

(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2010-67849

(P2010-67849A)

(43) 公開日 平成22年3月25日(2010.3.25)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
HO 1 L 29/786 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 E	3 K 1 0 7
HO 1 L 51/50 (2006.01)	HO 1 L 29/78 6 1 8 B	5 F 1 1 0
	HO 5 B 33/14 A	

審査請求 未請求 請求項の数 10 O L (全 30 頁)

(21) 出願番号 特願2008-233724 (P2008-233724)  
 (22) 出願日 平成20年9月11日 (2008.9.11)

(71) 出願人 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 中山 昌哉  
 神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地  
 富士フイルム株式会社内

最終頁に続く

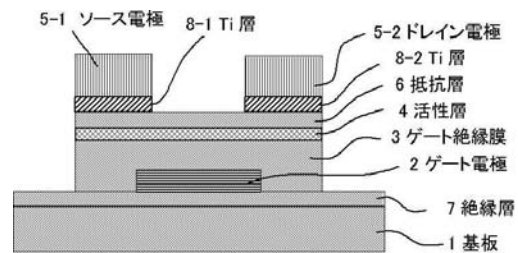
(54) 【発明の名称】 薄膜電界効果型トランジスタおよびそれを用いた表示装置

(57) 【要約】

【課題】本発明の目的は、移動度が高く、高ON/OFF比を示す薄膜電界効果型トランジスタおよびそれを用いた表示装置を提供することである。

【解決手段】基板1上に、少なくとも、ゲート電極2、ゲート絶縁膜3、活性層4、ソース電極5-1及びドレイン電極5-2を有する薄膜電界効果型トランジスタであって、前記活性層が酸化物半導体層であり、前記活性層と前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方との間に酸化物半導体層からなる抵抗層6を有し、前記活性層の電気伝導度が $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ 以上 $10^2 \text{ S cm}^{-1}$ 未満であり、且つ、前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度/抵抗層の電気伝導度）が、 $10^1$ 以上 $10^{10}$ 以下であり、前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の前記抵抗層と接する面側がTi又はTi合金層8-1, 8-2である薄膜電界効果型トランジスタ。

【選択図】 図1



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

基板上に、少なくとも、ゲート電極、ゲート絶縁膜、活性層、ソース電極及びドレイン電極を有する薄膜電界効果型トランジスタであって、前記活性層が酸化物半導体層であり、前記活性層と前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方との間に前記活性層より電気伝導度の低い酸化物半導体層からなる抵抗層を有し、前記活性層の電気伝導度が  $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  以上  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  未満であり、且つ、前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^1$  以上  $10^{10}$  以下であり、前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の前記抵抗層に面する側が Ti 又は Ti 合金層である薄膜電界効果型トランジスタ。

10

## 【請求項 2】

前記活性層が前記ゲート絶縁膜と接している請求項 1 に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 3】

前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^2$  以上  $10^{10}$  以下である請求項 1 又は請求項 2 に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 4】

前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^2$  以上  $10^8$  以下である請求項 3 に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

20

## 【請求項 5】

前記ソース電極及びドレイン電極の前記抵抗層に面する側が Ti 又は Ti 合金層である請求項 1 ~ 請求項 4 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 6】

前記活性層の電気伝導度が  $10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$  以上  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  未満である請求項 1 ~ 請求項 5 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 7】

前記活性層及び前記抵抗層の酸化物半導体がアモルファス酸化物である請求項 1 ~ 請求項 6 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

30

## 【請求項 8】

前記活性層及び抵抗層の酸化物半導体が In、Ga および Zn からなる群より選ばれる少なくとも 1 種若しくはこれらの複合酸化物を含む請求項 1 ~ 請求項 7 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 9】

前記基板が可撓性樹脂基板である請求項 1 ~ 請求項 8 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

## 【請求項 10】

請求項 1 ~ 請求項 9 のいずれか 1 項に記載の薄膜電界効果型トランジスタを用いた表示装置。

40

## 【発明の詳細な説明】

## 【技術分野】

## 【0001】

本発明は、薄膜電界効果型トランジスタおよびそれを用いた表示装置に関する。特に活性層にアモルファス酸化物半導体を用いた薄膜電界効果型トランジスタおよびそれを用いた表示装置に関する。

## 【背景技術】

## 【0002】

近年、液晶やエレクトロルミネッセンス (Electro Luminescence : EL) 技術等の進歩により、平面薄型画像表示装置 (Flat Panel Displ

50

ay : FPD) が実用化されている。特に、電流を通じることによって励起され発光する薄膜材料を用いた有機電界発光素子(以後、「有機EL素子」と記載する場合がある)は、低電圧で高輝度の発光が得られるために、携帯電話ディスプレイ、パーソナルデジタルアシスタント(PDA)、コンピュータディスプレイ、自動車の情報ディスプレイ、TVモニター、あるいは一般照明を含む広い分野で、デバイスの薄型化、軽量化、小型化、および省電力のなどの効果が期待されている。

これらFPDは、ガラス基板上に設けた非晶質シリコン薄膜や多結晶シリコン薄膜を活性層に用いる電界効果型薄膜トランジスタ(以後の説明で、Thin Film Transistor、もしくはTFTと記載する場合がある)のアクティブマトリクス回路により駆動されている。

#### 【0003】

一方、これらFPDのより一層の薄型化、軽量化、耐破損性の向上を求めて、ガラス基板の代わりに軽量で可撓性のある樹脂基板を用いる試みも行われている。

しかし、上述のシリコン薄膜を用いるトランジスタの製造は、比較的高温の熱工程を要し、一般的に耐熱性の低い樹脂基板上に直接形成することは困難である。

そこで、低温での成膜が可能なアモルファス酸化物、例えば、In-Ga-Zn-O系アモルファス酸化物を半導体薄膜に用いるTFTの開発が活発に行われている(例えば、特許文献1、非特許文献1参照)。

アモルファス酸化物半導体を用いたTFTは、室温成膜が可能であり、フィルム上に作製が可能であるので、フィルム(フレキシブル)TFTの活性層の材料として最近注目を浴びている。特に、東工大・細野らにより、a-IGZOを用いたTFTは、PEN基板上でも電界効果移動度が約 $10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ とガラス上のa-Si系TFTよりも高移動度が報告されて、特にフィルムTFTとして注目されるようになった(例えば、非特許文献2参照)。

#### 【0004】

しかし、このa-IGZOを用いたTFTを例えば表示装置の駆動回路として用いる場合、 $1\text{ cm}^2/\text{Vs} \sim 10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ という移動度では、特性は不十分であり、またOFF電流が高く、ON/OFF比が低いという問題がある。特に有機EL素子を用いた表示装置に用いるためには、さらなる移動度の向上、ON/OFF比の向上、また駆動時の安定性向上(特に、駆動時のTFTの閾値シフトの改善)が要求される。

【特許文献1】特開2006-165529号公報

【非特許文献1】IDW/AD'05、845頁-846頁(6 December、2005)

【非特許文献2】NATURE、Vol. 432、488頁-492頁(25 November、2004)

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

#### 【0005】

本発明の目的は、電界効果移動度が高く、高ON/OFF比を示し、かつ駆動安定性に優れたアモルファス酸化物半導体を用いた薄膜電界効果型トランジスタを提供することにある。特に、可撓性のある樹脂基板上に作製が可能な高性能の薄膜電界効果型トランジスタを提供することにある。

また、その薄膜電界効果型トランジスタを用いた表示装置を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

#### 【0006】

本発明の上記課題は下記的手段によって解決された。

<1> 基板上に、少なくとも、ゲート電極、ゲート絶縁膜、活性層、ソース電極及びドレイン電極を有する薄膜電界効果型トランジスタであって、前記活性層が酸化物半導体層であり、前記活性層と前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方との間に前記活性層より電気伝導度の低い酸化物半導体層からなる抵抗層を有し、前記活性層の電気伝導

10

20

30

40

50

度が  $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  以上  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  未満であり、且つ、前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^1$  以上  $10^{10}$  以下であり、前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の前記抵抗層に面する側が Ti 又は Ti 合金層である薄膜電界効果型トランジスタ。

< 2 > 前記活性層が前記ゲート絶縁膜と接している < 1 > に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 3 > 前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^2$  以上  $10^{10}$  以下である < 1 > 又は < 2 > に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 4 > 前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^2$  以上  $10^8$  以下である < 3 > に記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 5 > 前記ソース電極及びドレイン電極の前記抵抗層に面する側が Ti 又は Ti 合金層である < 1 > ~ < 4 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 6 > 前記活性層の電気伝導度が  $10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$  以上  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  未満である < 1 > ~ < 5 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 7 > 前記活性層及び前記抵抗層の酸化物半導体がアモルファス酸化物である < 1 > ~ < 6 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 8 > 前記活性層及び抵抗層の酸化物半導体が In、Ga および Zn からなる群より選ばれる少なくとも 1 種若しくはこれらの複合酸化物を含む < 1 > ~ < 7 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 9 > 前記基板が可撓性樹脂基板である < 1 > ~ < 8 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタ。

< 10 > < 1 > ~ < 9 > のいずれかに記載の薄膜電界効果型トランジスタを用いた表示装置。

#### 【0007】

アモルファス酸化物半導体を用いた TFT は、室温成膜が可能であり、可撓性プラスチックフィルムを基板として作製が可能であるので、フィルム（フレキシブル）TFT の活性層の材料として注目された。特に特開 2006-165529 号公報で開示されているように、In-Ga-Zn-O 系酸化物を半導体層（活性層）として用いることにより、電界効果移動度  $10 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ 、ON/OFF 比  $10^3$  超の性能を持つ PET 上に形成された TFT が報告されている。しかしながら、これを例えば表示装置の駆動回路に用いる場合、移動度、ON/OFF 比の観点から駆動回路を動作するには性能がまだ不十分であった。

それは、従来技術では、OFF 電流を低減させる為に、活性層の電子キャリア濃度を  $10^{18} / \text{cm}^3$  未満にする必要があった。活性層に用いられるアモルファス酸化物半導体は、電子キャリア濃度が下がると電子移動度が下がる傾向があるので、良好な OFF 特性と、高移動度を両立する TFT を形成することが困難であったからである。

更に、アモルファス酸化物半導体を用いた TFT の開発を進める中で、TFT 素子を駆動状態での通電試験を行うと、図 3 に示される閾値電圧 ( $V_{th}$ ) として定義される電圧が通電時間が長くなると、高電圧側に変動する問題（閾値シフト）が生じることが判明した。よって、実用化に向け、この閾値シフトの解決が望まれている。

#### 【0008】

本発明者らは、TFT の電界効果移動度を高め、かつ ON/OFF 比を改良し、且つ連続駆動しても安定した性能を維持する TFT の探索を鋭意進めた。その結果、活性層が酸化物半導体層より形成し、前記活性層と前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方との間に活性層より電気伝導度の低い抵抗層を配し、活性層の電気伝導度が  $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  以上  $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  未満であり、且つ、抵抗層の電気伝導度に対する活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度 / 抵抗層の電気伝導度）が、 $10^1$  以上  $10^{10}$  以下であり、且つ、ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の抵抗層に面する側を

10

20

30

40

50

Ti又はTi合金層とする構成により、課題を解決し得ることを見出し、本発明に到達した。

【発明の効果】

【0009】

本発明によると、電界効果移動度が高く、高ON/OFF比を示し、更に、閾値の変動の少ない安定した性能を有するTFTが提供される。特に、可撓性基板を用いたフィルム（フレキシブル）TFTとして有用なTFTおよびそれを用いた表示装置を提供することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【0010】

1. 薄膜電界効果型トランジスタ

薄膜電界効果型トランジスタは、少なくとも、ゲート電極、ゲート絶縁膜、活性層、ソース電極及びドレイン電極を順次有し、ゲート電極に電圧を印加して、活性層に流れる電流を制御し、ソース電極とドレイン電極間の電流をスイッチングする機能を有するアクティブ素子である。TFT構造として、スタガ構造及び逆スタガ構造いずれをも形成することができる。

【0011】

本発明の薄膜電界効果型トランジスタは、基板上に、少なくとも、ゲート電極、ゲート絶縁膜、活性層、ソース電極及びドレイン電極を有する薄膜電界効果型トランジスタであって、前記活性層が酸化物半導体層であり、前記活性層と前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方との間に前記活性層より電気伝導度の低い酸化物半導体層からなる抵抗層を有し、前記活性層の電気伝導度が $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$ 以上 $10^2 \text{ S cm}^{-1}$ 未満であり、且つ、前記抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度/抵抗層の電気伝導度）が、 $10^1$ 以上 $10^{10}$ 以下であり、前記ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の前記抵抗層に面する側がTi又はTi合金層である。

好ましくは、ソース電極及びドレイン電極の抵抗層と接する面側が共にTi又はTi合金層である。より好ましくは、Ti層である。

【0012】

好ましくは、抵抗層の電気伝導度に対する前記活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度/抵抗層の電気伝導度）が、 $10^2$ 以上 $10^{10}$ 以下であり、より好ましくは、 $10^2$ 以上 $10^8$ 以下である。

好ましくは、活性層の電気伝導度が $10^{-1} \text{ S cm}^{-1}$ 以上 $10^2 \text{ S cm}^{-1}$ 未満である。

好ましくは、前記抵抗層が酸化物半導体層である。

好ましくは、活性層の酸化物半導体がアモルファス酸化物である。

好ましくは、抵抗層の酸化物半導体がアモルファス酸化物である。

好ましくは、活性層及び抵抗層の酸化物半導体が、In、GaおよびZnからなる群より選ばれる少なくとも1種若しくはこれらの複合酸化物よりなる。より好ましくは、酸化物半導体がInおよびZnを含有し、抵抗層のZnとInの組成比（Inに対するZnの比率Zn/Inで表す）が活性層の組成比Zn/Inより大きい。好ましくは、抵抗層のZn/In比が活性層のZn/In比より3%以上大きく、さらに好ましくは、10%以上大きい。

【0013】

好ましくは、活性層がゲート絶縁膜と接している。より好ましくは、活性層がゲート絶縁膜と接し、抵抗層がソース電極及びドレイン電極と接している。

また、動作安定性の観点から、抵抗層の膜厚が活性層の膜厚より厚いことが好ましい。

より好ましくは、抵抗層の膜厚/活性層の膜厚の比が1を超え100以下、さらに好ましくは1を超え10以下である。

【0014】

10

20

30

40

50

活性層の電気伝導度が  $10^{-4} \text{ S cm}^{-1}$  を下まわると電界効果移動度としては高移動度が得られず、 $10^2 \text{ S cm}^{-1}$  以上ではOFF電流が増加し、良好なON/OFF比が得られないので、好ましくない。

抵抗層の電気伝導度に対する活性層の電気伝導度の比率（活性層の電気伝導度/抵抗層の電気伝導度）は、 $10^1$  を下まわるとON/OFF比が低下するので好ましくなく、 $10^{10}$  を超えると通電試験によるTFETの安定性が低下するので好ましくない。

#### 【0015】

また、別の態様として、抵抗層と活性層の間の電気伝導度が連続的に変化している態様、即ち酸化物半導体層であって、ゲート絶縁膜に面する側が電気伝導度が高く、ソース電極及びドレイン電極に面する側が電気伝導度が低く高抵抗である構成も好ましい。該構成の場合、酸化物半導体層の総厚みに対してゲート絶縁膜に面する側の10%が本発明に於ける活性層、ソース電極及びドレイン電極に面する側の10%が本発明に於ける抵抗層である。

10

好ましくは、基板が可撓性樹脂基板である。

#### 【0016】

##### 1) 構造

次に、図面を用いて、詳細に本発明における薄膜電界効果型トランジスタの構造を説明する。

図1は、本発明の薄膜電界効果型トランジスタであって、逆スタガ構造の一例を示す模式図である。基板1がプラスチックフィルムなどの可撓性基板の場合、基板1の一方の面に絶縁層7を配し、その上にゲート電極2、ゲート絶縁膜3、活性層4、抵抗層6を積層して有し、その表面にTi層またはTi合金層8-1, 8-2, 及びソース電極5-1とドレイン電極5-2が設置される。Ti層またはTi合金層は電極の一部を構成する。

20

#### 【0017】

該構成では、ソース電極及びドレイン電極の抵抗層に面する側にTi層またはTi合金層を有する。Ti層またはTi合金層は、ソース電極およびドレイン電極が酸化物半導体層からなる抵抗層により界面が酸化されることを防止する。ソース電極およびドレイン電極と抵抗層との界面に酸化膜が形成されると、ソース電極およびドレイン電極と抵抗層とのコンタクト抵抗が上昇し、または抵抗層の電気抵抗値も変動をする。これは、閾値シフトや移動度減少等のTFET特性の悪化を招く原因となる。ソース電極およびドレイン電極の抵抗層に面する側にTi層またはTi合金層を導入する本発明の構成により、長時間駆動した状態でも安定したTFETが提供できる。

30

#### 【0018】

また、活性層4はゲート絶縁膜3に接し、抵抗層6はソース電極5-1およびドレイン電極5-2側に面し、Ti層またはTi合金層と接している。ゲート電極に電圧が印加されていない状態での活性層4の電気伝導度が抵抗層6の電気伝導度より大きくなるように、活性層4および抵抗層6の組成が決定される。ここで、活性層には、特開2006-165529号公報に開示されている酸化物半導体、例えばIn-Ga-Zn-O系の酸化物半導体を用いる。これらの酸化物半導体は、電子キャリア濃度が高いほど、電子移動度が高くなることが知られている。つまり、電気伝導度が大きいほど、電子移動度が高い。

40

本発明における構造によれば、薄膜電界効果型トランジスタがゲート電極に電圧が印加されたONの状態では、チャンネルとなる活性層4が大きい電気伝導度を有しているため、トランジスタの電界効果移動度は高くなり、高ON電流が得られる。OFFの状態では抵抗層6の電気伝導度が小さく、高抵抗であることから、OFF電流が低く保たれるために、ON/OFF比特性が極めて改良される。

#### 【0019】

従来抵抗層を有しない構成では、OFF電流を低減するために、活性層のキャリア濃度を下げる必要があった。特開2006-165529号公報によれば、良好なON/OFF比を得るには、活性層のアモルファス酸化物半導体の伝導度を低減する為に、電子キャリア濃度を  $10^{18} / \text{cm}^3$  未満、より好ましくは  $10^{16} / \text{cm}^3$  未満にすることが

50

開示されている。しかし、特開2006-165529号公報の図2に示されるように、In-Ga-Zn-O系の酸化物半導体では、電子キャリア濃度を下げると膜の電子移動度が減少しまう。

その為に、TFTの電界効果移動度で $10\text{ cm}^2/\text{Vs}$ 以上を得ることができず、十分なON電流を得ることができない。そのため、ON/OFF比も十分な特性が得られない。

また、膜の電子移動度を上げるために、活性層の酸化物半導体の電子キャリア濃度を上げると、活性層の電気伝導度が増し、OFF電流が増加し、ON/OFF比特性は悪くなる。

#### 【0020】

図2は、本発明の薄膜電界効果型トランジスタの別の構成を示す模式図である。ゲート絶縁膜13上に、活性層14及び抵抗層16が形成され、Tiより成るソース電極15-1およびドレイン電極15-2が形成される。該構成では、Tiがソース電極及びドレイン電極を形成する。

#### 【0021】

##### 2) 電気伝導度

本発明における活性層及び抵抗層の酸化物半導体の電気伝導度について説明する。

電気伝導度とは、物質の電気伝導のしやすさを表す物性値であり、物質のキャリア濃度 $n$ 、電荷素量を $e$ 、キャリア移動度 $\mu$ とすると物質の電気伝導度は以下の式で表される。

$$= n e \mu$$

酸化物半導体が $n$ 型半導体である時はキャリアは電子であり、キャリア濃度とは電子キャリア濃度を、キャリア移動度とは電子移動度を示す。同様に酸化物半導体が $p$ 型半導体ではキャリアは正孔であり、キャリア濃度とは、正孔キャリア濃度を、キャリア移動度とは正孔移動度を示す。尚、物質のキャリア濃度とキャリア移動度とは、ホール測定により求めることができる。

#### 【0022】

< 電気伝導度の求め方 >

厚みが分かっている膜のシート抵抗を測定することにより、膜の電気伝導度を求めることができる。半導体の電気伝導度は温度により変化するが、本文記載の電気伝導度は、室温(20 )での電気伝導度を示す。

#### 【0023】

##### 3) ゲート絶縁膜

ゲート絶縁膜としては、 $\text{SiO}_2$ 、 $\text{SiN}_x$ 、 $\text{SiON}$ 、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{HfO}_2$ 等の絶縁体、又はそれらの化合物を少なくとも二つ以上含む混晶化合物が用いられる。また、ポリイミドのような高分子絶縁体もゲート絶縁膜として用いることができる。

#### 【0024】

ゲート絶縁膜の膜厚としては $10\text{ nm} \sim 1000\text{ nm}$ が好ましい。ゲート絶縁膜はリーク電流を減らす、電圧耐性を上げる為に、ある程度膜厚を厚くする必要がある。しかし、ゲート絶縁膜の膜厚を厚くすると、TFTの駆動電圧の上昇を招く結果となる。その $100\text{ nm} \sim 200\text{ nm}$ である。

高分子絶縁体だと $0.5\text{ }\mu\text{m} \sim 5\text{ }\mu\text{m}$ で用いられることが、より好ましい。特に、 $\text{HfO}_2$ のような高誘電率絶縁体をゲート絶縁膜に用いると、膜厚を厚くしても、低電圧でのTFT駆動が可能であるので、特に好ましい。

#### 【0025】

##### 4) 活性層、抵抗層

本発明に用いられる活性層及び抵抗層には、酸化物半導体を用いることが好ましい。特にアモルファス酸化物半導体がさらに好ましい。酸化物半導体、特にアモルファス酸化物半導体は、低温で成膜可能である為に、プラスチックのような可撓性のある樹脂基板に

10

20

30

40

50

作製が可能である。低温で作製可能な良好なアモルファス酸化物半導体としては、特開 2006-165529号公報に開示されているような、Inを含む酸化物、InとZnを含む酸化物、In、Ga及びZnを含有する酸化物であり、組成構造としては、 $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$  (mは6未満の自然数)のものが好ましいことが知られている。これらは、キャリアが電子のn型半導体である。もちろん、 $\text{ZnO} \cdot \text{Rh}_2\text{O}_3$ 、 $\text{CuGaO}_2$ 、 $\text{SrCu}_2\text{O}_2$ のようなp型酸化物半導体を活性層及び抵抗層に用いても良い。

#### 【0026】

具体的に本発明に係るアモルファス酸化物半導体は、In-Ga-Zn-Oを含み構成され、結晶状態における組成が $\text{InGaO}_3(\text{ZnO})_m$  (mは6未満の自然数)で表されるアモルファス酸化物半導体が好ましい。特に、 $\text{InGaZnO}_4$ がより好ましい。この組成のアモルファス酸化物半導体の特徴としては、電気伝導度が増加するにつれ、電子移動度が増加する傾向を示す。また、電気伝導度を制御するには、成膜中の酸素分圧により制御が可能であることが特開2006-165529号公報に開示されている。

もちろん、活性層及び抵抗層には酸化物半導体だけではなく、Si、Geなどの無機半導体、GaAs等の化合物半導体、ペントセン、ポリチオフェン等の有機半導体材料、カーボンナノチューブ等にも適応可能である。

#### 【0027】

<活性層及び抵抗層の電気伝導度>

本発明における活性層は、ゲート絶縁膜に近接し、ソース電極及びドレイン電極に近接する抵抗層より高い電気伝導度を有することを特徴とする。

好ましくは、抵抗層の電気伝導度に対する活性層の電気伝導度の比率(活性層の電気伝導度/抵抗層の電気伝導度)は、 $10^1$ 以上 $10^{10}$ 以下であり、より好ましくは、 $10^2$ 以上 $10^{10}$ 以下であり、さらに好ましくは、 $10^2$ 以上 $10^8$ 以下である。好ましくは、前記活性層の電気伝導度が $10^{-4} \text{Scm}^{-1}$ 以上 $10^2 \text{Scm}^{-1}$ 未満である。より好ましくは $10^{-1} \text{Scm}^{-1}$ 以上 $10^2 \text{Scm}^{-1}$ 未満である。

抵抗層の電気伝導度は、好ましくは $10^{-2} \text{Scm}^{-1}$ 以下、より好ましくは $10^{-9} \text{Scm}^{-1}$ 以上 $10^{-3} \text{Scm}^{-1}$ 以下である。

#### 【0028】

<活性層と抵抗層の膜厚>

本発明に於いては、抵抗層の膜厚が活性層の膜厚より厚いことが好ましい。より好ましくは、抵抗層の膜厚/活性層の膜厚比が1を越え100以下、さらに好ましくは1を越え10以下である。

活性層の膜厚は、1nm以上100nm以下が好ましく、より好ましくは2.5nm以上30nm以下である。抵抗層の膜厚は、5nm以上500nm以下が好ましく、より好ましくは10nm以上100nm以下である。

抵抗層の膜厚/活性層の膜厚比が1以下では、駆動安定性の点で好ましくなく、100を越えると移動度が低下するので好ましくない。

#### 【0029】

上記の構成の活性層及び抵抗層を用いることにより、移動度が $10 \text{cm}^2 / (\text{V} \cdot \text{秒})$ 以上の高い移動度のTFTで、ON/OFF比が $10^6$ 以上のトランジスタ特性を実現できる。

#### 【0030】

<電気伝導度の調整手段>

電気伝導度の調整手段としては、活性層及び抵抗層が酸化物半導体である場合は下記の手段を挙げることが出来る。

#### 【0031】

(1)酸素欠陥による調整

酸化物半導体において、酸素欠陥ができると、キャリア電子が発生し、電気伝導度が大きくなることが知られている。よって、酸素欠陥量を調整することにより、酸化物半導体の電気伝導度を制御することが可能である。酸素欠陥量を制御する具体的な方法としては



、成膜中の酸素分圧、成膜後の後処理時の酸素濃度と処理時間等がある。ここでいう後処理とは、具体的に100以上の熱処理、酸素プラズマ、UVオゾン処理がある。これらの方法の中でも、生産性の観点から成膜中の酸素分圧を制御する方法が好ましい。成膜中の酸素分圧を調整することにより、酸化物半導体の電気伝導度の制御ができることは、特開2006-165529号公報に開示されており、本手法を利用することができる。

#### 【0032】

##### (2) 組成比による調整

酸化物半導体の金属組成比を変えることにより、電気伝導度が変化することが知られている。例えば、 $\text{InGaZn}_{1-x}\text{Mg}_x\text{O}_4$ において、Mgの比率が増えていくと、電気伝導度が小さくなること、特開2006-165529号公報に開示されている。また、 $(\text{In}_2\text{O}_3)_{1-x}(\text{ZnO})_x$ の酸化物系において、Zn/In比が10%以上では、Zn比率が増加するにつれ、電気伝導度が小さくなることが報告されている(「透明導電膜の新展開II」シーエムシー出版、P.34-35)。これら組成比を変える具体的な方法としては、例えば、スパッタによる成膜方法においては、組成比が異なるターゲットを用いる。または、多元のターゲットにより、共スパッタし、そのスパッタレートを個別に調整することにより、膜の組成比を変えることが可能である。

10

#### 【0033】

##### (3) 不純物による調整

酸化物半導体に、Li, Na, Mn, Ni, Pd, Cu, Cd, C, N, 又はP等の元素を不純物として添加することにより、電子キャリア濃度を減少させること、つまり電気伝導度を小さくすることが可能であることが、特開2006-165529号公報に開示されている。不純物を添加する方法としては、酸化物半導体と不純物元素とを共蒸着により行う、成膜された酸化物半導体膜に不純物元素のイオンをイオンドープ法により行う等がある。

20

#### 【0034】

##### (4) 酸化物半導体材料による調整

上記(1)~(3)においては、同一酸化物半導体系での電気伝導度の調整方法を述べたが、もちろん酸化物半導体材料を変えることにより、電気伝導度を変えることができる。例えば、一般的に $\text{SnO}_2$ 系酸化物半導体は、 $\text{In}_2\text{O}_3$ 系酸化物半導体に比べて電気伝導度が小さいことが知られている。このように酸化物半導体材料を変えることにより、電気伝導度の調整が可能である。特に電気伝導度の小さい酸化物材料としては、 $\text{Al}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ga}_2\text{O}_3$ 、 $\text{ZrO}_2$ 、 $\text{Y}_2\text{O}_3$ 、 $\text{Ta}_2\text{O}_5$ 、 $\text{MgO}$ 、又は $\text{HfO}_2$ 等の酸化物絶縁体材料が知られており、これらを用いることも可能である。

30

電気伝導度を調整する手段としては、上記(1)~(4)の方法を単独に用いても良いし、組み合わせても良い。

#### 【0035】

##### < 活性層及び抵抗層の形成方法 >

活性層及び抵抗層の成膜方法は、酸化物半導体の多結晶焼結体をターゲットとして、気相成膜法を用いるのが良い。気相成膜法の中でも、スパッタリング法、パルスレーザー蒸着法(PLD法)が適している。さらに、量産性の観点から、スパッタリング法が好ましい。

40

#### 【0036】

例えば、RFマグネトロンスパッタリング蒸着法により、真空度及び酸素流量を制御して成膜される。酸素流量が多いほど電気伝導度を小さくすることができる。

#### 【0037】

成膜した膜は、周知のX線回折法によりアモルファス膜であることが確認できる。

また、膜厚は触針式表面形状測定により求めることができる。組成比は、RBS(ラザフォード後方散乱)分析法により求めることができる。

#### 【0038】

##### 5) Ti又はTi合金層

50

本発明に於けるTi又はTi合金層は、ソース電極及びドレイン電極の少なくとも一方の抵抗層に面する側に配置され、電極の一部を形成するか、又はTi又はTi合金層が電極となる。

TiまたはTi合金層は、ソース電極およびドレイン電極が酸化物半導体層からなる抵抗層により界面が酸化されることを防止する。ソース電極およびドレイン電極と抵抗層との界面に酸化膜が形成されると、ソース電極およびドレイン電極と抵抗層とのコンタクト抵抗が上昇、または抵抗層の電気抵抗値も変動をする。これは、閾値シフトや移動度減少等のTFT特性の悪化を招く原因となる。よって、ソース電極およびドレイン電極の抵抗層に面する側にTi層またはTi合金層を導入する本発明の構成により、長時間駆動した状態でも安定したTFTが提供できる。

10

#### 【0039】

本発明に用いられるTi又はTi合金は、純チタン又はチタンと他の金属との合金である。チタン合金としては、種々の合金が知られており、本発明においては、特にその組成が限定されるわけではない。

例えば、チタンとAl, V, Mo, Sn, Fe, Cr, Zr, Nb, Mg, Niなどの合金が挙げられる。具体的には、Ti-Al-Vが質量比で、90-6-4、又は74-4-22の合金、Ti-Al-V-Snが質量比で、75-4-20-1の合金などがある。

#### 【0040】

本発明に於けるTi又はTi合金層の厚みは、好ましくは1nm~200nmである。より好ましくは、2nm~100nm、更に好ましくは、3nm~50nmである。

20

1nm未満では、ソース電極およびドレイン電極と抵抗層との界面酸化防止膜の機能を果たさないのが好ましくなく、200nmを越えるとプロセス上加工が困難になるので好ましくない。

#### 【0041】

本発明に於けるTi又はTi合金層は、ソース電極及びドレイン電極の一部であっても、Ti又はTi合金層がソース電極及びドレイン電極であっても良い。

#### 【0042】

##### 6) ゲート電極

本発明におけるゲート電極としては、例えば、Al、Mo、Cr、Ta、Ti、Au、またはAg等の金属、Al-Nd、APC等の合金、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫(ITO)、酸化亜鉛インジウム(IZO)等の金属酸化物導電膜、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロ-ルなどの有機導電性化合物、またはこれらの混合物を好適に挙げられる。

30

ゲート電極の厚みは、10nm以上1000nm以下とすることが好ましい。より好ましくは、20nm以上500nm以下、更に好ましくは、40nm以上100nm以下である。

#### 【0043】

ゲート電極の成膜法は特に限定されることはなく、印刷方式、コ-ティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレ-ティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式、などの中から前記材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って前記基板上に形成することができる。例えば、ITOを選択する場合には、直流あるいは高周波スパッタリング法、真空蒸着法、イオンプレ-ティング法等に従って行うことができる。またゲート電極の材料として有機導電性化合物を選択する場合には湿式製膜法に従って行うことができる。

40

#### 【0044】

##### 7) ソース電極及びドレイン電極

本発明に於けるソース電極及びドレイン電極は、Ti以外の金属からなる層とTi又はTi合金層の積層体であっても、Ti又はTi合金層がソース電極及びドレイン電極であっても良い。

50

## 【0045】

Ti又はTi合金層と積層体を形成する電極材料として、例えば、Al、Mo、Cr、Ta、Au、またはAg等の金属、Al-Nd、APC等の合金、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫（ITO）、酸化亜鉛インジウム（IZO）等の金属酸化物導電膜、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロ-ルなどの有機導電性化合物、またはこれらの混合物を好適に挙げられる。

ソース電極及びドレイン電極の厚みは、10nm以上1000nm以下とすることが好ましい。より好ましくは、20nm以上500nm以下、更に好ましくは、40nm以上100nm以下である。

## 【0046】

## 8) 基板

本発明に用いられる基板は特に限定されることはなく、例えばYSZ（ジルコニア安定化イットリウム）、ガラス等の無機材料、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、アリルジグリコ-ルカ-ボネート、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ノルボルネン樹脂、ポリ（クロロトリフルオロエチレン）等の合成樹脂等の有機材料、などが挙げられる。前記有機材料の場合、耐熱性、寸法安定性、耐溶剤性、電気絶縁性、加工性、低通気性、又は低吸湿性等に優れていることが好ましい。

## 【0047】

本発明においては特に可撓性基板が好ましく用いられる。可撓性基板に用いる材料としては、透過率の高い有機プラスチックフィルムが好ましく、例えばポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエーテルスルホン、ポリアリレート、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ノルボルネン樹脂、ポリ（クロロトリフルオロエチレン）等のプラスチックフィルムを用いることができる。また、フィルム状プラスチック基板には、絶縁性が不十分の場合は絶縁層、水分や酸素の透過を防止するためのガスバリア層、フィルム状プラスチック基板の平坦性や電極や活性層との密着性を向上するためのアンダーコート層等を備えることも好ましい。

## 【0048】

ここで、可撓性基板の厚みは、50μm以上500μm以下とすることが好ましい。これは、可撓性基板の厚みを50μm未満とした場合には、基板自体が十分な平坦性を保持することが難しいためである。また、可撓性基板の厚みを500μmよりも厚くした場合には、基板自体を自由に曲げることが困難になる、すなわち基板自体の可撓性が乏しくなるためである。

## 【0049】

## 9) 保護絶縁膜

必要によって、TFT上に保護絶縁膜を設けても良い。保護絶縁膜は、活性層または抵抗層の半導体層を大気による劣化から保護する目的や、TFT上に作製される電子デバイスとを絶縁する目的がある。

## 【0050】

その具体例としては、MgO、SiO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO、NiO、CaO、BaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、又はTiO<sub>2</sub>等の金属酸化物、SiN<sub>x</sub>、SiN<sub>x</sub>O<sub>y</sub>等の金属窒化物、MgF<sub>2</sub>、LiF、AlF<sub>3</sub>、又はCaF<sub>2</sub>等の金属フッ化物、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイミド、ポリウレア、ポリテトラフルオロエチレン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリジクロロジフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレンとジクロロジフルオロエチレンとの共重合体、テトラフルオロエチレンと少なくとも1種のコモノマーを含むモノマー混合物を共重合させて得られる共重合体、共重合主鎖に環状構造を有する含フッ素共重合体、吸水率1%以上の吸水性物質、吸水率0.1%以下の防湿性物質等が挙げられる。

10

20

30

40

50

## 【 0 0 5 1 】

保護絶縁膜の形成方法については、特に限定はなく、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、M B E (分子線エピタキシ)法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合法(高周波励起イオンプレーティング法)、プラズマC V D法、レーザーC V D法、熱C V D法、ガスソースC V D法、コーティング法、印刷法、又は転写法を適用できる。

## 【 0 0 5 2 】

## 1 0 ) 後処理

必要によって、T F Tの後処理として、熱処理を行っても良い。熱処理としては、温度1 0 0 以上で、大気下または窒素雰囲気下で行う。熱処理を行う工程としては、半導体層を成膜後でも良いし、T F T作製工程の最後に行っても良い。熱処理を行うことにより、T F Tの特性の面内バラつきが抑制される、駆動安定性が向上する等の効果がある。

10

## 【 0 0 5 3 】

## 2 . 表示装置

本発明の電界効果型薄膜トランジスタは、液晶やE L素子を用いた画像表示装置、特に平面薄型表示装置(F l a t P a n e l D i s p l a y : F P D)に好ましく用いられる。より好ましくは、基板に有機プラスチックフィルムのような可撓性基板を用いたフレキシブル表示装置に用いられる。特に、本発明の電界効果型薄膜トランジスタは、移動度が高いことから有機E L素子を用いた表示装置、フレキシブル有機E L表示装置に最も好ましく用いられる。

20

## 【 0 0 5 4 】

## 3 . 有機E L素子

本発明における有機E L素子は、発光層の他に、正孔輸送層、電子輸送層、ブロック層、電子注入層、および正孔注入層などの従来知られている有機化合物層を有しても良い。

## 【 0 0 5 5 】

以下、詳細に説明する。

## 1 ) 層構成

## &lt; 電極 &gt;

本発明における有機電界発光層の一对の電極は、少なくとも一方は透明電極であり、もう一方は背面電極となる。背面電極は透明であっても、非透明であっても良い。

30

## &lt; 有機化合物層の構成 &gt;

前記有機化合物層の層構成としては、特に制限はなく、有機電界発光素子の用途、目的に応じて適宜選択することができるが、前記透明電極上に又は前記背面電極上に形成されるのが好ましい。この場合、有機化合物層は、前記透明電極又は前記背面電極上の前面又は一面に形成される。

有機化合物層の形状、大きさ、および厚み等については、特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができる。

## 【 0 0 5 6 】

具体的な層構成として、下記が挙げられるが本発明はこれらの構成に限定されるものではない。

40

- ・陽極 / 正孔輸送層 / 発光層 / 電子輸送層 / 陰極、
- ・陽極 / 正孔輸送層 / 発光層 / ブロック層 / 電子輸送層 / 陰極、
- ・陽極 / 正孔輸送層 / 発光層 / ブロック層 / 電子輸送層 / 電子注入層 / 陰極、
- ・陽極 / 正孔注入層 / 正孔輸送層 / 発光層 / ブロック層 / 電子輸送層 / 陰極、
- ・陽極 / 正孔注入層 / 正孔輸送層 / 発光層 / ブロック層 / 電子輸送層 / 電子注入層 / 陰極。

## 【 0 0 5 7 】

以下に各層について詳細に説明する。

## 2 ) 正孔輸送層

本発明に用いられる正孔輸送層は正孔輸送材を含む。前記正孔輸送材としては正孔を輸

50

送する機能、もしくは陰極から注入された電子を障壁する機能のいずれかを有しているもので有れば特に制限されることはなく用いることができる。本発明に用いられる正孔輸送材としては、低分子正孔輸送材、および高分子正孔輸送材のいずれも用いることができる。

本発明に用いられる正孔輸送材の具体例として、例えば以下の材料を挙げるることができる。

【0058】

カルバゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリールアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、芳香族第三アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリデン系化合物、ポルフィリン系化合物、ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)誘導体、アニリン系共重合体、チオフェンオリゴマー、ポリチオフェン等の導電性高分子オリゴマー、ポリチオフェン誘導体、ポリフェニレン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、及びポリフルオレン誘導体等の高分子化合物等が挙げられる。

10

これらは、単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

【0059】

正孔輸送層の厚みとしては、1 nm ~ 200 nmが好ましく、5 nm ~ 100 nmがより好ましい。

20

【0060】

3) 正孔注入層

本発明においては、正孔輸送層と陽極の間に正孔注入層を設けることができる。

正孔注入層とは、陽極から正孔輸送層に正孔を注入しやすくする層であり、具体的には前記正孔輸送材の中でイオン化ポテンシャルの小さな材料が好適用いられる。例えばフタロシアニン化合物、ポルフィリン化合物、及びスターバースト型トリアリールアミン化合物等を挙げることができ、好適に用いることができる。

正孔注入層の膜厚は、1 nm ~ 300 nmが好ましい。

【0061】

4) 発光層

本発明に用いられる発光層は、少なくとも一種の発光材料を含み、必要に応じて正孔輸送材、電子輸送材、ホスト材を含んでもよい。

30

本発明に用いられる発光材料としては特に限定されることはなく、蛍光発光材料または燐光発光材料のいずれも用いることができる。発光効率の点から燐光発光材料が好ましい。

【0062】

蛍光発光材料としては、例えばベンゾオキサゾール誘導体、ベンゾイミダゾール誘導体、ベンゾチアゾール誘導体、スチリルベンゼン誘導体、ポリフェニル誘導体、ジフェニルブタジエン誘導体、テトラフェニルブタジエン誘導体、ナフタルイミド誘導体、クマリン誘導体、ペリレン誘導体、ペリノン誘導体、オキサジアゾール誘導体、アルダジン誘導体、ピラリジン誘導体、シクロペンタジエン誘導体、ビススチリルアントラセン誘導体、キナクリドン誘導体、ピロロピリジン誘導体、チアジアゾロピリジン誘導体、スチリルアミン誘導体、芳香族ジメチリデン化合物、8-キノリノール誘導体の金属錯体や希土類錯体に代表される各種金属錯体、ポリチオフェン誘導体、ポリフェニレン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、及びポリフルオレン誘導体等の高分子化合物等が挙げられる。これらは1種または2種以上を混合して用いることができる。

40

【0063】

燐光発光材料としては特に限定されることはないが、オルトメタル化金属錯体、又はポルフィリン金属錯体が好ましい。

【0064】

50

上記オルトメタル化金属錯体とは、例えば山本明夫著「有機金属化学 - 基礎と応用 - 」150頁～232頁、裳華房社（1982年発行）やH. Yersin著「Photochemistry and Photophysics of Coordination Compounds」、71頁～77頁、135頁～146頁、Springer-Verlag社（1987年発行）等に記載されている化合物群の総称である。該オルトメタル化金属錯体を発光材料として発光層に用いることは、高輝度で発光効率に優れる点で有利である。

#### 【0065】

上記オルトメタル化金属錯体を形成する配位子としては、種々のものがあり、上記文献にも記載されているが、その中でも好ましい配位子としては、2-フェニルピリジン誘導体、7,8-ベンゾキノリン誘導体、2-(2-チエニル)ピリジン誘導体、2-(1-ナフチル)ピリジン誘導体、及び2-フェニルキノリン誘導体等が挙げられる。これらの誘導体は必要に応じて置換基を有してもよい。また、上記オルトメタル化金属錯体は、上記配位子のほかに、他の配位子を有していてもよい。

10

#### 【0066】

本発明で用いるオルトメタル化金属錯体は、Inorg Chem., 1991年, 30号, 1685頁、同1988年, 27号, 3464頁、同1994年, 33号, 545頁、Inorg. Chim. Acta, 1991年, 181号, 245頁、J. Organomet. Chem., 1987年, 335号, 293頁、J. Am. Chem. Soc. 1985年, 107号, 1431頁等、種々の公知の手法で合成することができる。

20

上記オルトメタル化錯体の中でも、三重項励起子から発光する化合物が本発明においては発光効率向上の観点から好適に使用することができる。

#### 【0067】

また、ポルフィリン金属錯体の中ではポルフィリン白金錯体が好ましい。

燐光発光材料は1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。また、蛍光発光材料と燐光発光材料を同時に用いてもよい。

#### 【0068】

ホスト材とは、その励起状態から、蛍光発光材料または燐光発光材料へエネルギー移動を起こし、その結果、蛍光発光材料または燐光発光材料を発光させる機能を有する材料のことである。

30

#### 【0069】

ホスト材としては、励起子エネルギーを発光材料にエネルギー移動させることのできる化合物ならば特に制限はなく、目的に応じて適宜選択することができ、具体的にはカルバゾール誘導体、トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、イミダゾール誘導体、ポリアリールアルカン誘導体、ピラゾリン誘導体、ピラゾロン誘導体、フェニレンジアミン誘導体、アリアルアミン誘導体、アミノ置換カルコン誘導体、スチリルアントラセン誘導体、フルオレノン誘導体、ヒドラゾン誘導体、スチルベン誘導体、シラザン誘導体、芳香族第三アミン化合物、スチリルアミン化合物、芳香族ジメチリデン系化合物、ポルフィリン系化合物、アントラキノジメタン誘導体、アントロン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボジイミド誘導体、フルオレニリデンメタン誘導体、ジスチリルピラジン誘導体、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン誘導体、8-キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体ポリシラン系化合物、ポリ(N-ビニルカルバゾール)誘導体、アニリン系共重合体、チオフエンオリゴマー、ポリチオフエン等の導電性高分子オリゴマー、ポリチオフエン誘導体、ポリフェニレン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、及びポリフルオレン誘導体等の高分子化合物等が挙げられる。これらの化合物は、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

40

ホスト材の発光層における含有量としては20質量%～99.9質量%が好ましく、さらに好ましくは50質量%～99.0質量%である。

50

## 【0070】

## 5) ブロック層

本発明においては、発光層と電子輸送層との間にブロック層を設けることができる。ブロック層とは発光層で生成した励起子の拡散抑制する層であり、また正孔が陰極側に突き抜けることを抑制する層である。

## 【0071】

ブロック層に用いられる材料は、電子輸送層より電子を受け取り、発光層にわたす事のできる材料で有れば特に限定されることはなく、一般的な電子輸送材を用いることができる。例えば以下の材料を挙げることができる。トリアゾール誘導体、オキサゾール誘導体、オキサジアゾール誘導体、フルオレノン誘導体、アントラキノジメタン誘導体、アントロン誘導体、ジフェニルキノン誘導体、チオピランジオキシド誘導体、カルボジイミド誘導体、フルオレニリデンメタン誘導体、ジスチリルピラジン誘導体、ナフタレンペリレン等の複素環テトラカルボン酸無水物、フタロシアニン誘導体、8-キノリノール誘導体の金属錯体やメタルフタロシアニン、ベンゾオキサゾールやベンゾチアゾールを配位子とする金属錯体に代表される各種金属錯体、アニリン系共重合体、チオフエンオリゴマ、ポリチオフエン等の導電性高分子オリゴマ、ポリチオフエン誘導体、ポリフェニレン誘導体、ポリフェニレンビニレン誘導体、及びポリフルオレン誘導体等の高分子化合物を挙げることができる。これらは、1種単独で使用してもよいし、2種以上を併用してもよい。

10

## 【0072】

## 6) 電子輸送層

本発明においては電子輸送材を含む電子輸送層を設けることができる。

電子輸送材としては電子を輸送する機能、もしくは陽極から注入された正孔を障壁する機能のいずれかを有しているもので有れば制限されることはなく、前記ブロック層の説明時に挙げた電子輸送材を好適に用いることができる。

前記電子輸送層の厚みとしては、10nm~200nmが好ましく、20nm~80nmがより好ましい。

20

## 【0073】

前記厚みが、1000nmを越えると駆動電圧が上昇することがあり、10nm未満であると該発光素子の発光効率が非常に低下する可能性があり好ましくない。

## 【0074】

## 7) 電子注入層

本発明においては、電子輸送層と陰極の間に電子注入層を設けることができる。

電子注入層とは、陰極から電子輸送層に電子を注入しやすくする層であり、具体的にはフッ化リチウム、塩化リチウム、臭化リチウム等のリチウム塩、フッ化ナトリウム、塩化ナトリウム、フッ化セシウム等のアルカリ金属塩、酸化リチウム、酸化アルミニウム、酸化インジウム、又は酸化マグネシウム等の絶縁性金属酸化物等を好適に用いることができる。

電子注入層の膜厚は0.1nm~5nmが好ましい。

30

## 【0075】

## 8) 基板

有機EL素子に用いられる基板の材料としては、水分を透過させない材料又は水分透過率の極めて低い材料が好ましく、また、前記有機化合物層から発せられる光を散乱乃至減衰等のさせることのない材料が好ましい。具体的例として、例えばYSZ(ジルコニア安定化イットリウム)、ガラス等の無機材料、ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等のポリエステル、ポリスチレン、ポリカーボネート、ポリエテルスルホン、ポリアリレート、アリルジグリコルカーボネート、ポリイミド、ポリシクロオレフィン、ノルボルネン樹脂、およびポリ(クロロトリフルオロエチレン)等の合成樹脂等の有機材料、などが挙げられる。

前記有機材料の場合、耐熱性、寸法安定性、耐溶剤性、電気絶縁性、加工性、低通気性、又は低吸湿性等に優れていることが好ましい。これらの材料は、単独で使用してもよい

40

50

し、2種以上を併用してもよい。

【0076】

基板の形状、構造、大きさ等については、特に制限はなく、発光素子の用途、目的等に応じて適宜選択することができる。一般的には、前記形状としては、板状である。前記構造としては、単層構造であってもよいし、積層構造であってもよく、また、単一部材で形成されていてもよいし、2以上の部材で形成されていてもよい。

【0077】

基板は、無色透明であってもよいし、有色透明であってもよいが、前記発光層から発せられる光を散乱あるいは減衰等させることがない点で、無色透明であるのが好ましい。

【0078】

基板には、その表面又は裏面（前記透明電極側）に透湿防止層（ガスバリア層）を設けるのが好ましい。前記透湿防止層（ガスバリア層）の材料としては、窒化珪素、酸化珪素などの無機物が好適に用いられる。該透湿防止層（ガスバリア層）は、例えば、高周波スパッタリング法などにより形成することができる。

基板には、さらに必要に応じて、ハドコト層、およびアンダコート層などを設けてもよい。

【0079】

9) 電極

有機EL素子における電極は、いずれが陽極であっても陰極であっても構わないが、好ましくは第1電極が陽極であり、第2電極が陰極である。

【0080】

<陽極>

有機EL素子に用いられる陽極としては、通常、前記有機化合物層に正孔を供給する陽極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極の中から適宜選択することができる。

【0081】

陽極の材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、有機導電性化合物、またはこれらの混合物を好適に挙げられ、仕事関数が4.0eV以上の材料が好ましい。具体例としては、アンチモンやフッ素等をドープした酸化錫（ATO、FTO）、酸化錫、酸化亜鉛、酸化インジウム、酸化インジウム錫（ITO）、酸化亜鉛インジウム（IZO）等の半導性金属酸化物、金、銀、クロム、ニッケル等の金属、さらにこれらの金属と導電性金属酸化物との混合物または積層物、ヨウ化銅、硫化銅などの無機導電性物質、ポリアニリン、ポリチオフェン、ポリピロルなどの有機導電性材料、およびこれらとITOとの積層物などが挙げられる。

【0082】

陽極は例えば、印刷方式、コティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレティング法等の物理的方式、CVD、プラズマCVD法等の化学的方式、などの中から前記材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って前記基板上に形成することができる。例えば、陽極の材料として、ITOを選択する場合には、該陽極の形成は、直流あるいは高周波スパッタ法、真空蒸着法、イオンプレティング法等に従って行うことができる。また陽極の材料として有機導電性化合物を選択する場合には湿式製膜法に従って行うことができる。

【0083】

陽極の前記発光素子における形成位置としては、特に制限はなく、該発光素子の用途、目的に応じて適宜選択することができる。

【0084】

なお、前記陽極のパターニングは、フォトリソグラフィなどによる化学的エッチングにより行ってもよいし、レザなどによる物理的エッチングにより行ってもよく、また、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法により行ってもよい。

10

20

30

40

50



## 【 0 0 8 5 】

陽極の厚みとしては、前記材料により適宜選択することができ、一概に規定することはできないが、通常  $10\text{ nm} \sim 50\text{ }\mu\text{m}$  であり、 $50\text{ nm} \sim 20\text{ }\mu\text{m}$  が好ましい。

陽極の抵抗値としては、 $10^3$  / 以下が好ましく、 $10^2$  / 以下がより好ましい。

陽極は、無色透明であっても、有色透明であってもよく、該陽極側から発光を取り出すためには、その透過率としては、 $60\%$  以上が好ましく、 $70\%$  以上がより好ましい。この透過率は、分光光度計を用いた公知の方法に従って測定することができる。

## 【 0 0 8 6 】

陽極については、沢田豊監修「透明電極膜の新展開」シ - エムシ - 刊 ( 1 9 9 9 ) に詳述があり、これらを本発明に適用することができる。耐熱性の低いプラスチック基材を用いる場合は、ITO または IZO を使用し、 $150$  以下の低温で製膜した陽極が好ましい。

10

## 【 0 0 8 7 】

< 陰極 >

有機 EL 素子に用いることの出来る陰極としては、通常、前記有機化合物層に電子を注入する陰極としての機能を有していればよく、その形状、構造、大きさ等については特に制限はなく、発光素子の用途、目的に応じて、公知の電極の中から適宜選択することができる。

## 【 0 0 8 8 】

陰極の材料としては、例えば、金属、合金、金属酸化物、電気伝導性化合物、これらの混合物などが挙げられ、仕事関数が  $4.5\text{ eV}$  以下のものが好ましい。具体例としてはアルカリ金属 (たとえば、Li、Na、K、又は Cs 等)、アルカリ土類金属 (たとえば Mg、Ca 等)、金、銀、鉛、アルミニウム、ナトリウム - カリウム合金、リチウム - アルミニウム合金、マグネシウム - 銀合金、インジウム、及びイッテルビウム等の希土類金属、などが挙げられる。これらは、単独で使用してもよいが、安定性と電子注入性とを両立させる観点からは、2 種以上を好適に併用することができる。

20

## 【 0 0 8 9 】

これらの中でも、電子注入性の点で、アルカリ金属やアルカリ土類金属が好ましく、保存安定性に優れる点で、アルミニウムを主体とする材料が好ましい。アルミニウムを主体とする材料とは、アルミニウム単独、又はアルミニウムと  $0.01$  質量% ~  $10$  質量% のアルカリ金属若しくはアルカリ土類金属との合金若しくは混合物 (例えば、リチウム - アルミニウム合金、マグネシウム - アルミニウム合金など) をいう。

30

## 【 0 0 9 0 】

陰極の材料については、特開平 2 - 1 5 5 9 5 号公報、特開平 5 - 1 2 1 1 7 2 号公報に詳述されていて、これらを本発明に適用することができる。

## 【 0 0 9 1 】

陰極の形成法は、特に制限はなく、公知の方法に従って行うことができる。例えば、印刷方式、コ - ティング方式等の湿式方式、真空蒸着法、スパッタリング法、イオンプレ - ティング法等の物理的方式、CVD、プラズマ CVD 法等の化学的方式、などの中から前記材料との適性を考慮して適宜選択した方法に従って前記基板上に形成することができる。

40

例えば、前記陰極の材料として、金属等を選択する場合には、その 1 種又は 2 種以上を同時又は順次にスパッタ法等に従って行うことができる。

## 【 0 0 9 2 】

陰極のパタ - ニングは、フォトリソグラフィ - などによる化学的エッチングにより行ってもよいし、レ - ザ - などによる物理的エッチングにより行ってもよく、また、マスクを重ねて真空蒸着やスパッタ等をして行ってもよいし、リフトオフ法や印刷法により行ってもよい。

## 【 0 0 9 3 】

50

陰極の有機電界発光素子における形成位置としては、特に制限はなく、該発光素子の用途、目的に応じて適宜選択することができるが、有機化合物層上に形成されるのが好ましい。この場合、該陰極は、前記有機化合物層上の全部に形成されていてもよく、その一部に形成されていてもよい。

また、陰極と有機化合物層との間に前記アルカリ金属又は前記アルカリ土類金属のフッ化物等による誘電体層を0.1nm~5nmの厚みで挿入してもよい。

#### 【0094】

陰極の厚みとしては、前記材料により適宜選択することができ、一概に規定することはできないが、通常10nm~5μmであり、20nm~500nmが好ましい。

陰極は、透明であってもよいし、不透明であってもよい。なお、透明な陰極は、前記陰極の材料を1nm~10nmの厚みに薄く製膜し、更に前記ITOやIZO等の透明な導電性材料を積層することにより形成することができる。

#### 【0095】

##### 10) 保護層

有機EL素子全体は、保護層によって保護されていてもよい。

保護層に含まれる材料としては、水分や酸素等の素子劣化を促進するものが素子内に入ることを抑止する機能を有しているものであればよい。

その具体例としては、In、Sn、Pb、Au、Cu、Ag、Al、Ti、Ni等の金属、MgO、SiO、SiO<sub>2</sub>、Al<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、GeO、NiO、CaO、BaO、Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、Y<sub>2</sub>O<sub>3</sub>、TiO<sub>2</sub>等の金属酸化物、SiN<sub>x</sub>、SiN<sub>x</sub>O<sub>y</sub>等の金属窒化物、MgF<sub>2</sub>、LiF、AlF<sub>3</sub>、CaF<sub>2</sub>等の金属フッ化物、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリメチルメタクリレート、ポリイミド、ポリウレア、ポリテトラフルオロエチレン、ポリクロロトリフルオロエチレン、ポリジクロロジフルオロエチレン、クロロトリフルオロエチレンとジクロロジフルオロエチレンとの共重合体、テトラフルオロエチレンと少なくともとも1種のコモノマーを含むモノマー混合物を共重合させて得られる共重合体、共重合主鎖に環状構造を有する含フッ素共重合体、吸水率1%以上の吸水性物質、吸水率0.1%以下の防湿性物質等が挙げられる。

#### 【0096】

保護層の形成方法については、特に限定はなく、例えば、真空蒸着法、スパッタリング法、反応性スパッタリング法、MBE(分子線エピタキシ)法、クラスターイオンビーム法、イオンプレーティング法、プラズマ重合法(高周波励起イオンプレーティング法)、プラズマCVD法、レーザーCVD法、熱CVD法、ガスソースCVD法、コーティング法、印刷法、又は転写法を適用できる。

#### 【0097】

##### 11) 封止

さらに、有機EL素子は、封止容器を用いて素子全体を封止してもよい。

また、封止容器と発光素子の間の空間に水分吸収剤又は不活性液体を封入してもよい。

水分吸収剤としては、特に限定されることはないが、例えば、酸化バリウム、酸化ナトリウム、酸化カリウム、酸化カルシウム、硫酸ナトリウム、硫酸カルシウム、硫酸マグネシウム、五酸化燐、塩化カルシウム、塩化マグネシウム、塩化銅、フッ化セシウム、フッ化ニオブ、臭化カルシウム、臭化バナジウム、モレキュラーシーブ、ゼオライト、および酸化マグネシウム等を挙げることができる。不活性液体としては、特に限定されることはないが、例えば、パラフィン類、流動パラフィン類、パーフルオロアルカンやパーフルオロアミン、パーフルオロエーテル等のフッ素系溶剤、塩素系溶剤、及びシリコンオイル類が挙げられる。

#### 【0098】

##### 12) 素子の製造方法

有機EL素子を構成する各層は、蒸着法やスパッタ法等の乾式製膜法、ディッピング、スピスコット法、ディップスコット法、キャスト法、ダイスコット法、ロールスコット法、バコット法、グラビアスコット法等の湿式製膜法いずれによっても好適に製膜することができ

10

20

30

40

50

る。

中でも発光効率、耐久性の点から乾式法が好ましい。湿式製膜法の場合、残存する塗布溶媒が発光層を損傷させるので好ましくない。

特に好ましくは、抵抗加熱式真空蒸着法である。抵抗加熱式真空蒸着法は、真空下で加熱により蒸散させる物質のみを効率的に加熱できるので、素子が高温に曝されないのがダメージが少なく有利である。

#### 【0099】

真空蒸着とは真空にした容器の中で、蒸着材料を加熱させ気化もしくは昇華して、少し離れた位置に置かれた被蒸着物の表面に付着させ、薄膜を形成するというものである。蒸着材料、被蒸着物の種類により、抵抗加熱、電子ビーム、高周波誘導、レーザーなどの方法で加熱される。この中で最も低温で成膜を行うのが抵抗加熱式の真空蒸着法であり、昇華点の高い材料は成膜できないが、低い昇華点の材料であれば、被蒸着材料への熱ダメージがほとんど無い状態で成膜を行うことができる。

10

#### 【0100】

本発明における封止膜材料は、抵抗加熱式の真空蒸着で成膜し得ることを特徴とする。従来用いられてきた酸化シリコン等の封止剤は昇華点が高く、抵抗加熱で蒸着することは不可能であった。また、公知例に一般的に記載されているイオンプレーティング式などの真空蒸着法は、蒸着元部が数千と超高温となるため、被蒸着材料に熱的影響を与えて変質させるため、特に熱や紫外線の影響を受けやすい有機EL素子の封止膜の製造方法としては適していない。

20

#### 【0101】

##### 13) 駆動方法

有機EL素子は、陽極と陰極との間に直流（必要に応じて交流成分を含んでもよい）電圧（通常2ボルト～15ボルト）、又は直流電流を印加することにより、発光を得ることができる。

#### 【0102】

有機EL素子の駆動方法については、特開平2-148687号公報、同6-301355号公報、同5-29080号公報、同7-134558号公報、同8-234685号公報、同8-241047号公報、特許第2784615号公報、米国特許5828429号公報、同6023308号公報等に記載の駆動方法を適用することができる。

30

#### 【0103】

##### (応用)

本発明の電界効果型薄膜トランジスタは、液晶やEL素子を用いた画像表示装置、特にFPDのスイッチング素子、駆動素子として用いることができる。特に、フレキシブルFPD装置のスイッチング素子、駆動素子として用いるのが適している。さらに本発明の電界効果型薄膜トランジスタを用いた表示装置は、携帯電話ディスプレイ、パーソナルデジタルアシスタント(PDA)、コンピュータディスプレイ、自動車の情報ディスプレイ、TVモニター、あるいは一般照明を含む広い分野で幅広い分野で応用される。

また、本発明の電界効果型薄膜トランジスタは、表示装置以外にも、有機プラスチックフィルムのような可撓性基板上に本発明の電界効果型薄膜トランジスタを形成し、ICカードやIDタグなどに幅広く応用が可能である。

40

#### 【実施例】

#### 【0104】

以下に、本発明の薄膜電界効果型トランジスタについて、実施例により説明するが、本発明はこれら実施例により何ら限定されるものではない。

#### 【0105】

##### 実施例1

##### 1. TFT素子の作製

基板としては、無アルカリガラス板（コーニング社、品番NO.1737）を用いて、下記層を順次成膜し、図1又は図2の構成のTFT素子1において素子を作製した。

50

(1) ゲート電極：Moを厚み40nmに蒸着した。

Moのスパッタリング条件：DCマグネトロンスパッタ装置により、DCパワー380W、スパッタリングガス流量Ar = 12 sccmであった。

ゲート電極のパターニングには、フォトリソグラフィ法とエッチング法とを用いた。

(2) ゲート絶縁膜：SiO<sub>2</sub>をRFマグネトロンスパッタ真空蒸着法(条件：ターゲットSiO<sub>2</sub>、成膜温度54℃、スパッタガスAr/O<sub>2</sub> = 12/2 sccm、RFパワー400W、成膜圧力0.4Pa)にて200nm形成した。

#### 【0106】

(3) 活性層及び抵抗層

ゲート絶縁膜の上に、それぞれ、下記条件のいずれかを用いて成膜した。TFT素子Noと用いた条件及び成膜した厚みを表1に示した。

<条件1>

InGaZnO<sub>4</sub>の組成を有する多結晶焼結体をターゲットとして、RFマグネトロンスパッタ真空蒸着法により、Ar流量97sccm、O<sub>2</sub>流量0.8sccm、RFパワー200W、圧力0.38Paの条件で行った。

<条件2>

条件1と同様にして、但し、O<sub>2</sub>流量2.0sccmの条件で行った。

<条件3>

条件1と同様にして、但し、O<sub>2</sub>流量1.6sccmの条件で行った。

#### 【0107】

(4) ソース電極及びドレイン電極

上記抵抗層又は活性層の上に、下記の条件で、それぞれ異なる組成のソース電極及びドレイン電極を成膜した。

尚、ソース電極およびドレイン電極のパターニングには、フォトリソグラフィ法とリフトオフ法を用いることにより行った。

・ソース電極及びドレイン電極(A)

DCマグネトロンスパッタ(条件：DCパワー400W、Ar流量13sccm、圧力0.34Pa)にて、Tiを50nmの厚みに蒸着した。

・ソース電極及びドレイン電極(B)

DCマグネトロンスパッタ(条件：DCパワー400W、Ar流量13sccm、圧力0.34Pa)にて、Alを50nmの厚みに蒸着した。

・ソース電極及びドレイン電極(C)

Ti/Al/Tiの3層積層体よりなるソース電極及びドレイン電極である。

第1層：上記ソース電極及びドレイン電極(A)と同様の条件で、Tiを厚み10nmに蒸着した。

第2層：上記第1層の上に、上記ソース電極及びドレイン電極(B)と同様の条件で、Alを厚み30nmに蒸着した。

第3層：上記第2層の上に、上記ソース電極及びドレイン電極(A)と同様の条件で、Tiを厚み10nmに蒸着した。

・ソース電極及びドレイン電極(D)~(I)

上記ソース電極及びドレイン電極(B)と同様の条件で、それぞれ、酸化インジウム錫(ITOと略記する)、Mo、Ag、Au、Cr、Cuを厚み50nmに蒸着した。

#### 【0108】

2. 膜物性の測定

無アルカリガラス基板(コーニング社、品番NO.1737)に、上記TFT素子の製造条件とそれぞれ同一条件で、上記の条件1~3で酸化物半導体層を成膜して、物性測定用サンプルを作製した。厚みは100nmであった。これらの物性測定用サンプルの電気伝導度を測定した。

- 電気伝導度の測定方法 -

物性測定用サンプルの電気伝導度は、サンプルの測定されたシート抵抗と膜厚から計算

10

20

30

40

50

し求めた。ここで、シート抵抗を  $R_s$  (  $\Omega / \square$  )、膜厚を  $d$  (  $cm$  ) とすると、電気伝導度  $\sigma$  (  $S cm^{-1}$  ) は、 $\sigma = 1 / ( R_s * d )$  として算出される。

本実施例において、物性測定用サンプルのシート抵抗  $10^7 \Omega / \square$  未満の領域ではロレスタ-GP (三菱化学社製)、シート抵抗  $10^7 \Omega / \square$  以上の領域ではハイテスタ-UP (三菱化学社製) を用いて  $20^\circ C$  の環境下で行った。物性測定用サンプルの膜厚測定には触針式表面形状測定器 DekTak-6M (ULVAC社製) を用いた。

【0109】

- 組成比の測定方法 -

物性測定用サンプルの組成比のRBS (ラザフォード後方散乱) 分析により、組成比を求めた。また、アモルファス膜であることは周知のX線回折法による分析により、確認できた。

10

【0110】

作製したTFE素子の構成、及び測定された物性値を表1に示した。移動度は表2に示した。

【0111】

【表 1】

TFT素子No	活性層			抵抗層			電気伝導度の比 (a)/(b)	ソース・ドレイン電極	
	成膜条件	厚み (nm)	電気伝導度 ( $\text{Scm}^{-1}$ ) (a)	成膜条件	厚み (nm)	電気伝導度 ( $\text{Scm}^{-1}$ ) (b)		層No	組成、厚み (nm)
本発明のTFT1	条件1	10	$2.3 \times 10^1$	条件2	40	$6.6 \times 10^{-6}$	$3.5 \times 10^6$	A	Ti (50nm)
本発明のTFT2	条件1	10	$2.8 \times 10^1$	条件2	40	$5.8 \times 10^{-6}$	$4.8 \times 10^6$	C	Ti/Al/Ti (10nm/30nm/10nm)
比較のTFT1	条件1	10	$2.8 \times 10^1$	条件2	40	$6.8 \times 10^{-6}$	$4.1 \times 10^6$	D	ITO (50nm)
比較のTFT2	条件3	50	$1.1 \times 10^{-4}$	-	-	-	-	A	Ti (50nm)
比較のTFT3	条件3	50	$1.6 \times 10^{-4}$	-	-	-	-	D	ITO (50nm)
比較のTFT4	条件1	10	$2.4 \times 10^1$	条件2	40	$5.4 \times 10^{-6}$	$4.4 \times 10^6$	B	Al (50nm)
比較のTFT5	条件1	10	$2.6 \times 10^1$	条件2	40	$5.8 \times 10^{-6}$	$4.5 \times 10^6$	E	Mo (50nm)
比較のTFT6	条件1	10	$2.8 \times 10^1$	条件2	40	$6.0 \times 10^{-6}$	$4.7 \times 10^6$	F	Ag (50nm)
比較のTFT7	条件1	10	$2.4 \times 10^1$	条件2	40	$6.2 \times 10^{-6}$	$3.9 \times 10^6$	G	Au (50nm)
比較のTFT8	条件1	10	$3.0 \times 10^1$	条件2	40	$6.6 \times 10^{-6}$	$4.6 \times 10^6$	H	Cr (50nm)
比較のTFT9	条件1	10	$2.6 \times 10^1$	条件2	40	$6.2 \times 10^{-6}$	$4.2 \times 10^6$	I	Cu (50nm)

### 3. 性能評価

#### 1) 評価方法

評価に用いたTFTの素子サイズはチャネル長 $L = 40 \mu\text{m}$ 、チャネル幅 $W = 200 \mu\text{m}$ のものを用いた、

各TFT素子について、飽和領域ドレイン電圧 $V_d = 10 \text{V}$ （ゲート電圧 $-10 \text{V}$   $V_g = 15 \text{V}$ ）でのTFT伝達特性の測定を行った。TFT伝達特性の測定は、半導体パラメータ・アナライザ-4156C（アジレントテクノロジー社製）を用いて行った。

#### 【0113】

- ON/OFF比の算出方法 -

ON/OFF比はTFT伝達特性からドレイン電流 $I_d$ における最大値 $I_{d_{max}}$ と最小値 $I_{d_{min}}$ との比 $I_{d_{max}} / I_{d_{min}}$ から求められる。

10

#### 【0114】

- 電界効果移動度の測定 -

図3に模式的に示すように、ドレイン-ソース間電流( $I_{DS}$ )をゲート-ソース間電圧( $V_{GS}$ )の関数とし取得し、得られた曲線より閾値電圧( $V_{th}$ )を求める。この場合ドレイン-ソース間電圧( $V_{DS}$ )は $10 \text{V}$ に固定し、 $V_{GS}$ は $-10 \text{V}$ から $+15 \text{V}$ まで変化させた。 $(I_{DS})^{1/2}$  vs.  $(V_{GS})$ カーブから、閾値電圧と電界効果移動度を下記式を使って抽出した。

$$I_{DS} = \mu_{FE} \cdot C_{dielectric} \cdot (W/2L) \cdot (V_{GS} - V_{th})^2$$

ここで、 $\mu_{FE}$ は電界効果移動度、 $V_{th}$ は閾値電圧、 $W$ はチャネル巾、 $L$ はチャネル長、そして $C_{dielectric}$ はゲート絶縁膜誘電容量である。

20

#### 【0115】

- 閾値シフト量 -

各TFT素子について、ストレス電流 $I_{DS} = 3 \mu\text{A}$ となるようにダイオード接続でストレスを $10$ 時間印加した。そのストレス前後での閾値の変化量を閾値シフト量( $V$ )と定義し、評価を行った。

#### 【0116】

得られた結果を表2に示した。

#### 【0117】

#### 【表2】

30

TFT素子No	素子性能			
	移動度 ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	ON/OFF比	閾値 ( $V_{th}$ ) (V)	閾値シフト量 ( $\Delta V_{th}$ ) (V)
本発明のTFT1	26.4	$1.2 \times 10^7$	0.6	0.4
本発明のTFT2	26.6	$1.2 \times 10^7$	0.6	0.2
比較のTFT1	16.5	$3.0 \times 10^6$	1.0	1.0
比較のTFT2	4.2	$9.0 \times 10^5$	0.8	4.2
比較のTFT3	4.3	$9.0 \times 10^5$	1.2	3.8
比較のTFT4	15.3	$2.4 \times 10^6$	1.2	3.6
比較のTFT5	24.1	$1.0 \times 10^7$	0.8	1.2
比較のTFT6	16.6	$2.1 \times 10^6$	0.8	2.8
比較のTFT7	10.8	$9.0 \times 10^5$	1.4	2.6
比較のTFT8	12.4	$2.1 \times 10^6$	1.2	4.2
比較のTFT9	18.4	$2.1 \times 10^6$	1.0	2.8

40

#### 【0118】

本発明のTFT素子1~2は、いずれも移動度が高く、高いON/OFF比を示した。さらに閾値シフト量が小さく、安定した性能を示した。

一方、抵抗層を有しない比較のTFT素子2, 3は、いずれも移動度が低く、ON/OFF比が小さく、また、閾値シフト量も大きい。

50

比較のTFT素子5は、本発明のTFT素子と同等の移動度を示したが、閾値シフト量が大きく、安定性に劣る性能であった。

また、比較のTFT素子1, 4, 6~9は、いずれも本発明のTFT素子より移動度及びON/OFF比が劣り、更に、閾値シフト量が大きく、安定性に劣る性能であった。

【0119】

実施例2

1. 本発明のTFT素子10の作製

本発明のTFT素子1の作製において、基板にはポリエチレンナフタレートフィルムの両面に下記バリア機能を持つ絶縁層を有するバリア付きフィルムを用いた。その他は本発明のTFT素子1の作製と同様にして、本発明のTFT素子10を作製した。

【0120】

絶縁層：SiONを500nmの厚みに蒸着した。SiONの蒸着にはRFマグネトロンスパッタリング蒸着法（スパッタリング条件：ターゲットSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>、RFパワー400W、ガス流量Ar/O<sub>2</sub> = 12/3 sccm、成膜圧力0.45Pa）を用いた。

【0121】

2. 性能評価

実施例1と同様に、TFT素子性能を評価した結果、本発明のTFT素子10は、ガラス上に作製した本発明のTFT素子1と同等の電界移動度、ON/OFF比を示した。このことより、本発明のTFT素子は、有機プラスチックフィルムからなる可撓性基板においても高移動度、高ON/OFF比を示し、閾値変動も少なかった。

【0122】

実施例3

図4に示す構成の有機EL表示装置を作製した。

1) 基板絶縁膜形成

ポリエチレンナフタレート（PENと略称する）フィルム4-1上に、SiONをスパッタリングにより50nmに蒸着し、基板絶縁膜4-15を形成した。

スパッタリング条件：RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて、ターゲットとしてSi<sub>3</sub>N<sub>4</sub>を用いて、RFパワー400W、スパッタリングガス流量Ar/O<sub>2</sub> = 12.0/3.0 sccm、成膜圧力0.4Paで行った。

【0123】

2) ゲート電極（および走査電線）形成

上記基板を洗浄後、Moをスパッタリングにより100nmに蒸着した。次にフォトレジストを塗布し、その上にフォトマスクを重ね、それを通して露光し、加熱により未露光部を硬化させ、続くアルカリ現像液による処理により未硬化のレジストを除去した。次にエッチング液を作用させ、硬化フォトレジストで被覆されていない部分の電極部を溶解し除去した。最後にフォトレジストを剥離してパターニング工程を終了した。パターニングされたゲート電極4-2および走査電線4-3が形成された。

【0124】

各工程の処理条件は下記の通りである。

Moのスパッタリング条件：DCマグネトロンスパッタ装置により、DCパワー380W、スパッタリングガス流量Ar = 14 sccm、成膜圧力0.34Paであった。

フォトレジスト塗布条件：フォトレジストOFPR-800（東京応化（株）製）をスピコート4000rpm50secにより塗布した。プリベーク条件：80℃、20min。

露光条件：5sec。（超高压水銀ランプのg線、100mJ/cm<sup>2</sup>相当）

現像条件：

現像液NMD-3（東京応化（株）製）：30sec。（浸漬）+30sec。（攪拌）

リンス：純水超音波洗浄、1min. 2回

ポストベーク：120℃、30min.

10

20

30

40

50



エッチング条件：エッチング液、混酸（硝酸／りん酸／酢酸）

レジスト剥離条件：剥離液 - 104（東京応化（株）製）、5 min.（浸漬）2

回

洗浄：IPA超音波で5 min. 2回、純水超音波洗浄を5 min.

乾燥：N<sub>2</sub>ブローおよび120 でベーク1h。

【0125】

### 3) ゲート絶縁膜形成

続いて、SiO<sub>2</sub>をスパッタリングにより200 nmに成膜し、ゲート絶縁膜4-4を形成した。

スパッタリング条件：RFマグネトロンスパッタ装置、RFパワー400 W、スパッタリングガス流量Ar/O<sub>2</sub> = 12.0 / 2.0 sccm、成膜圧力0.4 Pa。

【0126】

### 4) 活性層・抵抗層形成

ゲート絶縁膜の上に、IZGO膜10 nmからなる活性層4-5とIZGO膜40 nmからなる抵抗層4-6を順次スパッタリングにより成膜した。続いて、フォトリソ法によるパターンニング工程を行うことにより活性層・抵抗層を形成した。

【0127】

活性層のIZGO膜と抵抗層のIZGO膜のスパッタリング条件は下記の通りである。

活性層のIZGO膜のスパッタリング条件：RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて、InGaZnO<sub>4</sub>の組成を有する多結晶焼結体をターゲットとして、RFパワー200 W、スパッタリングガス流量Ar/O<sub>2</sub> = 97.0 / 0.8 sccm、成膜圧力0.36 Paで行った。

抵抗層のIZGO膜スパッタリング条件：RFマグネトロンスパッタリング装置を用いて、InGaZnO<sub>4</sub>の組成を有する多結晶焼結体をターゲットとして、RFパワー200 W、スパッタリングガス流量Ar/O<sub>2</sub> = 97.0 / 2.0 sccm、成膜圧力0.38 Paで行った。

【0128】

フォトリソ・エッチング法によるパターンニング工程は、エッチング液として、蔞酸を用いた以外は、ゲート電極のパターンニング工程と同様である。

【0129】

### 5) コンタクトホール形成

続いてゲート電極のパターンニング工程と同様にフォトリソ・エッチング法によるパターンニング工程を行い、コンタクトホール形成部分以外をフォトリソで保護した後、エッチング液としてバッファード・フッ酸を用いてゲート絶縁膜に穴を開け、ゲート電極を露出させた。続いてゲート電極のパターンニング工程と同様にフォトリソを除去し、コンタクトホールH1を形成した。

【0130】

### 6) ソース・ドレイン電極および共通電線・信号電線形成

上記コンタクトホールの形成に続いて、リフトオフ用のレジストを形成し、その後Ti (15 nm) / Al (50 nm) / Ti (15 nm)をスパッタリングにより成膜した。剥離液によりレジストを除去し、ソース・ドレイン電極4-7および共通電線・信号電線4-8を形成した。

【0131】

Tiスパッタリング条件：DCマグネトロンスパッタ装置を用いて、DCパワー400 W、スパッタリングガス流量Ar = 14.0 sccm、成膜圧力0.34 Paで行った。

Alスパッタリング条件：DCマグネトロンスパッタ装置を用いて、DCパワー400 W、スパッタリングガス流量Ar = 14.0 sccm、成膜圧力0.34 Paで行った。

【0132】

10

20

30

40

50

## 7) 保護絶縁膜形成

続いて、保護絶縁膜 4 - 10 として、 $\text{SiO}_2$  を 200 nm に成膜した。

$\text{SiO}_2$  のスパッタリング条件：RF マグネトロンスパッタ装置、RF パワー 400 W、スパッタリングガス流量  $\text{Ar}/\text{O}_2 = 12.0/2.0 \text{ sccm}$ 、成膜圧力 0.4 Pa。

【0133】

## 8) コンタクトホール形成

続いてゲート電極のパターニング工程と同様にフォトリソ・エッチング法によるパターニング工程を行い、コンタクトホール形成部分以外をフォトレジストで保護した後、エッチング液としてバッファード・フッ酸を用いて保護絶縁膜に穴を開け、ソース・ドレイン電極を露出させた。続いてゲート電極のパターニング工程と同様にフォトレジストを除去し、コンタクトホール H2 を形成した。

10

【0134】

## 9) 画素電極形成

保護絶縁膜上に画素電極となる ITO を 50 nm をスパッタにより成膜した。

ITO のスパッタリング条件：RF マグネトロンスパッタ装置、RF パワー 200 W、スパッタリングガス流量  $\text{Ar}/\text{O}_2 = 14.0/0.8 \text{ sccm}$ 、成膜圧力 0.36 Pa。

フォトリソ・エッチング法によるパターニング工程は、エッチング液として、シュウ酸を用いて画素電極 4 - 11 を形成した。

20

【0135】

## 10) 平坦化膜形成

続いて、感光性ポリイミド膜 2  $\mu\text{m}$  を塗布し、フォトリソ法によりパターニングして平坦化膜 4 - 12 を形成した。

塗布およびパターニング工程条件は下記の通りである。

塗布条件：スピコート 1000 rpm 30 sec .

露光条件：20 sec . (超高压水銀ランプの g 線を用いて、400 mJ /  $\text{cm}^2$  相当のエネルギー)

現像条件

現像液：NMD - 3 (東京応化 (株) 製)、1 min . (浸漬) + 1 min . (攪拌)

30

リンス：純水超音波洗浄、1 min . 2 回 + 5 min . 1 回 +  $\text{N}_2$  ブロー

ポストバーク：120 で 1 h .

【0136】

以上の工程により、有機 EL 表示装置の TFT 基板を作製した。

【0137】

## 11) 有機 EL 素子作製

酸素プラズマ処理を行った TFT 基板の上に、有機 EL 層 4 - 13 として、順次、正孔注入層、正孔輸送層、発光層、正孔ブロッキング層、電子輸送層、および電子注入層を設け、陰極 4 - 14 をシャドウマスクによりパターニングして設けた。各層はいずれも抵抗加熱真空蒸着により設けた。

40

酸素プラズマ条件、および各層の構成は、下記の通りである。

【0138】

酸素プラズマ条件： $\text{O}_2$  流量 = 10 sccm、RF パワー 200 W、処理時間 1 min .

正孔注入層：4, 4', 4'' - トリス (2 - ナフチルフェニルアミノ) トリフェニルアミン (2 - TNATA と略記する)、厚み 140 nm .

正孔輸送層：N, N' - ジナフチル - N, N' - ジフェニル - [1, 1' - ビフェニル] - 4, 4' - ジアミン ( - NPD と略記する)、厚み 10 nm .

発光層：CBP および  $\text{Ir}(\text{ppy})_3$  を CBP に対して 5 質量% 含有する層、厚み 20 nm

50

正孔ブロック層：bis - ( 2 - m e t h y l - 8 - q u i n o l i n o l a t e )  
- 4 - ( p h e n y l p h e n o l a t e ) a l u m i n i u m ( B A l q と略記する )、厚み 1 0 n m。

電子輸送層：トリス ( 8 - ヒドロキシキノニナート ) アルミニウム ( A l q 3 と略記する )、厚み 2 0 n m。

電子注入層：L i F、厚み 1 n m

陰極 ( 上部電極 ) : A l、厚み 2 0 0 n m

【 0 1 3 9 】

以上により、有機 E L 素子を作製した。

【 0 1 4 0 】

10

1 2 ) 封止工程

有機 E L 素子設けた T F T 基板の上に、図示していないが、封止膜として 2 μ m の S i N<sub>x</sub> 膜をプラズマ C V D ( P E C V D ) により成膜した。さらに、封止膜の上に、保護フィルム ( P E N フィルムに S i O N を 5 0 n m 蒸着したもの ) を熱硬化型エポキシ樹脂接着剤により接着 ( 9 0 , 3 h . ) した。

【 0 1 4 1 】

以上により、有機 E L 表示装置を作製した。尚、本発明の有機 E L 表示装置に用いた画素回路を図 5 に示す。

【 図面の簡単な説明 】

【 0 1 4 2 】

20

【 図 1 】本発明の T F T 素子構造を示す模式図である。

【 図 2 】本発明の別の態様の T F T 素子構造を示す模式図である。

【 図 3 】 T F T の伝達特性曲線の模式図であって、ON / OFF 比が明確に発現している例である。横軸はゲート電圧 ( V g ) を表し、縦軸は I s d ( ソース・ドレイン間電流 ) を表す。

【 図 4 】本発明の表示装置における駆動 T F T と有機 E L 素子の構成を示す概念図である。

【 図 5 】本発明の表示装置におけるスイッチング T F T、駆動 T F T および有機 E L 素子の主要部の概略回路図である。

【 符号の説明 】

30

【 0 1 4 3 】

( T F T )

1 , 1 1 : 基板

2 , 1 2 : ゲート電極

3 , 1 3 : ゲート絶縁膜

4 , 1 4 : 活性層

6 , 1 6 : 抵抗層

5 - 1 , 1 5 - 1 : ソース電極

5 - 2 , 1 5 - 2 : ドレイン電極

8 - 1 , 8 - 2 : T i 層

40

( 表示装置 )

4 - 1 : フィルム基板

4 - 2 : ゲート電極

4 - 3 : 走査電線

4 - 4 : ゲート絶縁膜

4 - 5 : 活性層

4 - 6 : 抵抗層

4 - 7 : ソース・ドレイン電極

4 - 8 : 共通電線・信号電線

4 - 1 0 : 保護絶縁膜

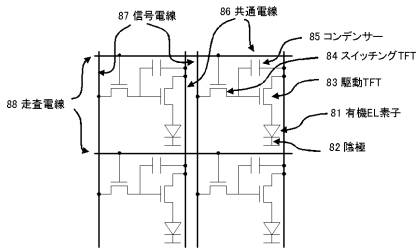
50

- 4 - 1 1 : 画素電極
- 4 - 1 2 : 平坦化膜
- 4 - 1 3 : 有機 E L 層
- 4 - 1 4 : 陰極
- 4 - 1 5 : 基板絶縁膜
- H 1 , H 2 : コンタクトホール

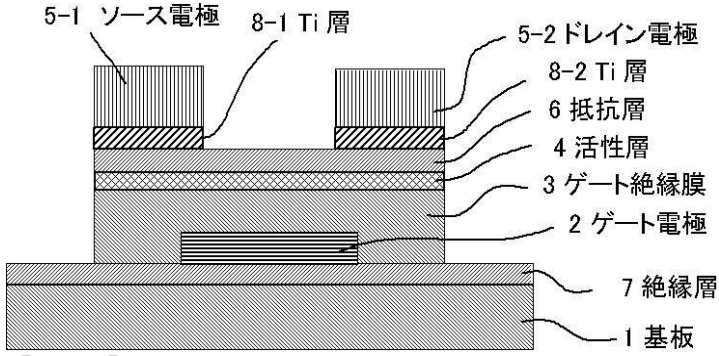
(表示装置回路)

- 8 1 : 有機 E L 素子
- 8 2 : 陰極
- 8 3 : 駆動 T F T
- 8 4 : スイッチング T F T
- 8 5 : コンデンサー
- 8 6 : 共通電線
- 8 7 : 信号電線
- 8 8 : 走査電線

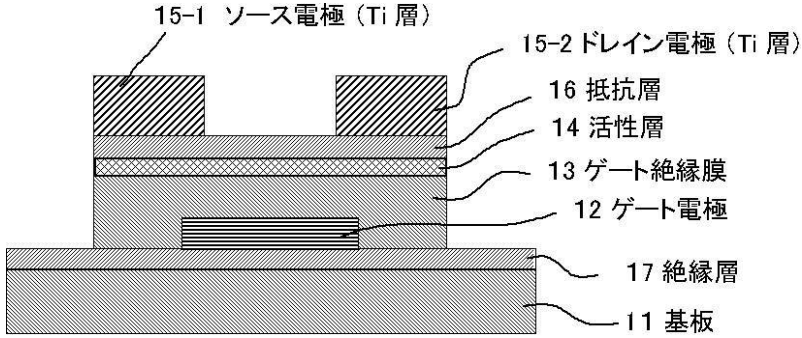
【 図 5 】



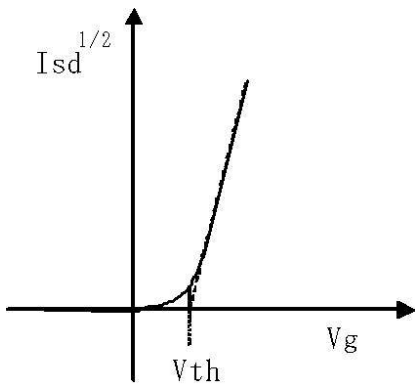
【図1】



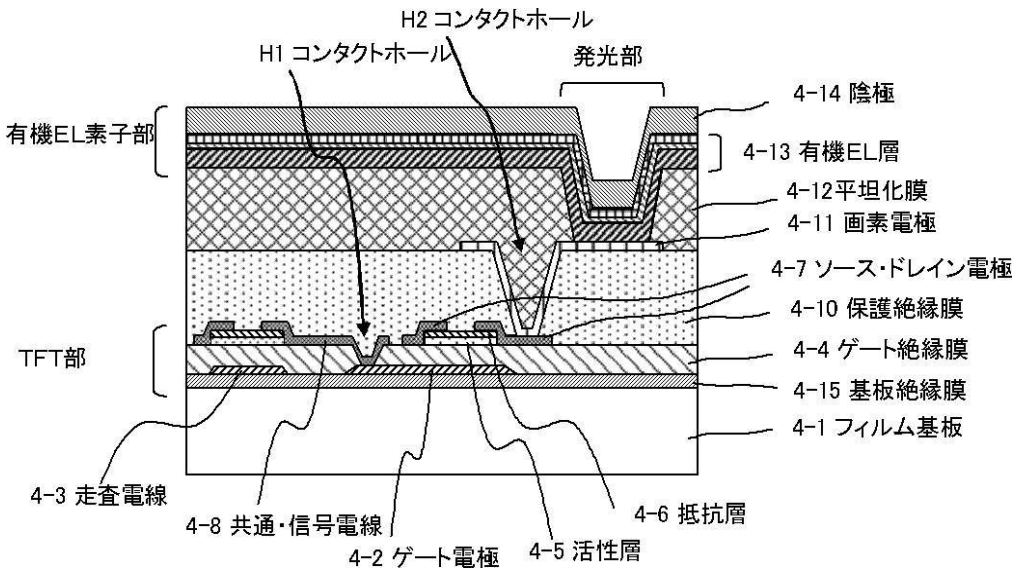
【図2】



【図3】



【図4】



---

フロントページの続き

(72)発明者 小糸 直希

神奈川県足柄上郡開成町牛島577番地 富士フイルム株式会社内

Fターム(参考) 3K107 AA01 BB01 CC21 CC45 EE03 HH05  
5F110 AA01 AA05 AA14 BB01 CC07 DD01 DD02 DD15 EE02 EE03  
EE04 EE06 EE07 EE38 EE42 EE43 EE44 EE45 FF01 FF02  
FF03 FF04 FF28 GG01 GG02 GG03 GG04 GG05 GG06 GG15  
GG25 GG32 GG42 GG43 GG51 GG58 HK02 HK03 HK04 HK06  
HK07 HK21 HK22 HK33 HL07 HL23 NN03 NN04 NN22 NN23  
NN24 NN27 NN32 NN33 NN34 NN35 NN40 NN71 NN72 QQ14