスとしては、例えば O_2 ガス（酸素ガス）を用いることができる。そして、上部電極 25 に、従って上部電極 25 とステージ 24 との間に、高周波電力を印加する。これにより、上部電極 25 とステージ 24 との間にプラズマ放電が発生し、反応ガス（ここでは O_2 ガス）はプラズマ化して、反応ガスにラジカル（活性種）が生成され、処理対象物 23 の表面に吸着していた原料ガス分子（原料ガスの吸着層）が反応ガスと反応する。これにより、
10 処理対象物 23 の表面に、原料ガスの吸着層と反応ガス（反応ガスのプラズマ）との反応層である酸化アルミニウムの原子層（一層）が形成される。

【0063】

次に、第 4 ステップ（パージステップ）として、チャンバ 22 内への反応ガスの導入と上部電極 25 への高周波電力の印加を停止し、パージガスをガス導入部 27 からチャンバ 22 内に導入（供給）する。パージガスとしては、不活性ガスを好適に用いることができるが、窒素ガス（ N_2 ガス）を用いる場合もあり得る。パージガスを導入することで、反応ガスは、パージガスと一緒にガス排出部 28 からチャンバ 22 外に排出される（パージされる）。

【0064】

このような第 1 ステップ、第 2 ステップ、第 3 ステップおよび第 4 ステップを、複数サイクル繰り返すことで、処理対象物 23 の表面上に、所望の膜（例えば酸化アルミニウム膜）を所望の厚さに形成することができる。例えば、第 1 ステップ、第 2 ステップ、第 3 ステップおよび第 4 ステップを、30 サイクル繰り返せば、30 層の原子層からなる膜が形成され、また、第 1 ステップ、第 2 ステップ、第 3 ステップおよび第 4 ステップを、60 サイクル繰り返せば、60 層の原子層からなる膜が形成されることになる。

【0065】

処理対象物 23 上への保護膜 16 の形成が終了したら、処理対象物 23 は、成膜装置 21 のチャンバ 22 内からチャンバ 22 外に搬出され、次の工程に送られる。

【0066】

<検討の経緯について>

有機 EL 素子は、水分に弱いため、有機 EL 素子を覆うように保護膜（水分保護膜）を形成して、有機 EL 素子への水分の伝達を防ぐことが望ましい。この保護膜には、水分の侵入を防止する効果が高い無機絶縁膜を用いることが望ましい。また、有機 EL 素子は高温に弱いため、保護膜の成膜温度は、有機 EL 素子に悪影響を及ぼさないように、比較的低温であることが好ましく、従って、保護膜としては、比較的低温で成膜が可能な材料膜を用いることが好ましい。

【0067】

ところで、本発明者は、有機 EL 素子を形成する基板として、フレキシブル基板を用いることを検討している。フレキシブル基板は、可撓性を有しているため、折り曲げることが可能である。有機 EL 表示装置の基板としてフレキシブル基板を用いれば、その表示装置の折り曲げが可能になる。

【0068】

フレキシブル基板を用いる場合は、フレキシブル基板と一緒に保護膜も折り曲げられることになるため、保護膜においても折り曲げ耐性が重要になる。しかしながら、無機絶縁膜は、保護膜（水分保護膜）としては優れているが、樹脂膜などに比べて硬い材料であるため、基板としてフレキシブル基板を用いる場合には、曲げに伴って無機絶縁膜からなる保護膜にクラックが生じるリスクがある。すなわち、フレキシブル基板を小さな折り曲げ半径で折り曲げると、それに伴い保護膜も小さな折り曲げ半径で折り曲げられることになり、その曲げに伴って保護膜にクラックが発生するリスクがある。保護膜にクラックが発
50

生してしまうと、そのクラックを通じて有機EL素子側へ水分が侵入してしまい、その水分が有機EL素子に伝達され、有機EL素子の劣化を引き起こす虞がある。これは、有機EL素子の信頼性の低下や、有機EL素子を用いた表示装置（有機EL表示装置）の信頼性の低下につながってしまう。

【0069】

そこで、保護膜の厚さを薄くすることで、保護膜の折り曲げ耐性を向上させることが考えられる。保護膜の厚さを薄くすれば、折り曲げに伴う保護膜のクラックが生じにくくなる。しかしながら、以下の理由（図14～図16を参照して説明する理由）により、保護膜の厚さはある程度厚くする必要がある。図14～図16は、パーティクルの付着に関連する課題を説明する説明図（断面図）である。

10

【0070】

図14は、保護膜を形成する処理を行う処理対象物23が示されているが、この処理対象物23は、上述のように、上記基板10とパッシベーション膜12と電極層13と有機層14と電極層15とを合わせたものに対応している。

【0071】

図14には、保護膜を形成する直前の段階での処理対象物23が示されているが、この段階で、図14に示されるように、処理対象物23の表面にパーティクル（粒子、異物）31が付着している場合がある。例えば、保護膜形成前の種々の工程（例えば成膜工程）に起因して発生したパーティクル31が処理対象物23に付着する場合や、あるいは、保護膜形成用の成膜装置に処理対象物23を搬送して保護膜の成膜を開始するまでにその成膜装置内に存在していたパーティクル31が処理対象物23に付着する場合などがあり得る。処理対象物23の表面にパーティクル31が付着するのを完全に防止することは容易ではない。このため、製造工程を管理しやすくし、有機EL表示装置などを製造しやすくするためには、処理対象物23の表面にパーティクル31がある程度付着するのを許容して、保護膜を形成することが望まれる。

20

【0072】

図15および図16は、図14のようにパーティクル31が付着している処理対象物23に対して保護膜を形成した状態が示されている。図15および図16のうち、図15は、CVD法で保護膜32を形成した場合が示され、図16は、ALD法で保護膜33を形成した場合が示されている。なお、保護膜32および保護膜33は、本実施の形態の保護膜16に相当するものである。

30

【0073】

処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で、CVD法を用いて保護膜32を形成した場合には、処理対象物23の表面と、処理対象物23に付着しているパーティクル31の表面とに保護膜32が形成される。しかしながら、CVD法を用いて保護膜32を形成した場合には、図15に示されるように、処理対象物23の表面およびパーティクル31の表面のうち、パーティクル31で遮蔽される領域には保護膜32は形成されにくくなってしまったため、処理対象物23とパーティクル31との接着領域の近傍では、保護膜32が形成されなくなってしまう。このため、図15のように、CVD法を用いて保護膜32を形成した場合には、保護膜32を形成した後にパーティクル31が脱落して不具合を生じる虞がある。例えば、保護膜32を形成した後にパーティクル31が脱落してしまうと、パーティクル31が脱落した箇所では、保護膜32が形成されていないため、そこから水分が侵入してしまい、その水分が有機EL素子に伝達されて有機EL素子の劣化を引き起こす虞がある。これは、有機EL素子の信頼性の低下や、有機EL素子を用いた表示装置（有機EL表示装置）の信頼性の低下につながってしまう。

40

【0074】

処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で、ALD法を用いて保護膜33を形成した場合には、処理対象物23の表面と、処理対象物23に付着しているパーティクル31の表面とに保護膜33が形成される。ALD法は、形成する膜の下地に対するカバレッジに優れた成膜法であるため、ALD法を用いて保護膜33を形成した場合には、図

50

16に示されるように、処理対象物23の表面およびパーティクル31の表面のうち、パーティクル31で遮蔽される領域にも保護膜33を形成しやすくなり、処理対象物23とパーティクル31との接着領域の近傍でも、保護膜33を形成することができる。すなわち、処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で、ALD法を用いて保護膜33を形成した場合には、図16のように、保護膜33は、パーティクル31が付着した処理対象物23の表面全体に形成されるとともに、パーティクル31の表面全体が保護膜33で覆われる。つまり、パーティクル31の表面を覆う保護膜33と、処理対象物23の表面を覆う保護膜33とが、連続的に繋がった状態になる。このため、処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で、図16のようにALD法を用いて保護膜33を形成した場合には、保護膜33の形成後は、パーティクル31は保護膜33によって保持され、パーティクル31は脱落しにくくなるため、パーティクル31の脱落に伴う不具合は生じにくくなる。

10

【0075】

このため、本発明者は、保護膜をALD法で形成することを検討している。しかしながら、保護膜33をALD法で形成したとしても、保護膜33の厚さが薄い場合は、保護膜33によってパーティクル31を保持する作用が弱まるため、保護膜32を形成した後にパーティクル31が脱落する懸念が多少残ってしまう。従って、保護膜をALD法で形成するとともに、その保護膜の厚さをある程度厚くすることが望ましく、そうすることで、保護膜形成後にパーティクル31が脱落するのを的確に抑制または防止することができるようになる。

20

【0076】

しかしながら、上述したように、保護膜の厚さを厚くすることは、保護膜の折り曲げ耐性を低下させ、折り曲げに伴う保護膜のクラックが生じやすくなることにつながる。すなわち、保護膜を薄くすると、折り曲げに伴う保護膜のクラックは生じにくくなるが、保護膜を形成した後にパーティクル31が脱落するリスクが増加し、一方、保護膜を厚くすると、保護膜を形成した後にパーティクル31が脱落するリスクは低くなるが、折り曲げに伴う保護膜のクラックが生じるリスクが増加してしまう。保護膜を形成した後にパーティクル31が脱落することも、折り曲げに伴い保護膜にクラックが生じることも、有機EL素子の信頼性の低下や、有機EL素子を用いた表示装置（有機EL表示装置）の信頼性の低下につながってしまう。

30

【0077】

このため、フレキシブル基板を用いる場合には、ALD法で保護膜を形成するとともにその保護膜の信頼性を向上させて、厚さを薄くしなくとも折り曲げに伴うクラックが生じにくい保護膜を提供することが望まれる。

【0078】

<主要な特徴と効果について>

本実施の形態の主要な特徴のうちの一つは、基板11としてフレキシブル基板を用いたことである。本実施の形態の主要な特徴のうちの他の一つは、無機絶縁材料からなる保護膜16をALD法で形成したことである。本実施の形態の主要な特徴のうちの更に他の一つは、保護膜16の密度を制御していることであり、具体的には、保護膜16は、一層以上の高密度層16Hと高密度層16Hよりも密度が低い一層以上の低密度層16Lとからなり、かつ、低密度層16Lと高密度層16Hとが互いに接するように交互に積層された積層構造を有していることである。

40

【0079】

なお、低密度層16Lは、高密度層16Hよりも密度が低く、言い換えると、高密度層16Hは、低密度層16Lよりも密度が高い。また、保護膜16をALD法で形成しているため、高密度層16Hと低密度層16Lとは、いずれもALD法により形成される。

【0080】

また、保護膜16を構成する高密度層16Hと低密度層16Lとは、構成元素が互いに同じであり、すなわち、同じ材料（同種の材料）により構成されている。また、保護膜1

50

6が複数の高密度層16Hを含む場合は、それら複数の高密度層16Hは、構成元素が互いに同じであり、すなわち、同じ材料（同種の材料）により構成されており、また、保護膜16が複数の低密度層16Lを含む場合は、それら複数の低密度層16Lは、構成元素が互いに同じであり、すなわち、同じ材料（同種の材料）により構成されている。つまり、保護膜16は、全体が同じ材料により構成されているが、密度が均一ではないのである。

【0081】

なお、本実施の形態では、低密度層16Lの密度は、高密度層16Hの密度よりも低いが、このときの密度は、原子密度（単位体積当たりの原子数： atoms/cm^3 ）に対応している。すなわち、原子密度で比較した場合に、低密度層16Lの密度は、高密度層16Hの密度よりも低くなっている。但し、低密度層16Lと高密度層16Hとは、構成元素が同じであり、同じ材料により形成されているため、原子密度が大きければ、必然的に、重量密度（単位体積当たりの重量： g/cm^3 ）も大きくなる。このため、原子密度で比較した場合に、低密度層16Lの密度が、高密度層16Hの密度よりも低くなっていれば、重量密度で比較した場合も、低密度層16Lの密度は、高密度層16Hの密度よりも低くなっており、また、その逆も成り立つ。また、後述のように、低密度層16Lの密度は、高密度層16Hの密度の80～95%が好ましいが、これは、原子密度で比較した場合に成り立つ関係であるが、重量密度で比較した場合でも実質的に成り立つ。

【0082】

また、保護膜16が、低密度層16Lと高密度層16Hとが互いに接するように交互に積層された積層構造を有しているということは、保護膜16を構成する積層構造において、最上層を除き、低密度層16L上には高密度層16Hがあり、また、高密度層16H上には低密度層16Lがあることを示している。また、保護膜16が一層以上の高密度層16Hと一層以上の低密度層16Lとからなるということは、高密度層16Hと低密度層16Lのうち、両方が一層の場合と、一方が二層で他方が一層の場合と、両方が二層以上の場合と、があり得る。

【0083】

本実施の形態では、保護膜16をALD法で形成している。このため、処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で保護膜16を形成する場合でも、その保護膜16はALD法で形成されるため、上記図16を参照して説明した理由により、保護膜16の形成後は、パーティクル31は保護膜16によって保持され、パーティクル31の脱落を防止することができる。これにより、パーティクル31の脱落に伴う不具合を防止することができるため、有機EL素子の信頼性を向上させることができ、また、有機EL素子を用いた表示装置（有機EL表示装置）の信頼性を向上させることができる。なお、処理対象物23にパーティクル31が付着した状態で保護膜16をALD法で形成した場合も、上記図16の状態と同じになる。

【0084】

また、上述のように、有機絶縁膜に比べて、無機絶縁膜は、水分を通過させにくいため、有機EL素子の保護膜として適しており、それゆえ、保護膜16として、無機絶縁膜を用いている。しかしながら、有機絶縁膜に比べて、無機絶縁膜は、硬さが硬いため、折り曲げるとクラックが発生しやすい。

【0085】

本実施の形態では、基板11としてフレキシブル基板を用いているため、保護膜16の折り曲げ耐性を向上させて、折り曲げに伴い保護膜16にクラックが生じないようにすることが望まれる。これを実現するために、本実施の形態では、一層以上の高密度層16Hと一層以上の低密度層16Lとからなり、かつ、低密度層16Lと高密度層16Hとが互いに接するように交互に積層された積層構造を有する保護膜16を採用している。これにより、保護膜16の折り曲げ耐性を向上させることができるが、このことについて、図17～図22を参照して以下に詳細に説明する。なお、保護膜16の折り曲げ耐性とは、保護膜16の折曲げ試験に対する耐久性に対応している。また、折曲げ試験とは、折り曲げ

動作を多数回繰り返す試験に対応している。折り曲げ動作を多数回繰り返しても、保護膜 16 にクラックなどの不具合が生じなければ、保護膜 16 の折り曲げ耐性が向上したと判断することができる。

【0086】

図 17～図 22 は、保護膜の断面構造を示す断面図（説明図）であり、表示装置 1 の一部（上記図 3 の一部）を抜き出して示したものである。但し、図 17～図 20 および後述の図 23～図 27 は、本実施の形態に対応しているが、図 21 および図 22 は、比較例（本発明者が検討した検討例）に対応している。図 17～図 22 には、保護膜（16, 116, 216）の断面構造が示されているが、図 17～図 22 において、保護膜の断面構造は互いに相違している。

10

【0087】

なお、図 17～図 22 および後述の図 23～図 27 において、保護膜（16, 116, 216）の下地を構成する層を、符号 18 を付して下地層 18 として示しており、保護膜（16, 116, 216）は、下地層 18 上に形成されている。下地層 18 は、上記電極層 15、有機層 14、電極層 13、パッシベーション膜 12 あるいは基板 11 で構成されているが、下地層 18 が、電極層 15、有機層 14、電極層 13、パッシベーション膜 12 あるいは基板 11 のいずれによって構成されているかは、保護膜の平面位置によって相違し得る。例えば、1つの保護膜 16 が、保護膜 16 の下の下地層 18 が電極層 15 で構成されている領域と、保護膜 16 の下の下地層 18 が有機層 14 で構成されている領域と、保護膜 16 の下の下地層 18 が電極層 13 で構成されている領域と、保護膜 16 の下の下地層 18 がパッシベーション膜 12 で構成されている領域と、を一体的に有する場合もあり得る。

20

【0088】

図 17～図 22 のそれぞれにおける保護膜の構造（断面構造）は、次の通りである。

【0089】

すなわち、図 17 の場合は、保護膜 16 は、最下層としての低密度層 16L と、その低密度層 16L 上に形成された最上層としての高密度層 16H との積層膜からなる。つまり、図 17 の場合は、保護膜 16 は、低密度層 16L とその上の高密度層 16H との積層構造を有している。

【0090】

また、図 18 の場合は、保護膜 16 は、最下層としての高密度層 16H と、その高密度層 16H 上に形成された最上層としての低密度層 16L との積層膜からなる。つまり、図 18 場合は、保護膜 16 は、高密度層 16H とその上の低密度層 16L との積層構造を有している。

30

【0091】

また、図 19 の場合は、保護膜 16 は、最下層としての低密度層 16L と、その低密度層 16L 上に形成された中間層としての高密度層 16H と、その高密度層 16H 上に形成された最上層としての低密度層 16L との積層膜からなる。つまり、図 19 の場合は、保護膜 16 は、低密度層 16L とその上の高密度層 16H とその上の低密度層 16L との積層構造を有している。

40

【0092】

また、図 20 の場合は、保護膜 16 は、最下層としての高密度層 16H と、その高密度層 16H 上に形成された中間層としての低密度層 16L と、その低密度層 16L 上に形成された最上層としての高密度層 16H との積層膜からなる。つまり、図 20 の場合は、保護膜 16 は、高密度層 16H とその上の低密度層 16L とその上の高密度層 16H との積層構造を有している。換言すると、図 20 の場合は、保護膜 16 は、2つの高密度層 16H の間に低密度層 16L が介在した（挟まれた）構造を有している。

【0093】

図 21 は、第 1 比較例の保護膜 16 の断面図が示されており、第 1 比較例の保護膜 16 を、符号 116 を付して「第 1 比較例の保護膜 116」または「保護膜 116」と称する

50

こととする。第1比較例の保護膜116は、全体が高密度層16Hと同じ密度の膜で構成されている。つまり、図21の場合は、保護膜116全体が高密度層16Hで構成されている。

【0094】

図22は、第2比較例の保護膜16の断面図が示されており、第2比較例の保護膜16を、符号216を付して「第2比較例の保護膜216」または「保護膜216」と称することとする。第2比較例の保護膜216は、全体が低密度層16Lと同じ密度の膜で構成されている。つまり、図22の場合は、保護膜216全体が低密度層16Lで構成されている。なお、図17～図22で、保護膜(16, 116, 216)の厚さは、互いに同じである。

10

【0095】

まず、図21に示される第1比較例の保護膜116について説明する。図21に示される第1比較例の保護膜116においては、全体が高密度層16Hで構成されている。高密度層16Hは、密度が高いため、比較的硬い膜である。このため、図21に示される第1比較例の保護膜116においては、全体が硬い材料により構成されていることになる。このため、第1比較例の保護膜116は、折り曲げ耐性が低くなり、折り曲げに伴い保護膜116にクラックが生じる懸念がある。

【0096】

次に、図22に示される第2比較例の保護膜216について説明する。図22に示される第2比較例の保護膜216においては、全体が低密度層16Lで構成されている。低密度層16Lは、密度が低いため、高密度層16Hに比べて柔軟性が高い膜である。しかしながら、低密度層16Lは、高密度層16Hに比べて密度が低いため、高密度層16Hに比べて水分透過率が高くなる。すなわち、水分に対するバリア性は、高密度層16Hよりも低密度層16Lの方が低い。このため、全体が低密度層16Lで構成されている第2比較例の保護膜216は、水分に対するバリア性が低くなり、水分保護膜としての機能が低下してしまう懸念がある。

20

【0097】

次に、図17～図20のそれぞれの場合についての利点について説明する。

【0098】

まず、図17の場合について説明する。図17の場合は、保護膜16は、低密度層16Lと高密度層16Hとの積層構造を有しており、最下層が低密度層16Lとなっている。保護膜16の下の下地層18は、上記電極層15、有機層14、電極層13あるいはパッシベーション膜12などで構成されている。保護膜16の最下層が硬い膜で構成されている場合には、保護膜16の下の下地層18の材質によっては、折り曲げ時に保護膜16と下地層18との界面に応力が集中し、保護膜16と下地層18との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜16のクラックが生じる虞がある。それに対して、図17の場合は、保護膜16の最下層は、高密度層16Hに比べて柔軟性が高い低密度層16Lで構成されているため、折り曲げ時に保護膜16と下地層18との界面に応力が集中したとしても、その界面での応力は、柔軟性を有する低密度層16Lが吸収することができる。このため、図17の場合は、保護膜16の最下層を低密度層16Lで構成したことにより、折り曲げ時に保護膜16と下地層18との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜16のクラックが生じるのを、抑制または防止することができる。従って、保護膜16の信頼性を向上させることができ、ひいては、表示装置の信頼性を向上させることができる。また、保護膜16の下地層18となり得る膜(上記電極層15、有機層14、電極層13あるいはパッシベーション膜12など)の材料の選択の幅が広がるため、有機EL素子や有機EL表示装置を製造しやすくなり、また、有機EL素子や有機EL表示装置の性能向上を図ることができる。

30

40

【0099】

また、図17の場合は、保護膜16は、低密度層16Lに比べて水分に対するバリア性が高い(すなわち水分透過率が低い)高密度層16Hを含んでおり、この高密度層16H

50

により、保護膜 16 の水分に対するバリア性を確保することができる。このため、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を確保することができる。

【0100】

次に、図 18 の場合について説明する。図 18 の場合は、保護膜 16 は、高密度層 16 H と低密度層 16 L との積層構造を有しており、最上層が低密度層 16 L となっている。保護膜 16 上に何らかの膜（ここでは絶縁膜 17）を形成する場合には、その膜の材質によっては、折り曲げ時に保護膜 16 とその上の膜との界面に応力が集中し、保護膜 16 とその上の膜との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜 16 のクラックが生じる虞がある。それに対して、図 18 の場合は、保護膜 16 の最上層は、高密度層 16 H に比べて柔軟性が高い低密度層 16 L で構成されているため、折り曲げ時に保護膜 16 とその上の膜との界面に応力が集中したとしても、その界面での応力は、柔軟性を有する低密度層 16 L が吸収することができる。このため、図 18 の場合は、保護膜 16 の最上層を低密度層 16 L で構成したことにより、折り曲げ時に保護膜 16 とその上の膜との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜 16 のクラックが生じるのを、抑制または防止することができる。従って、保護膜 16 の信頼性を向上させることができ、ひいては、表示装置の信頼性を向上させることができる。また、保護膜 16 上に形成する膜の材料の選択の幅が広がるため、有機 EL 表示装置を製造しやすくなり、また、有機 EL 表示装置の性能向上を図ることができる。

【0101】

また、図 18 の場合も、保護膜 16 は、低密度層 16 L に比べて水分に対するバリア性が高い（すなわち水分透過率が低い）高密度層 16 H を含んでおり、この高密度層 16 H により、保護膜 16 の水分に対するバリア性を確保することができる。このため、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を確保することができる。

【0102】

次に、図 19 の場合について説明する。図 19 の場合は、保護膜 16 は、低密度層 16 L と高密度層 16 H と低密度層 16 L との積層構造を有しており、最下層が低密度層 16 L となっており、かつ、最上層が低密度層 16 L となっている。これにより、図 19 の場合は、図 17 を参照して説明した効果（利点）と図 18 を参照して説明した効果（利点）との両方を得ることができる。

【0103】

また、図 19 の場合も、保護膜 16 は、低密度層 16 L に比べて水分に対するバリア性が高い（すなわち水分透過率が低い）高密度層 16 H を含んでおり、この高密度層 16 H により、保護膜 16 の水分に対するバリア性を確保することができる。このため、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を確保することができる。

【0104】

次に、図 20 の場合について説明する。図 20 の場合は、保護膜 16 は、高密度層 16 H と低密度層 16 L と高密度層 16 H との積層構造を有しており、2 つの高密度層 16 H の間に低密度層 16 L が介在した（挟まれた）構造を有している。高密度層 16 H の厚さが厚い場合は、折り曲げ時に高密度層 16 H 内に応力が発生し、その応力によって高密度層 16 H 内にクラックが発生する懸念がある。このため、全体が高密度層 16 H で構成された上記図 21 に示される第 1 比較例の保護膜 116 の場合には、高密度層 16 H の厚さが厚くなることから、折り曲げ時に保護膜 116 内に応力が発生し、その応力によって保護膜 116 内にクラックが発生する懸念がある。それに対して、図 20 の場合は、厚い一層の高密度層 16 H を用いるのではなく、その厚い一層の高密度層 16 H を 2 層の高密度層 16 H に分け、その 2 層の高密度層 16 H の間に低密度層 16 L を介在させている。このため、図 20 の場合は、各高密度層 16 H の厚さを薄くすることができるため、各高密度層 16 H 内で発生する応力を抑制することができ、また、2 層の高密度層 16 H の間に低密度層 16 L が介在していることで、柔軟性を有する低密度層 16 L が応力を吸収することができる。このため、図 20 の場合は、保護膜 16 において、2 つの高密度層 16 H の間に低密度層 16 L を介在させたことにより、折り曲げ時に保護膜 16 内でクラックが

生じるのを、抑制または防止することができる。従って、保護膜 16 の信頼性を向上させることができ、ひいては、表示装置の信頼性を向上させることができる。

【0105】

また、図 20 の場合も、保護膜 16 は、低密度層 16 L に比べて水分に対するバリア性が高い（すなわち水分透過率が低い）高密度層 16 H を含んでおり、この高密度層 16 H により、保護膜 16 の水分に対するバリア性を確保することができる。このため、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を確保することができる。

【0106】

保護膜 16 が、一層以上の高密度層 16 H と高密度層 16 H よりも密度が低い一層以上の低密度層 16 L とからなり、かつ、低密度層 16 L と高密度層 16 H とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有していることは、図 17～図 20 のいずれの場合にも共通である。図 17 の場合の特徴は、保護膜 16 における最下層が低密度層 16 L であることであり、これを第 1 の条件と称することとする。図 18 の場合の特徴は、保護膜 16 における最上層が低密度層 16 L であることであり、これを第 2 の条件と称することとする。図 19 の場合の特徴は、保護膜 16 における最下層が低密度層 16 L であり、かつ、保護膜 16 における最上層が低密度層 16 L であることであり、第 1 の条件と第 2 の条件の両方を満たしている。図 20 の場合の特徴は、保護膜 16 が、低密度層 16 L を間に挟んで隣り合う一対（2 つ）の高密度層 16 H を含んでいることであり、これを第 3 の条件と称することとする。この第 3 の条件は、保護膜 16 が、2 つの高密度層 16 H とその 2 つの高密度層 16 H の間に介在する低密度層 16 L とを有していることと、言い換えることもできる。

【0107】

図 21 に示される第 1 比較例の保護膜 116 の場合は、全体が高密度層 16 H で構成されているため、次に 3 つの不具合が生じる虞がある。すなわち、第 1 の不具合として、折り曲げ時に保護膜 116 と保護膜 116 の下地との界面に応力が集中し、保護膜 116 と保護膜 116 の下地との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜 116 のクラックが生じる虞がある。第 2 の不具合として、折り曲げ時に保護膜 116 とその上の膜との界面での剥離や、その界面を起点とした保護膜 116 のクラックが生じる虞がある。第 3 の不具合として、折り曲げ時に保護膜 116 内での応力に起因して保護膜 116 内にクラックが生じる虞がある。

【0108】

それに対して、図 17 の場合と図 19 の場合は、第 1 の条件を満たし、保護膜 16 の最下層を低密度層 16 L としたことで、この低密度層 16 L を保護膜 16 と下地層 18 との間の緩衝層（応力緩衝層、応力緩和層）として機能させることができる。これにより、上記第 1 の不具合を改善することができる。また、図 18 の場合と図 19 の場合は、第 2 の条件を満たし、保護膜 16 の最上層を低密度層 16 L とすることで、この低密度層 16 L を保護膜 16 とその上の膜との間の緩衝層（応力緩衝層、応力緩和層）として機能させることができる。これにより、上記第 2 の不具合を改善することができる。また、図 20 の場合は、第 3 の条件を満たし、2 つの高密度層 16 H の間に低密度層 16 L を介在させているが、これは、高密度層 16 H の層中（厚さの途中）に低密度層 16 L を挿入した構造に対応している。図 20 の場合は、高密度層 16 H の層中（厚さの途中）に低密度層 16 L を挿入し、この低密度層 16 L を緩衝層（応力緩衝層、応力緩和層）として機能させることができる。これにより、高密度層 16 H 内の応力を緩和することができ、上記第 3 の不具合を改善することができる。そして、図 17～図 20 のいずれの場合も、保護膜 16 は、一層以上の高密度層 16 H を有しているため、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を確保することができる。なお、第 1 の不具合、第 2 の不具合および第 3 の不具合のいずれを改善することも、保護膜 16 の信頼性を向上させ、ひいては、表示装置の信頼性を向上させることにつながる。

【0109】

保護膜 16 の積層構造は、図 17～図 20 の場合以外にも適用可能であり、その適用例

を図 2 3～図 2 7 に示してある。図 2 3～図 2 7 は、保護膜 1 6 の断面構造を示す断面図（説明図）であり、上記図 1 7～図 2 2 に対応するものである。

【0 1 1 0】

図 2 3 の場合は、保護膜 1 6 は、低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H とが下から順に積層された積層構造を有している。この図 2 3 の保護膜 1 6 は、図 2 0 の保護膜 1 6 において、下側の高密度層 1 6 H の下に、最下層として低密度層 1 6 L を追加した場合に対応している。つまり、図 2 3 は、図 2 0 の保護膜 1 6 （第 3 の条件を満たす保護膜 1 6 ）に、図 1 7 の特徴（第 1 の条件）を追加した場合に対応している。図 2 3 の場合は、上記第 1 の条件と第 3 の条件とを満たしているため、上記第 1 の不具合と第 3 の不具合とを改善することができ、上記図 1 7 を参照して説明した効果と、
上記図 2 0 を参照して説明した効果とを、得ることができる。

10

【0 1 1 1】

図 2 4 の場合は、保護膜 1 6 は、高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L とが下から順に積層された積層構造を有している。この図 2 4 の保護膜 1 6 は、図 2 0 の保護膜 1 6 において、上側の高密度層 1 6 H の上に、最上層として低密度層 1 6 L を追加した場合に対応している。つまり、図 2 4 は、図 2 0 の保護膜 1 6 （第 3 の条件を満たす保護膜 1 6 ）に、図 1 8 の特徴（第 2 の条件）を追加した場合に対応している。図 2 4 の場合は、上記第 2 の条件と第 3 の条件とを満たしているため、上記第 2 の不具合と第 3 の不具合とを改善することができ、上記図 1 8 を参照して説明した効果と、
上記図 2 0 を参照して説明した効果とを、得ることができる。

20

【0 1 1 2】

図 2 5 の場合は、保護膜 1 6 は、低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L とが下から順に積層された積層構造を有している。この図 2 5 の保護膜 1 6 は、図 2 0 の保護膜 1 6 において、下側の高密度層 1 6 H の下に、最下層として低密度層 1 6 L を追加し、かつ、上側の高密度層 1 6 H の上に、最上層として低密度層 1 6 L を追加した場合に対応している。つまり、図 2 5 は、図 2 0 の保護膜 1 6 （第 3 の条件を満たす保護膜 1 6 ）に、図 1 7 の特徴（第 1 の条件）と図 1 8 の特徴（第 2 の条件）とを追加した場合に対応している。図 2 5 の場合は、上記第 1 の条件と第 2 の条件と第 3 の条件とを満たしているため、上記第 1 の不具合と第 2 の不具合と第 3 の不具合とを改善することができ、上記図 1 7 を参照して説明した効果と、上記図 1 8 を参照して説明した効果と、
上記図 2 0 を参照して説明した効果とを、得ることができる。

30

【0 1 1 3】

図 2 6 の場合は、保護膜 1 6 は、高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H とが下から順に積層された積層構造を有している。また、図 2 7 の場合は、保護膜 1 6 は、高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L と高密度層 1 6 H とが下から順に積層された積層構造を有している。

【0 1 1 4】

図 2 6 の保護膜 1 6 と図 2 7 の保護膜 1 6 とは、いずれも図 2 0 の保護膜 1 6 の変形例である。図 2 0 の場合は、高密度層 1 6 H の層中（厚さの途中）に 1 つの低密度層 1 6 L を挿入した構造を保護膜 1 6 に採用していたが、図 2 6 の場合は、高密度層 1 6 H の層中（厚さの途中）に 2 つの低密度層 1 6 L を挿入した構造を保護膜 1 6 に採用し、図 2 7 の場合は、高密度層 1 6 H の層中（厚さの途中）に 3 つの低密度層 1 6 L を挿入した構造を保護膜 1 6 に採用している。

40

【0 1 1 5】

図 2 6 および図 2 7 の場合も、図 2 0 の場合と類似した効果を得ることができる。すなわち、高密度層 1 6 H の厚さが厚い場合は、折り曲げ時に高密度層 1 6 H 内に応力が発生し、その応力によって高密度層 1 6 H 内にクラックが発生する懸念がある。このため、全体が高密度層 1 6 H で構成された上記図 2 1 に示される第 1 比較例の保護膜 1 1 6 の場合には、高密度層 1 6 H の厚さが厚くなることから、折り曲げ時に保護膜 1 1 6 内に応力が

50

発生し、その応力によって保護膜 1 1 6 内にクラックが発生する懸念がある。それに対し、図 2 6 の場合は、厚い一層の高密度層 1 6 H を用いるのではなく、その厚い一層の高密度層 1 6 H を 3 層の高密度層 1 6 H に分け、その 3 層の高密度層 1 6 H の間にそれぞれ低密度層 1 6 L を介在させている。また、図 2 7 の場合は、厚い一層の高密度層 1 6 H を用いるのではなく、その厚い一層の高密度層 1 6 H を 4 層の高密度層 1 6 H に分け、その 4 層の高密度層 1 6 H の間にそれぞれ低密度層 1 6 L を介在させている。このため、図 2 6 の場合や図 2 7 の場合は、各高密度層 1 6 H の厚さを薄くすることができるため、各高密度層 1 6 H 内で発生する応力を抑制することができ、また、高密度層 1 6 H の間に低密度層 1 6 L (緩衝層) が介在していることで、柔軟性を有する低密度層 1 6 L が応力を吸収することができる。図 2 6 の場合や図 2 7 の場合も、折り曲げ時に保護膜 1 6 内でクラックが生じるのを、抑制または防止することができる。

【0 1 1 6】

なお、図 2 0 の場合と図 2 6 の場合と図 2 7 の場合とを比べると、図 2 0 の場合よりも図 2 6 の場合の方が、また、図 2 6 の場合よりも更に図 2 7 の場合の方が、保護膜 1 6 の厚さを薄くしなくとも、個々の高密度層 1 6 H の厚さを薄くすることができる。このため、折り曲げ時に保護膜 1 6 内でクラックが生じるのを抑制または防止できる効果は、図 2 0 の場合よりも図 2 6 の場合の方が大きくなり、また、図 2 6 の場合よりも図 2 7 の場合の方が更に大きくなる。一方、図 2 0 の場合と図 2 6 の場合と図 2 7 の場合とを比べると、保護膜 1 6 の厚さが同じであれば、低密度層 1 6 L の合計の厚さは、図 2 0 の場合よりも図 2 6 の場合の方が厚くなり、また、図 2 6 の場合よりも図 2 7 の場合の方が更に厚くなる。このため、保護膜 1 6 の水分のバリア性をできるだけ高くする、すなわち、保護膜 1 6 の水分透過率をできるだけ低くするという観点では、図 2 7 の場合よりも図 2 6 の場合の方が有利であり、また、図 2 6 の場合よりも更に図 2 0 の場合の方が更に有利である。

【0 1 1 7】

また、図 2 0、図 2 6 および図 2 7 の保護膜 1 6 の更なる変形例として、高密度層 1 6 H の層中 (厚さの途中) に 4 層以上の低密度層 1 6 L を挿入した構造を保護膜 1 6 に採用することもできる。

【0 1 1 8】

図 2 0、図 2 6 および図 2 7 の各保護膜 1 6 を包括的に捉えると、上記第 3 の条件の代わりに、次の第 4 の条件を適用することができる。すなわち、第 4 の条件は、保護膜 1 6 (保護膜 1 6 を構成する積層構造) は、複数の高密度層 1 6 H と、それら複数の高密度層 1 6 H の相互間に介在する低密度層 1 6 L と、を含んでいることである。つまり、保護膜 1 6 が複数の高密度層 1 6 H を含み、それら複数の高密度層 1 6 H の相互間に低密度層 1 6 L が介在していれば、第 4 の条件を満たすことになる。図 2 0、図 2 3、図 2 4、図 2 5、図 2 6 および図 2 7 の保護膜 1 6 は、この第 4 の条件を満たしている。また、上記第 3 の条件を満たせば、必然的に第 4 の条件を満たすことになる。

【0 1 1 9】

すなわち、図 2 0 の場合と図 2 3 の場合と図 2 4 の場合と図 2 5 の場合とは、保護膜 1 6 は、2 層の高密度層 1 6 H とその 2 層の高密度層 1 6 H の間に介在する低密度層 1 6 L とを有しており、第 4 の条件を満たしている。図 2 6 の場合は、保護膜 1 6 は、3 層の高密度層 1 6 H とその 3 層の高密度層 1 6 H の相互間に介在する低密度層 1 6 L とを有しており、第 4 の条件を満たしている。図 2 7 の場合は、保護膜 1 6 は、4 層の高密度層 1 6 H とその 4 層の高密度層 1 6 H の相互間に介在する低密度層 1 6 L とを有しており、第 4 の条件を満たしている。保護膜 1 6 が有する高密度層 1 6 H は、5 層以上でもよく、その場合でも、その 5 層以上の高密度層 1 6 H の相互間に低密度層 1 6 L が介在しているため、第 4 の条件を満たしている。第 4 の条件を満たしていれば、各高密度層 1 6 H の厚さを薄くすることができるため、各高密度層 1 6 H 内で発生する応力を抑制することができ、また、上下に隣り合う高密度層 1 6 H の間に低密度層 1 6 L が介在していることで、柔軟性を有する低密度層 1 6 L が応力を吸収することができる。これにより、折り曲げ時に保

護膜 16 内でクラックが生じるのを、抑制または防止することができる。

【0120】

また、図示はしないけれども、図 26 の保護膜 16 や図 27 の保護膜 16 において、第 1 の条件を満たすように、下側の高密度層 16 H の下に、最下層として低密度層 16 L を追加することもできる。また、図 26 の保護膜 16 や図 27 の保護膜 16 において、第 2 の条件を満たすように、上側の高密度層 16 H の上に、最上層として低密度層 16 L を追加することもできる。また、図 26 の保護膜 16 や図 27 の保護膜 16 において、第 1 の条件および第 2 の条件を満たすように、下側の高密度層 16 H の下に、最下層として低密度層 16 L を追加し、かつ、上側の高密度層 16 H の上に、最上層として低密度層 16 L を追加することもできる。図 26 の保護膜 16 や図 27 の保護膜 16 においても、第 1 の条件を満たす場合は、上記第 1 の不具合を改善して上記図 17 を参照して説明した効果も得ることができ、また、第 2 の条件を満たす場合は、上記第 2 の不具合を改善して上記図 18 を参照して説明した効果も得ることができ。

10

【0121】

なお、保護膜 16 が、一層以上の高密度層 16 H と一層以上の低密度層 16 L とからなり、かつ、低密度層 16 L と高密度層 16 H とが互いに接するように交互に積層された積層構造を有している場合には、これら第 1 の条件、第 2 の条件および第 4 の条件のうちの 1 つ以上を満たすことになる。例えば、保護膜 16 が含む高密度層 16 H が一層の場合は、必然的に第 1 の条件および第 2 の条件の一方または両方を満たすが、第 4 の条件は満たさない。また、保護膜 16 が含む高密度層 16 H が二層以上の場合は、必然的に第 4 の条件を満たす。

20

【0122】

また、低密度層 16 L の密度は、高密度層 16 H の密度よりも低く、言い換えると、高密度層 16 H の密度は、低密度層 16 L の密度よりも高い。これにより、密度が高い高密度層 16 H により、水分のバリア性を確保し、また、密度が低い低密度層 16 L を緩衝層（応力緩衝層、応力緩和層）として機能させることができる。このような高密度層 16 H と低密度層 16 L の機能を考慮すると、高密度層 16 H の密度と低密度層 16 L の密度とにある程度の差があることが好ましく、具体的には、低密度層 16 L の密度は、高密度層 16 H の密度の 95 % 以下であることが好ましい。すなわち、低密度層 16 L の密度を $\alpha 1$ とし、高密度層 16 H の密度を $\alpha 2$ とした場合には、 $\alpha 1 / \alpha 2 \leq 0.95$ が成り立つことが好ましい。

30

【0123】

また、低密度層 16 L の密度が低すぎると、低密度層 16 L の安定性が低くなる。このため、低密度層 16 L の密度は、高密度層 16 H の密度の 80 % 以上であることが好ましく、90 % 以上であれば更に好ましい。すなわち、低密度層 16 L の密度を $\alpha 1$ とし、高密度層 16 H の密度を $\alpha 2$ とした場合には、 $\alpha 1 / \alpha 2 \geq 0.8$ が成り立つことが好ましく、 $\alpha 1 / \alpha 2 \geq 0.9$ が成り立つことが更に好ましい。

【0124】

従って、低密度層 16 L の密度は、高密度層 16 H の密度の 95 % 以下でかつ 80 % 以上（すなわち $0.8 \leq \alpha 1 / \alpha 2 \leq 0.95$ ）であることが好ましく、高密度層 16 H の密度の 95 % 以下でかつ 90 % 以上（すなわち $0.9 \leq \alpha 1 / \alpha 2 \leq 0.95$ ）であれば更に好ましい。

40

【0125】

また、保護膜 16 の水分のバリア性は、主として高密度層 16 H で確保するため、高密度層 16 H は、できるだけ密度が高いことが好ましい。このため、高密度層 16 H は、欠陥（空孔）が少なく、理想的な結晶構造の膜（層）に近いことが好ましい。この観点で、高密度層 16 H および低密度層 16 L が酸化アルミニウム（ Al_2O_3 ）からなる場合は、その高密度層 16 H の密度は、 3.0 g/cm^3 かそれ以上であることが好ましい。また、高密度層 16 H および低密度層 16 L が酸化シリコン（ SiO_2 ）からなる場合は、その高密度層 16 H の密度は、 2.2 g/cm^3 かそれ以上であることが好ましい。また

50

、高密度層 16 H および低密度層 16 L が窒化シリコン (SiN) からなる場合は、その高密度層 16 H の密度は、 2.2 g/cm^3 かそれ以上であることが好ましい。また、高密度層 16 H および低密度層 16 L が酸化チタン (TiO_2) からなる場合は、その高密度層 16 H の密度は、 3.1 g/cm^3 かそれ以上であることが好ましい。また、高密度層 16 H および低密度層 16 L が酸化ジルコニウム (ZrO_2) からなる場合は、その高密度層 16 H の密度は、 5.2 g/cm^3 かそれ以上であることが好ましい。

【0126】

また、保護膜 16 において、高密度層 16 H の厚さは、低密度層 16 L の厚さよりも厚いことが好ましい。その理由は、以下の通りである。

【0127】

すなわち、低密度層 16 L よりも高密度層 16 H の方が、水分に対するバリア性が高い。このため、低密度層 16 L よりも高密度層 16 H の方が、単位厚さ当たりの水分の透過率は低くなる。そこで、本実施の形態では、高密度層 16 H の厚さを低密度層 16 L の厚さよりも厚くすることが好ましい。つまり、保護膜 16 の厚さのうち、低密度層 16 L のそれぞれに配分する厚さよりも、高密度層 16 H のそれぞれに配分する厚さを大きくすることが好ましい。高密度層 16 H と低密度層 16 L のうち、単位厚さ当たりの水分の透過率が低い高密度層 16 H を厚くし、高密度層 16 H よりも単位厚さ当たりの水分の透過率が高い低密度層 16 L については厚さを薄くしたことにより、保護膜 16 の単位厚さ当たりの水分の透過率を低くすることができ、保護膜 16 による水分の侵入を防止する効果を高めることができる。これにより、保護膜 16 の水分保護膜としての機能を高めることができ、保護膜 16 による水分の侵入を防止する効果を効率的に得ることができる。

【0128】

つまり、保護膜 16 の厚さを一定にした場合を仮定する。この場合、低密度層 16 L を厚くして、その分だけ高密度層 16 H を薄くすると、単位厚さ当たりの水分の透過率が低い高密度層 16 H の厚さが薄くなることを反映して、保護膜 16 全体の水分の透過率が高くなってしまう。一方、低密度層 16 L を薄くして、その分だけ高密度層 16 H を厚くすると、単位厚さ当たりの水分の透過率が低い高密度層 16 H の厚さが厚くなることを反映して、保護膜 16 全体の水分の透過率を低下させることができる。このため、保護膜 16 による水分の侵入を防止する効果を効率的に高めるためには、低密度層 16 L を薄くして、その分だけ高密度層 16 H を厚くすることが有効である。それゆえ、保護膜 16 の厚さのうち、低密度層 16 L のそれぞれに配分厚さよりも高密度層 16 H のそれぞれに配分する厚さを大きくし、高密度層 16 H の厚さが低密度層 16 L の厚さよりも厚くなるようにすることが好ましい。図 17～図 20 および図 23～図 27 では、高密度層 16 H の厚さを、符号 T1 を付して厚さ T1 として示し、低密度層 16 L の厚さを、符号 T2 を付して厚さ T2 として示してあり、 $T1 > T2$ が成り立つことが好ましい。また、保護膜 16 において、高密度層 16 H の厚さは、低密度層 16 L の厚さよりも厚い ($T1 > T2$) ことが好ましいが、高密度層 16 H の厚さが、低密度層 16 L の厚さの 2 倍以上 ($T1 \geq T2 \times 2$) であれば、更に好ましい。

【0129】

高密度層 16 H の厚さを低密度層 16 L の厚さよりも厚くするには、高密度層 16 H を形成する際の上記第 1～第 4 ステップのサイクル数を、低密度層 16 L を形成する際の上記第 1～第 4 ステップのサイクル数よりも多くすればよい。また、高密度層 16 H を形成する際の上記第 1～第 4 ステップのサイクル数を、低密度層 16 L を形成する際の上記第 1～第 4 ステップのサイクル数の 2 倍以上にすれば、高密度層 16 H の厚さは、低密度層 16 L の厚さの 2 倍以上になる。

【0130】

また、保護膜 16 において、高密度層 16 H の厚さを低密度層 16 L の厚さよりも厚くすることが好ましいが、低密度層 16 L の厚さが薄すぎると、低密度層 16 L の緩衝層としての機能が小さくなり、折り曲げ時に保護膜 16 にクラックが生じるのを抑制または防止する効果が小さくなってしまふ虞がある。このため、低密度層 16 L の厚さは、 2 nm

以上が好ましい。そうすることにより、低密度層 16 L の緩衝層（応力緩衝層、応力緩和層）としての機能を確保しやすくなり、折り曲げ時に保護膜 16 にクラックが生じるのを抑制または防止する効果を、的確に得ることができる。例えば、低密度層 16 L が酸化アルミニウムからなる場合は、2 nm 以上の厚さの低密度層 16 L を形成するには、上記第 1 ～ 第 4 ステップを 13 サイクル程度以上行ってその低密度層 16 L を形成すればよい。

【0131】

また、上記パーティクル 31 を保護膜 16 によって保持し、パーティクル 31 の脱落を的確に防止できるようにするためには、保護膜 16 の厚さは、ある程度厚くすることが好ましく、具体的には、保護膜 16 の厚さは、20 nm 以上が好ましい。

【0132】

また、保護膜の厚さを厚くすることは、折り曲げ時に保護膜にクラックが発生するリスクが増加することにつながるが、本実施の形態では、上述のように保護膜 16 の積層構造を工夫することにより、折り曲げ時に保護膜 16 にクラックが発生するのを抑制または防止することができる。このため、基板 11 としてフレキシブル基板を用いるとともに、保護膜 16 の厚さを、たとえ 100 nm 程度かそれ以上にしたとしても、本実施の形態の保護膜 16 を適用することで、保護膜 16 の折り曲げ耐性を確保することができ、折り曲げに伴い保護膜 16 にクラックが発生するのを抑制または防止することができる。このため、保護膜 16 の厚さが厚い場合、例えば保護膜 16 の厚さが 100 nm 以上の場合に、本実施の形態を適用すれば、その効果は極めて大きい。また、保護膜 16 の厚さが 100 nm 以上であれば、パーティクル 31 の直径がたとえ 1 μ m 程度かそれ以上であっても、そのパーティクル 31 が脱落するのを、保護膜 16 によつて的確に防ぐことができる。

【0133】

また、保護膜 16 は、ALD 法で形成され、すなわち、保護膜 16 を構成する高密度層 16 H と低密度層 16 L とは、いずれも ALD 法により形成される。ALD 法を用いる理由は、上記図 14 ～ 図 16 を参照して上記「検討の経緯について」の欄で説明した通りである。有機 EL 素子（特に有機層 14）は高温に弱いので、保護膜 16 の成膜温度、すなわち高密度層 16 H および低密度層 16 L の各成膜温度は、有機 EL 素子（特に有機層 14）に悪影響を及ぼさないように、比較的低温であることが好ましく、具体的には、100 $^{\circ}$ C 以下であることが好ましく、例えば 80 $^{\circ}$ C 程度とすることができる。このため、保護膜 16 の材料は、水分保護膜としての機能が優れていることと、ALD 法を用いて比較的低温での成膜が可能であることとを考慮して、選択することが望ましい。なお、保護膜 16 の材料とは、保護膜 16 を構成する高密度層 16 H および低密度層 16 L の材料のことである。この観点で、保護膜 16 の材料としては、酸化シリコン、窒化シリコン、酸窒化シリコン、酸化チタン、酸化ジルコニウム、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムを好適に用いることができるが、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウムが特に好ましく、その中でも、酸化アルミニウムが最も好ましい。

【0134】

酸化アルミニウム膜、酸窒化アルミニウム膜または窒化アルミニウム膜（その中でも特に酸化アルミニウム膜）は、低い成膜温度でも ALD 法を用いて緻密な膜を形成しやすい。このため、保護膜 16 の材料として、酸化アルミニウム、酸窒化アルミニウムまたは窒化アルミニウム（その中でも特に酸化アルミニウム）を用いれば、低い成膜温度でも ALD 法を用いて高い密度を有する高密度層 16 H を容易かつ的確に形成することができる。

【0135】

また、本実施の形態とは異なり、高密度層 16 H に相当するものと、低密度層 16 L に相当するものとが、異なる材料により構成されている場合を仮定する。この場合、高密度層 16 H に相当するものを形成するためのチャンバ（成膜容器）と、低密度層 16 L に相当するものを形成するチャンバ（成膜容器）とを、別々に用意する必要があり、従って、保護膜の形成工程の途中で処理対象物をチャンバ間で移動させる必要がある。この場合、保護膜を形成するのに要する時間が長くなり、スループットが低下してしまう。

【0136】

それに対して、本実施の形態では、保護膜16において、高密度層16Hと低密度層16Lとは、密度は相違するが、構成元素は、互いに同じである。すなわち、保護膜16を構成する全ての層は、構成元素が同じであり、同じ材料により構成されている。このため、保護膜16を構成する全ての高密度層16Hおよび低密度層16Lは、同じ成膜装置21の同じチャンバ22（成膜容器）内で連続的に形成することができる。すなわち、保護膜16の形成を開始する段階から保護膜16の形成を終了するまで、言い換えると、保護膜16の最下層の形成を開始する段階から、保護膜16の最上層の形成を終了するまでの間、処理対象物23は、上記成膜装置21の同じチャンバ22内に配置されており、従って、大気中にはさらされない。本実施の形態では、保護膜16を構成する全ての層を、同じチャンバ（22）内で連続的に形成することができるため、保護膜16の形成に要する時間を短縮することができ、スループットを向上させることができる。

10

【0137】

＜高密度層16Hと低密度層16Lの形成工程について＞

高密度層16Hと低密度層16Lとは、いずれもALD法を用いて形成するが、ALD法で、高密度層16Hと低密度層16Lとを作り分ける手法（第1の手法、第2の手法および第3の手法）について、以下に説明する。

【0138】

ALD法は、上記「ALD法による成膜について」の欄で説明したように、第1ステップ（原料ガス供給ステップ）と第2ステップ（パージステップ）と第3ステップ（反応ガス供給ステップ）と第4ステップ（パージステップ）とを1サイクルとして、これを複数サイクル繰り返すことで、処理対象物23の表面上に、所望の膜を形成する手法である。高密度層16Hと低密度層16Lとは、いずれも、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップおよび第4ステップを、複数サイクル繰り返すことにより、形成される。上述したように、第1ステップは、チャンバ22（成膜容器）内に原料ガスを供給する工程であり、第2ステップは、チャンバ22内にパージガスを供給する工程であり、第3ステップは、チャンバ22内に反応ガスを供給する工程であり、第4ステップは、チャンバ22内にパージガスを供給する工程である。

20

【0139】

高密度層16Hを形成する際と、低密度層16Lを形成する際とで、第1ステップで用いられる原料ガスの種類は共通（同じ）である。また、高密度層16Hを形成する際と、低密度層16Lを形成する際とで、第2ステップで用いられるパージガスの種類は共通（同じ）である。また、高密度層16Hを形成する際と、低密度層16Lを形成する際とで、第3ステップで用いられる反応ガスの種類は共通（同じ）である。また、高密度層16Hを形成する際と、低密度層16Lを形成する際とで、第4ステップで用いられるパージガスの種類は共通（同じ）である。本実施の形態では、高密度層16Hを形成する際と低密度層16Lを形成する際とで、第1ステップで用いられる原料ガスの種類を共通にし、かつ、第3ステップで用いられる反応ガスの種類を共通にしているため、高密度層16Hと低密度層16Lとは、構成元素が互いに同じになる。

30

【0140】

本実施の形態では、プラズマALD装置（プラズマALD法）を用いて保護膜16を形成しており、第3ステップでは、高周波電力により反応ガスがプラズマ化される。

40

【0141】

高密度層16Hと低密度層16Lとを作り分ける第1の手法は、第3ステップの高周波電力の大きさを制御する手法であり、これについて、まず説明する。

【0142】

プラズマALD装置を用いた成膜工程では、形成した膜の密度は、第3ステップ（反応ガス供給ステップ）において、反応ガスをプラズマ化するための高周波電力（ここでは上部電極25に印加される高周波電力）の大きさによって、制御することができる。具体的には、第3ステップの高周波電力を大きくすると、形成される膜の密度が高くなり、第3

50

ステップの高周波電力を小さくすると、形成される膜の密度が低くなる傾向にある。なお、第3ステップの高周波電力をある程度以上大きくすると、形成される膜は、欠陥（空孔）が少なく、理想的な結晶構造の膜（層）に近くなるため、形成される膜の密度は、ほぼ一定になる。なお、第3ステップにおける、反応ガスをプラズマ化するための高周波電力（ここでは上部電極25に印加される高周波電力）を、「第3ステップにおける高周波電力」または「第3ステップの高周波電力」と称することとする。

【0143】

すなわち、第3ステップでは、チャンバ22内に導入した反応ガスを、処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子と反応させるが、反応ガスの反応性（反応活性）を高めるために、反応ガスをプラズマ化して、処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子と反応させ、それによって、処理対象物23の表面に反応層である原子層を形成する。第3ステップの高周波電力を大きくした場合は、生成されるプラズマ（活性種）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応性が高くなる。このため、第3ステップの高周波電力を大きくした条件で、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップおよび第4ステップを複数サイクル繰り返すと、生成された膜は、欠陥（空孔）が少なく、理想的な結晶構造の膜（層）に近い高密度の膜になる。一方、第3ステップの高周波電力を小さくした場合は、生成されるプラズマ（活性種）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応性が低くなる。このため、第3ステップの高周波電力を小さくした条件で、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップおよび第4ステップを複数サイクル繰り返すと、生成された膜は、欠陥（空孔）が多く、理想的な結晶構造の膜（層）に比べて密度が低い膜になってしまう。

【0144】

このため、第1の手法として、高密度層16Hを形成する際の第3ステップの高周波電力（上部電極25に印加される高周波電力）の大きさよりも、低密度層16Lを形成する際の第3ステップの高周波電力（上部電極25に印加される高周波電力）の大きさを、小さくする。

【0145】

この第1の手法の場合、高密度層16Hを形成する際には、第3ステップの高周波電力を大きくすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子とを十分に反応させる。一方、低密度層16Lを形成する際には、第3ステップの高周波電力を小さくすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応をわざと抑制する。これにより、高密度層16Hの密度よりも低密度層16Lの密度を低くすることができる。

【0146】

例えば、高密度層16Hを形成する際の第3ステップ（上記ステップS6Hの第3ステップ）において、上部電極25に印加される高周波電力を1500W（ワット）、その高周波電力の印加時間を1秒とする。そして、低密度層16Lを形成する際の第3ステップ（上記ステップS6Lの第3ステップ）において、上部電極25に印加される高周波電力を300W、その高周波電力の印加時間を1秒とする。高周波電力の周波数は、ステップS6HとステップS6Lとで、共通の13.56MHzとする。これにより、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップ（但し高周波電力は1500W）および第4ステップを複数サイクル繰り返して形成された高密度層16Hの密度よりも、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップ（但し高周波電力は300W）および第4ステップを複数サイクル繰り返して形成された低密度層16Lの密度を、低くすることができる。

【0147】

次に、高密度層16Hと低密度層16Lとを作り分ける第2の手法は、第3ステップの高周波電力の印加時間を制御する手法であり、これについて説明する。

【0148】

A LD法を用いた成膜工程では、形成した膜の密度は、第3ステップの高周波電力の印加時間によっても、制御することができる。具体的には、第3ステップの高周波電力の印

加時間を長くすると、形成される膜の密度が高くなり、第3ステップの高周波電力の印加時間を短くすると、形成される膜の密度が低くなる傾向にある。これは、第3ステップにおいて、高周波電力の印加時間を長くした場合は、生成されるプラズマ（活性種）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応が十分に行われるようになり、高周波電力の印加時間を短くした場合には、生成されるプラズマと処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応が十分には行われなくなるからである。なお、高周波電力の印加時間をある程度以上長くすると、形成される膜は、欠陥（空孔）が少なく、理想的な結晶構造の膜（層）に近くなるため、形成される膜の密度は、ほぼ一定になる。

【0149】

このため、第2の手法として、高密度層16Hを形成する際の第3ステップの高周波電力の印加時間よりも、低密度層16Lを形成する際の第3ステップの高周波電力の印加時間を短くする。

【0150】

この第2の手法の場合、高密度層16Hを形成する際には、第3ステップの高周波電力の印加時間を長くすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子とを十分に反応させる。一方、低密度層16Lを形成する際には、第3ステップの高周波電力の印加時間を短くすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応をわざと抑制する。これにより、高密度層16Hの密度よりも低密度層16Lの密度を低くすることができる。

【0151】

例えば、高密度層16Hを形成する際の第3ステップ（上記ステップS6Hの第3ステップ）において、上部電極25に印加される高周波電力を1500W、その高周波電力の印加時間を1秒とする。そして、低密度層16Lを形成する際の第3ステップ（上記ステップS6Lの第3ステップ）において、上部電極25に印加される高周波電力を1500W、その高周波電力の印加時間を0.1秒とする。高周波電力の周波数は、ステップS6HとステップS6Lとで、共通の13.56MHzとする。これにより、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップ（但し高周波電力の印加時間は1秒）および第4ステップを複数サイクル繰り返して形成された高密度層16Hの密度よりも、第1ステップ、第2ステップ、第3ステップ（但し高周波電力の印加時間は0.1秒）および第4ステップを複数サイクル繰り返して形成された低密度層16Lの密度を、低くすることができる。

【0152】

次に、高密度層16Hと低密度層16Lとを作り分ける第3の手法は、第3ステップの高周波電力の周波数を制御する手法であり、これについて説明する。

【0153】

ALD法を用いた成膜工程では、形成した膜の密度は、第3ステップの高周波電力の周波数によっても、制御することができる。具体的には、第3ステップの高周波電力の周波数を高くすると、形成される膜の密度が高くなり、第3ステップの高周波電力の周波数を低くすると、形成される膜の密度が低くなる傾向にある。これは、第3ステップにおいて、高周波電力の周波数を高くした場合は、生成されるプラズマ（活性種）と処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応が十分に行われるようになり、高周波電力の印加時間を低くした場合には、生成されるプラズマと処理対象物23の表面に吸着していた原料ガス分子との反応が十分には行われなくなるからである。なお、第3ステップの高周波電力の周波数をある程度以上高くすると、形成される膜は、欠陥（空孔）が少なく、理想的な結晶構造の膜（層）に近くなるため、形成される膜の密度は、ほぼ一定になる。

【0154】

このため、第3の手法として、高密度層16Hを形成する際の第3ステップの高周波電力の周波数よりも、低密度層16Lを形成する際の第3ステップの高周波電力の周波数を低くする。

【0155】

この第3の手法の場合、高密度層16Hを形成する際には、第3ステップの高周波電力

の周波数を高くすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物 2 3 の表面に吸着していた原料ガス分子とを十分に反応させる。一方、低密度層 1 6 L を形成する際には、第 3 ステップの高周波電力の周波数を低くすることで、反応ガス（プラズマ）と処理対象物 2 3 の表面に吸着していた原料ガス分子との反応をわざと抑制する。これにより、高密度層 1 6 H の密度よりも低密度層 1 6 L の密度を低くすることができる。

【0156】

一例を挙げれば、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップ（上記ステップ S 6 H の第 3 ステップ）において、上部電極 2 5 に印加される高周波電力の周波数を 2 7 . 2 1 M H z とし、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップ（上記ステップ S 6 L の第 3 ステップ）において、上部電極 2 5 に印加される高周波電力の周波数を 1 3 . 5 6 M H z とすることができる。

10

【0157】

これら第 1 の手法、第 2 の手法および第 3 の手法のうち、第 3 の手法を採用する場合は、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源と、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源との、合計 2 つの高周波電源を上記成膜装置 2 1 に設ける必要がある。

【0158】

それに対して、第 1 の手法および第 2 の手法では、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の周波数と、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の周波数とを同じにすることができる。このため、第 1 の手法および第 2 の手法では、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源と、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源とを共通化することができ、上記成膜装置 2 1 には、1 つの高周波電源 2 9 を設ければよい。このため、成膜装置 2 1 の構造を単純化することができ、また、成膜装置 2 1 の製造コストを抑制することができ、ひいては、有機 E L 表示装置の製造コストを抑制することができる。

20

【0159】

また、第 1 の手法、第 2 の手法および第 3 の手法のうち、高密度層 1 6 H の密度と低密度層 1 6 L の密度との差を最も確保しやすいのは、第 1 の手法である。このため、高密度層 1 6 H と低密度層 1 6 L とを作り分ける手法として、第 1 の手法を採用することが、特に好ましい。第 1 の手法を採用し、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の大きさよりも、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の大きさを小さくすることにより、高密度層 1 6 H の密度と低密度層 1 6 L の密度との差を容易かつ的確に確保することができ、高密度層 1 6 H の密度よりも低密度層 1 6 L の密度を、容易かつ的確に低くすることができる。

30

【0160】

また、変形例として、第 1 の手法、第 2 の手法および第 3 の手法のうちの任意のものを組み合わせることもできる。例えば、第 1 の手法と第 2 の手法とを組み合わせることもでき、その場合は、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の大きさよりも、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の大きさを小さくし、かつ、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の印加時間よりも、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力の印加時間を短くする。なお、第 1 の手法と第 2 の手法とを組み合わせた場合も、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源と、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップの高周波電力を供給するための高周波電源とを共通化することができる。

40

【0161】

第 1 の手法と第 2 の手法とを組み合わせた場合の一例を挙げれば、高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップにおいて、上部電極 2 5 に印加される高周波電力を 1 5 0 0 W、その高周波電力の印加時間を 1 秒とし、低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップにおいて、上部電極 2 5 に印加される高周波電力を 3 0 0 W、その高周波電力の印加時間を 0

50

． 1 秒とする。高密度層 1 6 H を形成する際の第 3 ステップと低密度層 1 6 L を形成する際の第 3 ステップとで、高周波電力の周波数は同じにする。これにより、第 1 ステップ、第 2 ステップ、第 3 ステップおよび第 4 ステップを複数サイクル繰り返して形成された高密度層 1 6 H の密度よりも、第 1 ステップ、第 2 ステップ、第 3 ステップおよび第 4 ステップを複数サイクル繰り返して形成された低密度層 1 6 L の密度を、よりの確に低くすることができる。

【 0 1 6 2 】

上述のように、フレキシブル基板を用いた有機 E L 表示装置用の保護膜は、水分に対するバリア性と、折り曲げに対する耐性とが求められる。そこで、本実施の形態では、水分バリア層（ここでは高密度層 1 6 H）と応力緩和層（ここでは低密度層 1 6 L）とを交互に積層して保護膜（1 6）を形成することで、その保護膜の水分防止機能を確保しながら、その保護膜の折り曲げ耐性を向上させることができる。そして、水分バリア層（ここでは高密度層 1 6 H）の構成元素と応力緩和層（ここでは低密度層 1 6 L）の構成元素とを同じにするとともに、密度を制御することにより、水分バリア層（ここでは高密度層 1 6 H）と応力緩和層（ここでは低密度層 1 6 L）とを作り分けている。これにより、保護膜（1 6）の形成に要する時間を短縮でき、スループットを向上できる。保護膜（1 6）を A L D 法により形成することで、パーティクル 3 1 の脱落に伴う不具合を防止できるとともに、A L D 法としてプラズマ A L D 法を用い、プラズマを生成するための高周波電力（第 3 ステップの高周波電力）を制御することで、保護膜の密度を制御し、水分バリア層（ここでは高密度層 1 6 H）と応力緩和層（ここでは低密度層 1 6 L）とを容易かつ的確に作り分けることができる。

【 0 1 6 3 】

以上、本発明者によってなされた発明をその実施の形態に基づき具体的に説明したが、本発明は前記実施の形態に限定されるものではなく、その要旨を逸脱しない範囲で種々変更可能であることは言うまでもない。

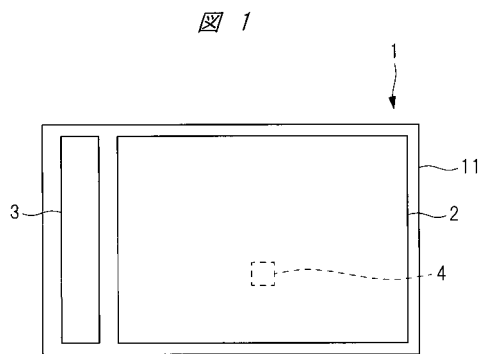
【符号の説明】

【 0 1 6 4 】

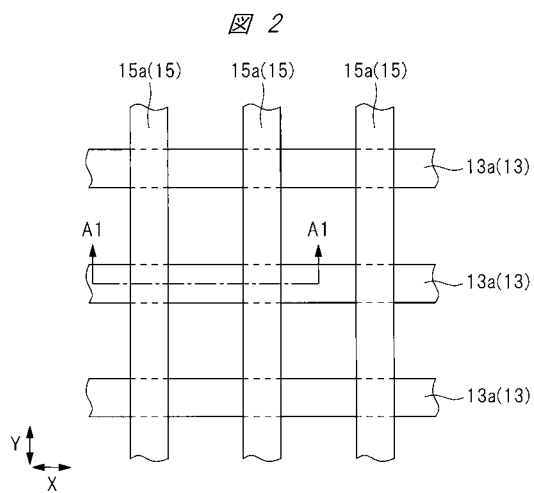
- 1 表示装置
- 2 表示部
- 3 回路部
- 9 ガラス基板
- 1 0 基板
- 1 1 基板
- 1 2 パッシベーション膜
- 1 3, 1 5 電極層
- 1 3 a, 1 5 a 電極
- 1 4 有機層
- 1 6, 3 2, 3 3, 1 1 6, 2 1 6 保護膜
- 1 6 H 高密度層
- 1 6 L 低密度層
- 1 7 樹脂膜
- 2 1 成膜装置
- 2 2 チャンバ
- 2 3 処理対象物
- 2 4 ステージ
- 2 5 上部電極
- 2 6 排気部
- 2 7 ガス導入部
- 2 8 ガス排出部
- 2 9 高周波電源

3 1 パーティクル
 3 2, 3 3 保護膜
 T 1, T 2 厚さ

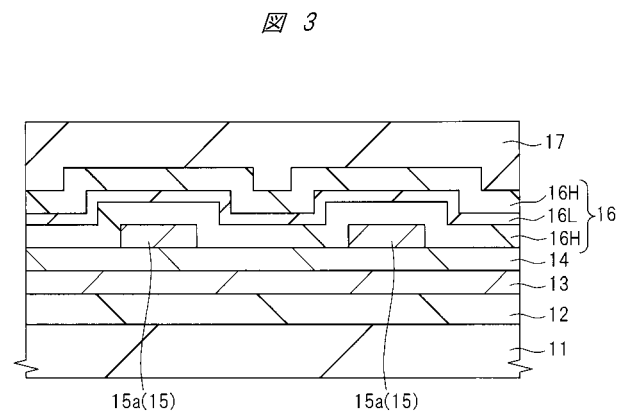
【図 1】



【図 2】

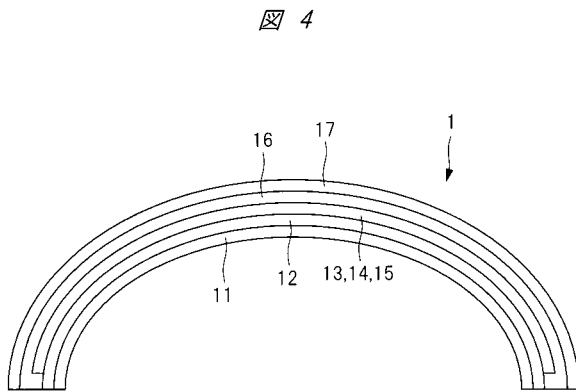


【図 3】

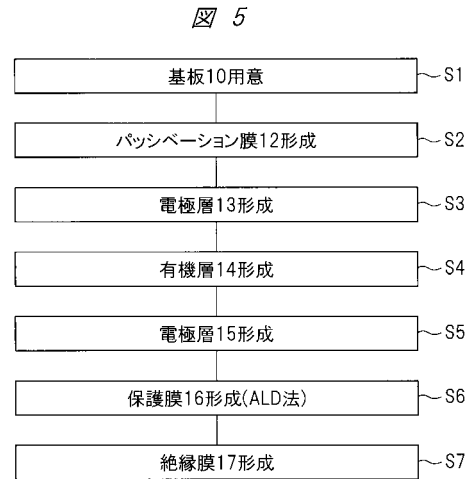


11: 基板
 16: 保護膜
 16H: 高密度層
 16L: 低密度層

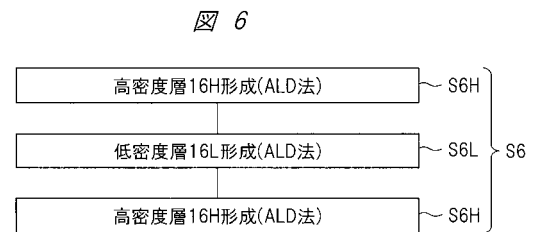
【図 4】



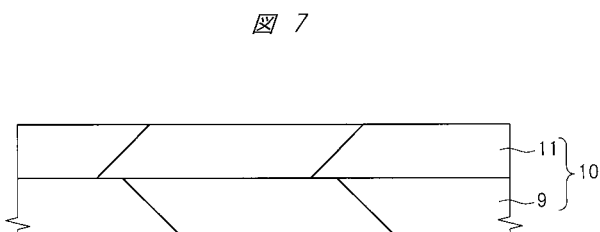
【図 5】



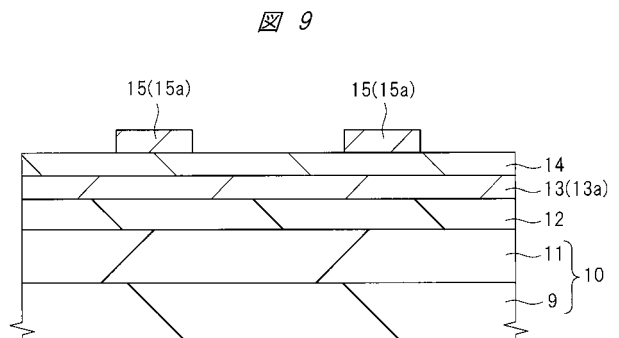
【図 6】



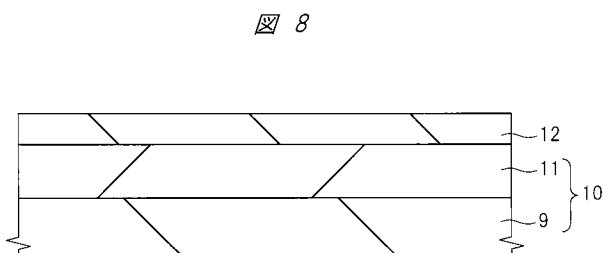
【図 7】



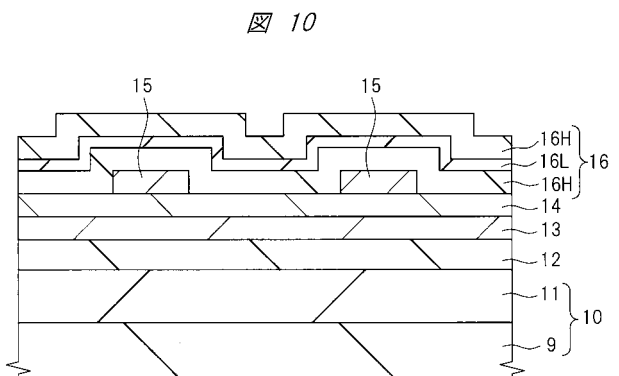
【図 9】



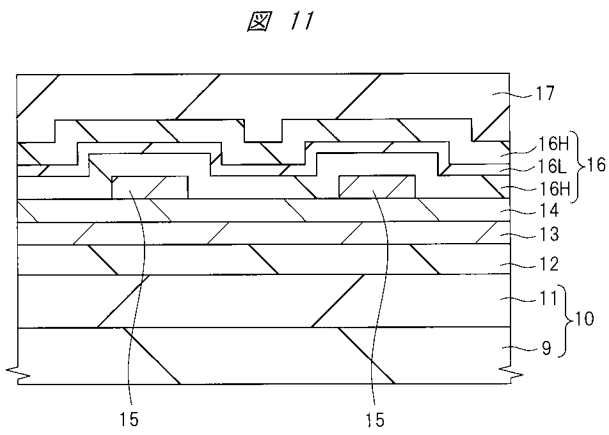
【図 8】



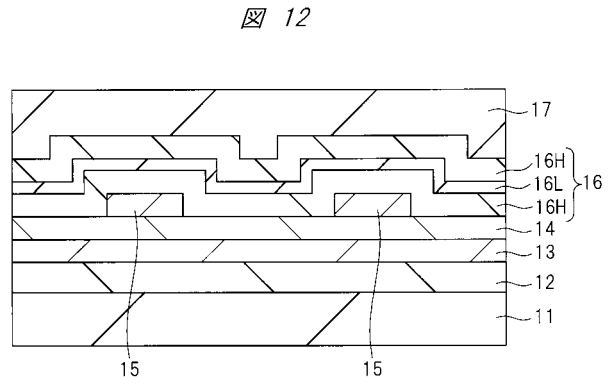
【図 10】



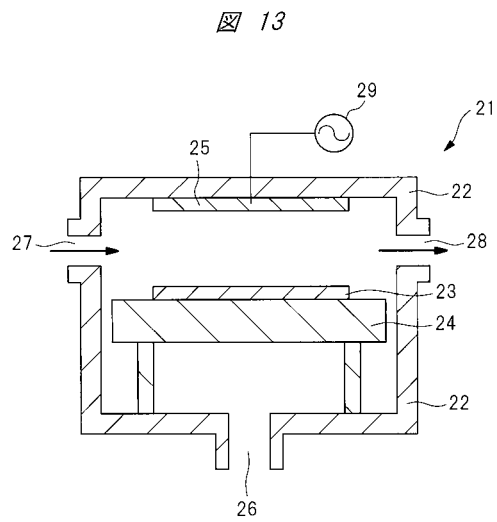
【図 1 1】



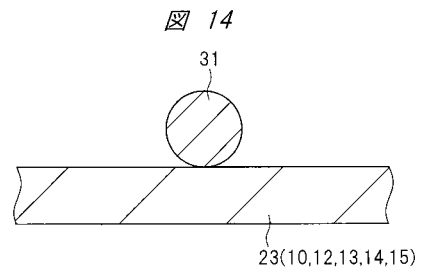
【図 1 2】



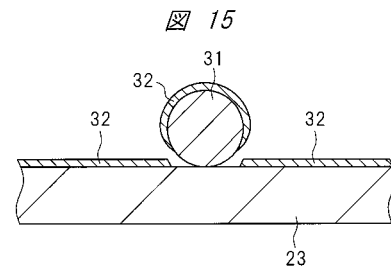
【図 1 3】



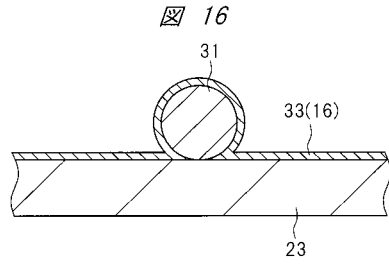
【図 1 4】



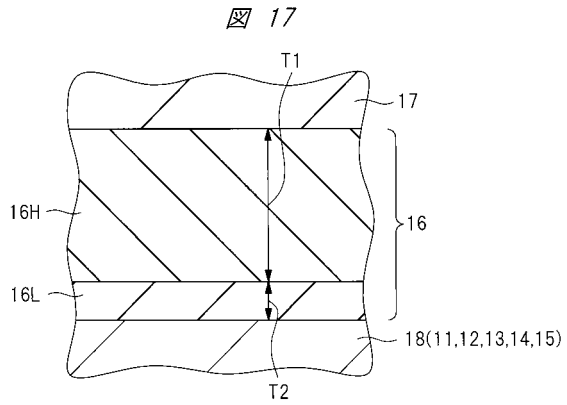
【図 1 5】



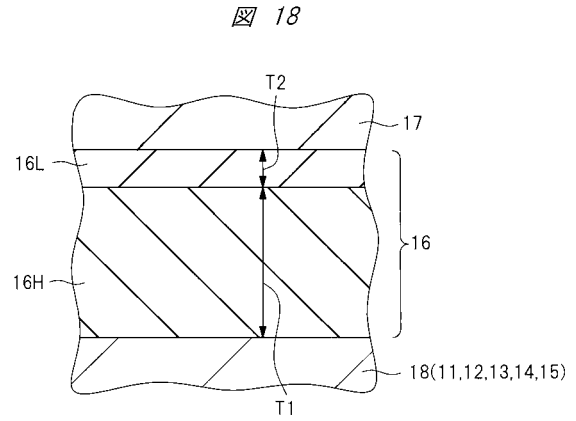
【図 16】



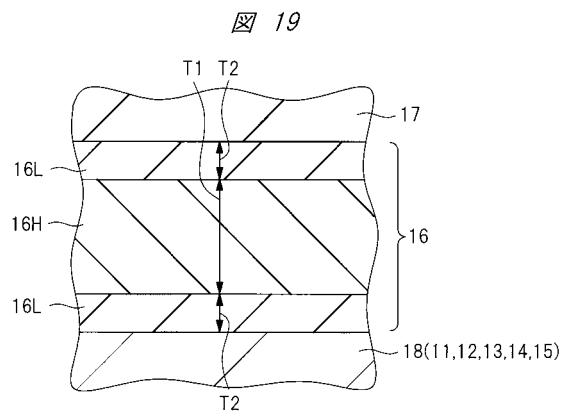
【図 17】



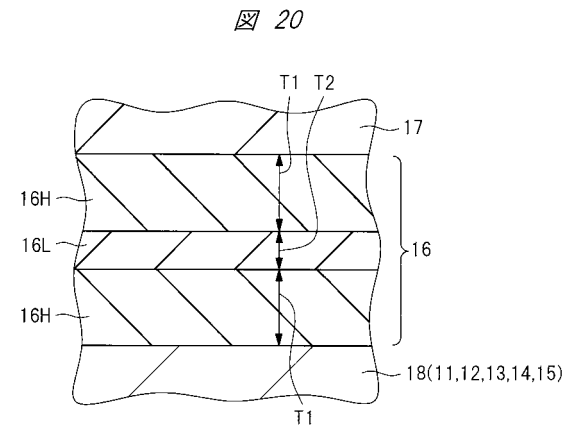
【図 18】



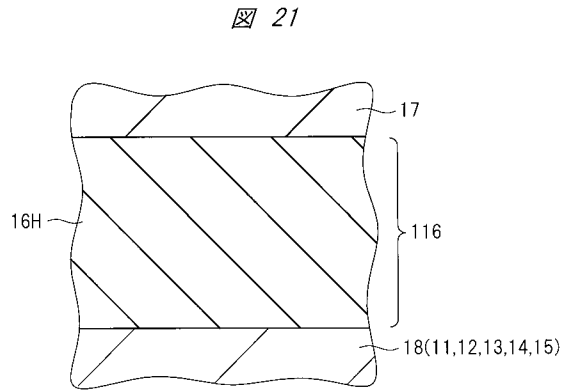
【図 19】



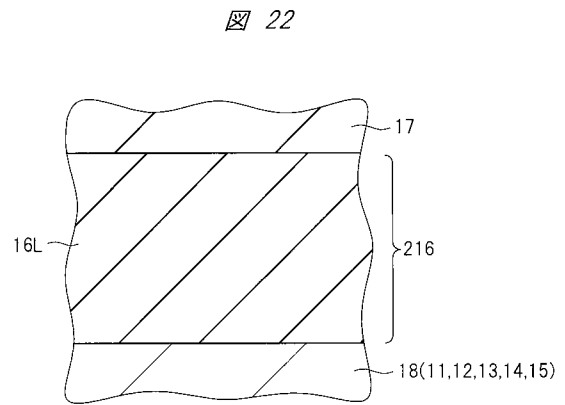
【図 20】



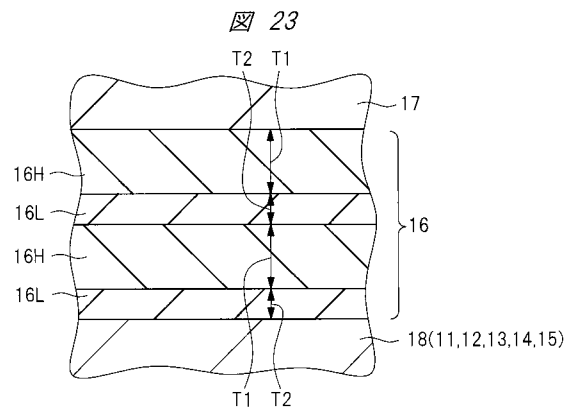
【図 2 1】



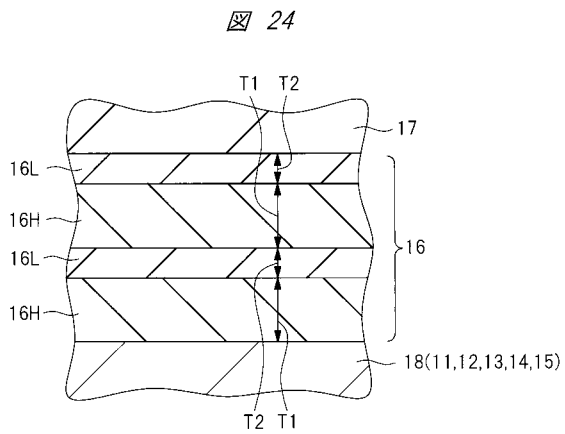
【図 2 2】



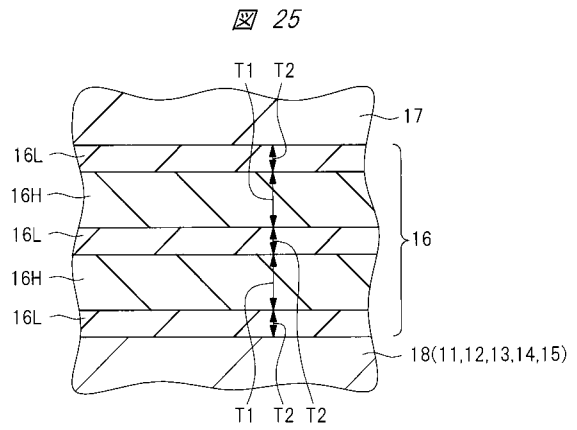
【図 2 3】



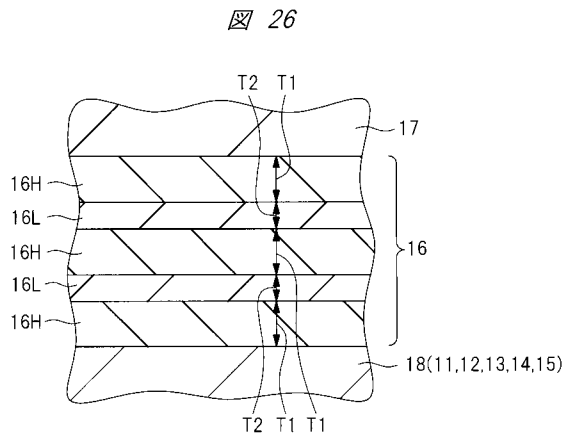
【図 2 4】



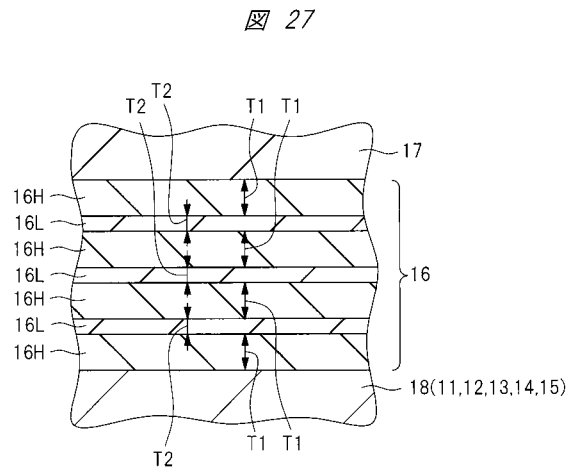
【図 2 5】



【図 26】



【図 27】



フロントページの続き

(51)Int.Cl.		F I	テーマコード (参考)
<i>C 2 3 C</i>	<i>16/34</i>	<i>(2006.01)</i>	C 2 3 C 16/34
<i>C 2 3 C</i>	<i>16/455</i>	<i>(2006.01)</i>	C 2 3 C 16/455
<i>C 2 3 C</i>	<i>16/30</i>	<i>(2006.01)</i>	C 2 3 C 16/30
<i>C 2 3 C</i>	<i>16/50</i>	<i>(2006.01)</i>	C 2 3 C 16/50

(72)発明者 次田 純一

神奈川県横浜市金沢区福浦2丁目2番1号 株式会社日本製鋼所内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC23 CC25 DD17 EE48 EE50 FF02 FF04 FF15
GG03 GG28
4K030 AA11 AA14 BA43 BB12 CA07 CA12 EA03 FA03 FA10 HA01
JA01 LA18

专利名称(译)	显示装置及其制造方法		
公开(公告)号	JP2018147706A	公开(公告)日	2018-09-20
申请号	JP2017041318	申请日	2017-03-06
[标]申请(专利权)人(译)	株式会社日本制钢所		
申请(专利权)人(译)	有限公司日本钢铁厂		
[标]发明人	鷲尾圭亮 松本竜弥 海老沢孝 次田純一		
发明人	鷲尾 圭亮 松本 竜弥 海老沢 孝 次田 純一		
IPC分类号	H05B33/04 H05B33/02 H01L51/50 H05B33/10 C23C16/40 C23C16/34 C23C16/455 C23C16/30 C23C16/50		
CPC分类号	C23C16/308 C23C16/403 C23C16/45529 C23C16/45542 G09F9/30 H01L51/0097 H01L51/5256 H01L2251/5338 H01L2251/558 H05B33/02 H05B33/04 H05B33/10 C23C16/303 C23C16/45525 H01L27/32 H01L27/3223 H01L27/3241 H01L27/3244 H01L27/3246 H01L51/5253 H01L51/56 H01L2251/301 H01L2251/303		
FI分类号	H05B33/04 H05B33/02 H05B33/14.A H05B33/10 C23C16/40 C23C16/34 C23C16/455 C23C16/30 C23C16/50		
F-TERM分类号	3K107/AA01 3K107/BB01 3K107/CC23 3K107/CC25 3K107/DD17 3K107/EE48 3K107/EE50 3K107/FF02 3K107/FF04 3K107/FF15 3K107/GG03 3K107/GG28 4K030/AA11 4K030/AA14 4K030/BA43 4K030/BB12 4K030/CA07 4K030/CA12 4K030/EA03 4K030/FA03 4K030/FA10 4K030/HA01 4K030/JA01 4K030/LA18		
外部链接	Espacenet		

摘要(译)

要解决的问题：提高显示设备保护膜的可靠性。用于制造具有甲有机EL元件的显示装置的方法包括由柔性基板的基板11上形成有机EL元件的工序中，以覆盖有机EL元件，由无机绝缘材料制成的保护膜16和ALD方法。在形成保护膜16的步骤中，使用ALD法形成高密度层16H的步骤，形成具有与高密度层16H相同的构成元素并且密度低于高密度层16H的高密度层16H的步骤并且，交替进行通过ALD法形成保护膜16的步骤，由此形成保护膜16。保护膜16由单层或多个致密层16H，并进一步更低密度层16L的，并具有层状结构交替层叠，使得低密度层16L和高密度层16H是在彼此接触。

图 3

