

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特許公報(B2)

(11) 特許番号

特許第4085438号
(P4085438)

(45) 発行日 平成20年5月14日(2008.5.14)

(24) 登録日 平成20年2月29日(2008.2.29)

(51) Int.Cl.

F 1

H01L 29/786	(2006.01)	H01L 29/78	618B
H01L 51/05	(2006.01)	H01L 29/78	616U
H01L 51/30	(2006.01)	H01L 29/78	616V

HO1L 29/28	100A
HO1L 29/28	250G

請求項の数 1 (全 11 頁)

(21) 出願番号

特願平8-274401

(22) 出願日

平成8年10月17日(1996.10.17)

(65) 公開番号

特開平10-125924

(43) 公開日

平成10年5月15日(1998.5.15)

審査請求日

平成15年10月15日(2003.10.15)

(73) 特許権者 000005821

松下電器産業株式会社

大阪府門真市大字門真1006番地

(74) 代理人 100097445

弁理士 岩橋 文雄

(74) 代理人 100109667

弁理士 内藤 浩樹

(74) 代理人 100109151

弁理士 永野 大介

(72) 発明者 滝本 昭雄

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72) 発明者 小森 一徳

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

最終頁に続く

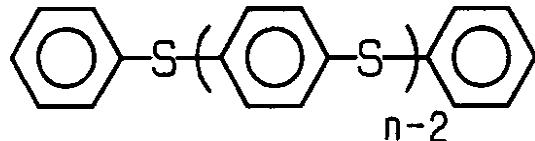
(54) 【発明の名称】有機薄膜トランジスタ及び液晶素子と有機発光素子

(57) 【特許請求の範囲】

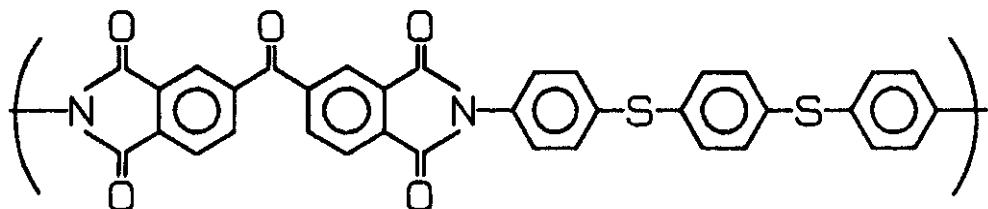
【請求項 1】

基板上にゲート電極、アルミニウムからなるソース電極、アルミニウムからなるドレイン電極の3端子及び活性半導体層からなる薄膜トランジスタにおいて、前記活性半導体層が繰り返し単位を持つ有機物であり、その繰り返し単位が(化1)で現されるフェニレンスルフィドのオリゴマ分子、または、その繰り返し単位が(化2)で現されるフェニレンスルフィドのオリゴマ分子を含んだポリイミド高分子であり、前記ソース電極と前記活性半導体層との間及び前記ドレイン電極と前記活性半導体層との間にそれぞれ(化4)で表される正孔輸送層を有し、前記ソース電極と前記活性半導体層との間の前記正孔輸送層と前記ドレイン電極と前記活性半導体層との間の前記正孔輸送層とは互いに接触していないことを特徴とする有機薄膜トランジスタ。

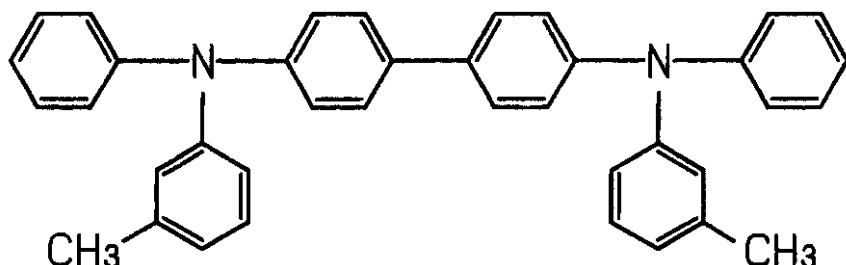
【化1】



【化2】



【化4】



10

【発明の詳細な説明】

【0001】

20

【発明の属する技術分野】

本発明は大型ディスプレイ素子を駆動する有機薄膜トランジスタと、この有機薄膜トランジスタを用いた大型の液晶素子と、有機薄膜トランジスタを用いた大型の有機発光素子に関する。

【0002】

30

【従来の技術】

直視型の大画面ディスプレイには、液晶素子、プラズマ・ディスプレイ・パネル(PDP)の開発が盛んである。例えば液晶素子では10インチクラス以上のa-Si TFT直視パネルが主流となっている。またPDPは40インチクラスを目指して開発が進んでいる。他の大型表示素子の方法としてプラズマアドレス型の液晶素子も、このPDPと同レベルの大きさのディスプレイ素子の実現を目指している。この方式は大画面の液晶素子を駆動するトランジスタの代わりにプラズマを利用するものである。これらの素子は、大画面化に伴って様々な課題に直面する。液晶素子では、駆動素子にプラズマCVD法によるa-Siを用いており、大型化対応の製造装置の開発が必要となり、製造コストの大幅な増加がある。

【0003】

40

これに対して有機物で薄膜トランジスタを形成することが可能になれば、塗布法あるいは低温の蒸着法などで大型化が容易になるという考えがある。研究段階ではあるが有機薄膜トランジスタの開発が盛んになってきた。例えば、A.Dodabalapur等は、有機の活性半導体層として蒸着法によって成膜するチオフェンオリゴマ膜(重合度6)を用いて電界効果移動度 $0.01 \sim 0.03 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、トランジスタの電流オン/オフ比は6~7桁を得ている(「サイエンス」(SCIENCE, VOL.268, p.270~271))。但し、電流値は他のトランジスタに比べて小さい。また、スイッチングに必要なゲート電圧とドレイン電圧が数十Vと高いのが欠点である。この性能は現行のa-Siの電界効果移動度 $0.1 \sim 0.5 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、及び電流のオン/オフ比の~7桁に近い。

【0004】

40

更に低温p-Siの電界効果移動度 $50 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、及び電流のオン/オフ比は~7桁であり、高温p-Siの電界効果移動度 $100 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、及びオン/オフ比は~7桁である。最も性能の良い単結晶Siになると、その電界効果移動度 $1500 \text{ cm}^2 \text{ V}^{-1} \text{ s}^{-1}$ 、及び電流のオン/オフ比は9桁以上である。しかし、いずれのトランジスタも大型化対応が非常に

50

困難である。前出の有機薄膜トランジスタは、この大型ディスプレイ素子でも直視型の液晶素子の駆動素子として有力視されている。

【0005】

バックライトが必要な液晶素子に対して発光型の大画面ディスプレイデバイスへの要望がある。前出のPDPが代表例であるが、有機薄膜の発光素子の開発も近年盛んである。モノマ分子の蒸着法による素子と、ポリフェニレンビレン(PPV)を始めとする高分子材料を塗布形成する素子が有望である。これらの有機発光材料を用いてカラー表示素子を作製する場合、液晶素子の開発の歴史をから推測されるように近い将来、トランジスタによるアクティブ型駆動が主流になるであろう。単純なマトリックス電極配線によると、大画面で発生する輝度傾斜を防ぐためである。現状ではアクティブ駆動が困難で、パシブ駆動の延長となってしまう。10

【0006】

【発明が解決しようとする課題】

有機薄膜トランジスタの性能の第1の課題は、電界効果移動度が $0.01 \sim 0.03 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ とa-Siの電界効果移動度 $0.1 \sim 0.5 \text{cm}^2 \text{V}^{-1} \text{s}^{-1}$ に対して1桁以上小さいことである。第2の課題は駆動電圧がゲート電圧、ドレイン電圧共に数十Vと高いことである。但し、プラズマアドレス型液晶素子の場合、データ電圧100V(ゲート電圧に相当)、放電電圧350V(ドレイン電圧に相当)であり、必ずしも欠点とはならない。液晶素子の駆動は通常5V以下でなされるが、液晶モードによっては15V以上の高駆動電圧が必要になることもある。本発明は有機薄膜トランジスタにおいて電界効果移動度を向上させることと、駆動電圧を低減させることである。20

【0007】

液晶素子の大型化に伴って視野角の広い特性が望まれる。視野角の広い液晶表示モードである垂直配向の負の誘電異方性を持つ液晶の場合、駆動電圧が高く、通常のa-Siトランジスタでは駆動が困難である。また大型化に伴って、動作時に液晶配向を保持するために各画素に導入される補助容量を形成することが困難になる。本発明は液晶素子において、視野角特性の良い大型ディスプレイを得ることである。

【0008】

有機発光素子を形成する場合、発光層は正孔輸送層と連続で透明電極上に数百オングスオロームと極薄く成膜される。これに画素毎に駆動用のトランジスタを設ける場合、通常トランジスタを基板面に設けておいてから、発光層を設ける。このため開口率が低い。本発明は大型発光素子において、開口率が大きく明るいディスプレイを得ることである。30

【0009】

【課題を解決するための手段】

電界効果移動度の課題を解決するために、基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の3端子及び活性半導体層からなる薄膜トランジスタにおいて、活性半導体層が繰り返し単位を持つ有機物であり、その繰り返し単位が5以上のオリゴマ分子を備えたものである。

【0010】

駆動電圧の課題を解決するために、基板上にゲート電極、ソース電極、ドレイン電極の3端子及び活性半導体層からなる薄膜トランジスタにおいて、活性半導体層が有機物からなり、ソース電極及びドレイン電極と前記活性半導体層の間に有機物からなる電子輸送層あるいは正孔輸送層を備えたものである。40

【0011】

動作特性の課題を解決するために、基板上にマトリックス状に配置された有機薄膜トランジスタと、そのソース電極に接続する画素電極と、そのドレイン電極に接続するデータバスと、そのゲート電極に接続し、前記データバスに垂直に配置されるスキャンバスを有し、この基板と一定間隔をもって設けられた透明電極を被覆された透明基板が液晶層を介し、この透明電極と、前記画素電極あるいは前記ソース電極との間に有機絶縁性薄膜からなる静電容量を構成する蓄積容量電極を備えたものである。50

【0012】

視野角特性の課題を解決するために、基板上にマトリクス状に配置された有機薄膜トランジスタと、そのソース電極に接続する画素電極と、そのドレイン電極に接続するデータバスと、そのゲート電極に接続し、前記データバスに垂直に配置されるスキャンバスを有し、この基板と一定間隔をもって設けられた透明電極を被覆された透明基板が液晶層を介し、液晶が負の誘電異方性を有し、垂直配向することを備えたものである。

【0013】

開口率の課題を解決するために、透明な共通電極が被覆された透明基板上有機薄膜からなる電界発光層、及び正孔輸送層が積層され、その上にマトリクス状に分離された画素電極があり、各画素電極上には、ソース電極を介して有機薄膜トランジスタが配置されることを備えた発光素子とするものである。 10

【0014】

【発明の実態の形態】

以下、本発明の実施の形態について、図1から図5を用いて説明する。

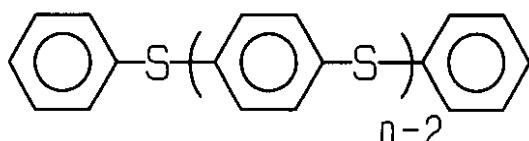
【0015】

(実施の形態1)

図1は逆スタガー構造の有機薄膜トランジスタの断面を示す。図1において、1は、ガラスを代表とする電気絶縁性基板であり、2はゲート電極、3は電気絶縁層であり、例えば塗布形成可能なシロキサン結合を主鎖に持つポリオルガノシロキサンがある。4は活性半導体層であり、有機薄膜である。この有機薄膜として(化5)のベンゼン環とイオウ原子が直鎖状につながるフェニレンスルフィドのオリゴマ分子を蒸着法によって形成した。 20

【0016】

【化5】



【0017】

他の例としてはチオフェンのオリゴマ分子がある。5及び6はそれぞれドレイン電極とソース電極である。ゲート電極は金をドレイン電極とソース電極はアルミニウムを用いた。チャネル長は $12\text{ }\mu\text{m}$ とした。オリゴマ層を形成するオリゴマの長さと蒸着条件によってオリゴマ層の微結晶粒の大きさが制御される。最大~ $0.1\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の電界効果移動度を得た。またオン/オフ電流比はおよそ7桁と良好な結果である。チオフェンオリゴマの場合、グレインサイズが $0.1\text{ }\mu\text{m}$ と小さいため、チャネル長に比べて小さく膜中を結晶粒界をホッピング伝導することになる。 30

【0018】

一方、フェニレンスルフィドのオリゴマ膜はグレインサイズが数 μm 程度にまでなり、結晶中の分子鎖間伝導が電荷輸送のメカニズムの主となる。従って、粒界でのホッピングがないため移動度が著しく増加する。また蒸着条件によって分子の配向が制御され、基板面に対して分子の長軸(c軸)が垂直になるようにできる。具体的には、蒸着速度を小さく基板温度を高くすることである。この分子配向の時、膜中の電荷はc軸に直交する方向により良く輸送される。 40

【0019】

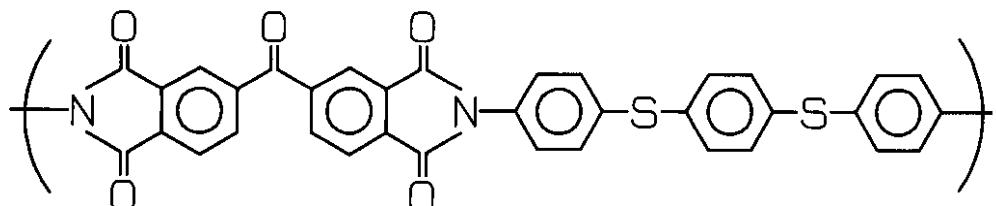
これは隣接分子間で相対するベンゼン環との間の軌道重なりが最も大きいためである。この時、フェニレンスルフィドの分子間距離はおよそ5オングストロームである。トランジスタの構成から、ドレイン電極とソース電極との間に印加される電圧によって、オリゴマ分子にとってc軸に直交する方向に電荷移動が起こることになる。また、荷輸送が容易になることから、トランジスタのスイッチングに必要なゲート電圧も低下する。ゲート電圧に対するドレイン電流の特性向上は、上記の微結晶粒の増大と配向性の向上とにある。 50

【0020】

またゲート絶縁膜と活性半導体層である有機薄膜層の間のトラップによる局音準位を減少させることも重要である。ゲート絶縁膜として大画面に対応可能で、緻密な膜で且つ表面が安定な上記シロキサン結合を主鎖に持つポリオルガノシロキサンを用いた。他の例として活性半導体層に(化6)のフェニレンスルフィドオリゴマ分子を含んだポリイミド高分子を形成した。

【0021】

【化6】



10

【0022】

形成方法は(化7)のジアミンのオリゴマ分子と(化8)ベンゾフェノンテトラカルボン酸の2種類の材料を2源蒸着による蒸着重合法によった。

【0023】

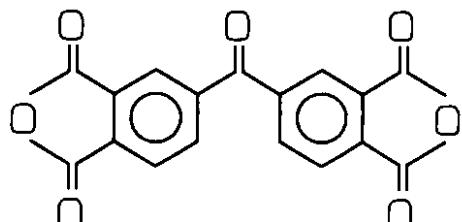
【化7】

20



【0024】

【化8】



30

【0025】

形成された有機薄膜層は、基板面に対して垂直に分子鎖が並び、微結晶粒も数 μm 程度となった。分子間距離は前記(化5)に比べて若干小さくなり、より高い移動度に寄与している。これは、結晶内の電荷輸送が隣接する分子間の伝導となるので、分子間距離が短くなるに従って分子軌道重なりが大きくなっている、移動度が増加するためである。その結果、(化6)の高分子を活性半導体層としてすることで、最大 $\sim 0.3\text{cm}^2\text{V}^{-1}\text{s}^{-1}$ の電界効果移動度と電流のオン/オフ比7桁を得た。

40

【0026】

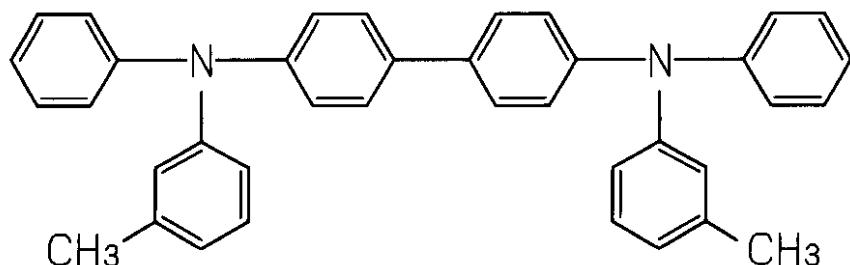
(実施の形態2)

図2は逆スタガー構造の有機薄膜トランジスタの断面を示す。図1と異なるのは活性半導体層4の有機薄膜とドレイン電極6およびソース電極5の間に電荷輸送層7があることである。電荷輸送層7の導入によって電荷注入の障壁が少なくなることでドレイン電圧の低下とオン電流の増加が得られる。用いた電荷輸送材料は正孔輸送層としては(化9)トリフェニルジアミン、電子輸送層としては(化10)オキサジアゾールである。

【0027】

50

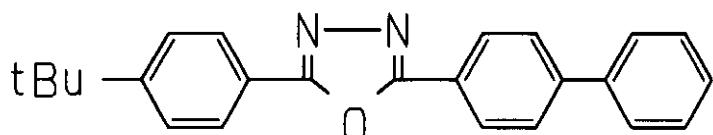
【化9】



10

【0028】

【化10】



【0029】

中でも(化9)トリフェニルジアミンを用いるとドレイン電圧10Vで従来のドレイン電圧100Vと同じオン電流が得られた。 20

【0030】

(実施の形態3)

図3は逆スタガー構造の有機薄膜トランジスタと有機絶縁性薄膜からなる静電容量を構成する蓄積容量電極を持つ液晶素子の断面図である。ガラス基板1上にトランジスタを構成するゲート電極2、ゲート絶縁膜3、実施の形態1で示した有機薄膜の半導体層4と実施の形態2で示した電荷輸送層7、ドレイン電極5、ソース電極6、透明な画素電極8が形成される。更に蓄積容量を形成するための蓄積容量電極9と11、有機絶縁性薄膜10を設ける。液晶を配向させるための配向膜12を全面に設ける。対向基板1は透明電極13が全面に形成される。液晶層14は両基板の配向膜12によって配向される。この構造においてゲート絶縁膜3と有機絶縁性薄膜10を塗布形成可能なシロキサン結合を主鎖に持つポリオルガノシロキサンとすることで、大画面の基板に対応できる。具体的なプロセスを説明する。 30

【0031】

(1)対角25インチ(縦横比4:3)のガラス基板1上に画素電極8としてインジウム・チタン・酸化物(ITO)をスパッタ法によって形成し、正方配列で画素電極8をパターン形成する。画素ピッチは横方向に200μmとして画素数は800×3=2400個、縦方向には620μmとして画素数は600個並べ、全画素数を144万画素形成した。これはカラーSVGクラスの表示画素である。更にゲート電極2と蓄積容量電極9としてクロム電極をスパッタ法で成膜しパターン形成する。

【0032】

(2)全面にポリオルガノシロキサンを塗布、乾燥した後、400度で加熱硬化させる。その後フォトリソグラフ工程によってゲート絶縁膜3と有機絶縁性薄膜10を設ける。 40

【0033】

(3)真空蒸着法(基板温度150度)によって(化5)のフェニレンスルフィド(重合度5)のオリゴマ膜を1000オングストローム形成する。続けて(化9)に示すトリフェニルジアミンで電荷輸送層6を同じく真空蒸着で形成する。

【0034】

(4)ドレイン電極5、ソース電極6及び蓄積容量電極11をアルミニウムで同時に成膜、パターン形成する。

【0035】

50

(5) 全面をポリミドの配向膜で覆う。

(6) 液晶素子の対向基板となるITO 13付きガラス基板1上に配向膜12を塗布し、トランジスタの構成された基板とをそれぞれラビング処理する。この1組の基板をビーズを介して接着し、真空注入装置によって液晶14を注入し、封じすることで素子が完成する。

【0036】

液晶表示モードは用いる液晶材料と配向膜材料で決まる。1例としてツイストネマチックモードと他の例として垂直配向モードの素子を、それぞれ作製した。前者のツイストネマチックモードには正の誘電異方性を持つネマチック液晶とプレチルト角~2度のポリイミド配向膜を使った。後者の垂直配向モードには負の誘電異方性を持つネマチック液晶とプレチルト角87度のポリイミド配向膜を使った。各々の素子でのドレイン駆動電圧は、前者が5Vで後者が7Vである。視野角依存性を評価したところコントラスト100を維持する角度が前者が上下20度に対して、後者が上下60度と後者の方が優れている。対角25インチの大型液晶パネルのSVGAフルカラー表示を実現した。

【0037】

(実施の形態4)

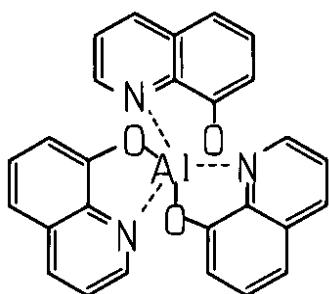
図4に透明な共通電極13が被覆された透明基板1上に有機薄膜からなる電界発光層15、及び正孔輸送層16が積層され、その上にマトリックス状に分離された画素電極17があり、各画素電極17上には、ソース電極6を介して有機薄膜トランジスタが配置される有機発光素子の断面図を示した。発光面の開口率は、発光面をトランジスタの大きさに依存せずに配置することができるために高い。また層間絶縁層18は平坦化層としての働きもあり、図5に示すフルカラー素子を構成する場合、各画素上の有機薄膜トランジスタは平坦な層の上に構成することができる。具体的な製造方法を説明する。

【0038】

(1) 対角25インチ(縦横比4:3)のガラス基板1上に全面をスパッタ法により透明電極13としてITOを1000オングストローム成膜する。この基板を真空蒸着装置に設置し、有機発光層15と電荷輸送層16を連続成膜する。それぞれ代表例として(化11)アルミニウムキノリンを100オングストローム及び(化9)トリフェニルジアミンを1000オングストロームとした。

【0039】

(化11)



【0040】

(2) 画素電極17を電子ビーム蒸着法あるいはスパッタ法によってアルミニウム1000オングストローム成膜する。マトリックス状に分離するためには、成膜時にマスクするか、全面に成膜後フォトリソグラフィによって分離するかはいずれの方法でもよい。画素ピッチは横方向に200μmとして画素数は $800 \times 3 = 2400$ 個、縦方向には620μmとして画素数600個並べ、全画素数を144万画素形成した。これはカラーSVGAの表示画素である。画素の開口率は80%以上である。

【0041】

(3) 層間絶縁層18としてアクリル系のレジストを用いて約2μm成膜する。フォトリソグラフィによって各画素電極とのコンタクトホールを形成する。層間絶縁膜18上にフォ

10

20

30

40

50

トリソグラフィによってゲート電極2を形成し、更に良質なゲート絶縁膜3としてCVD法によるシリコン酸化膜と、他に塗布形成可能なシロキサン結合を主鎖に持つポリオルガノシロキサンの2方法で形成した。

【0042】

(4) 活性半導体層4として真空蒸着法(基板温度150度)によって、(化5)のフェニレンスルフィド(重合度5)のオリゴマ膜を1000オングストローム形成する。続けて(化9)に示す電荷輸送層7を、同じく真空蒸着で形成する。この形成方法は実施の形態3と同様である。

【0043】

(5) ドレイン電極5、ソース電極6をアルミニウムで同時に成膜、パターン形成する。
最後に全面をパシベーション膜19で覆う。

10

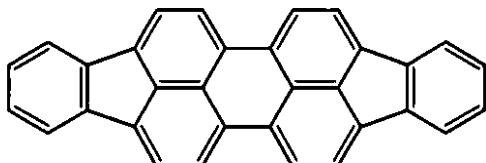
【0044】

このようにして製造した有機トランジスタ駆動によるアクティブ型の有機発光素子は、ドレイン駆動電圧10V、ゲート電圧10Vで発光輝度1万cd/m²と明るい。また、動画表示も可能である。さらに、図5に示すカラー表示対応の素子を作製するため、有機発光層を赤色発光層20(材料は(化12)のペリレン-4)、緑色発光層21(材料は(化11)のアルミニウムキノリン)、青色発光層22(材料は(化13)のテトラフェニルブタジエン)をストライプ状に並べて形成する。

【0045】

【化12】

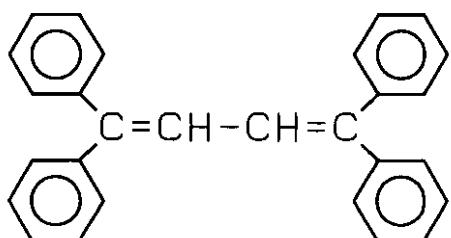
20



【0046】

【化13】

30



【0047】

電荷輸送層16は共通とする。その他は単色素子の工程と同じである。このカラー素子をドレイン駆動電圧10V、ゲート電圧10Vで動画表示したところ、発光輝度5000cd/m²と明るく応答速度も1msec以下と良好な特性を得た。

40

【0048】

実施の形態3と同じ25インチの大画面素子を発光素子で実現できた。

なお、以上の実施の形態1から4の説明は有機トランジスタの構成を逆スタガ型の例を説明したが、プレーナ型についても同様に実施可能である。

【0049】

【発明の効果】

以上のように本発明によれば、高移動度を持つ有機トランジスタをスイッチング素子として組み込むことで大面積の液晶表示素子あるいは有機発光素子が実現できる。

【図面の簡単な説明】

50

【図1】本発明の実施の形態1による有機薄膜トランジスタを示す断面図

【図2】本発明の実施の形態2による電荷輸送層を持つ有機薄膜トランジスタを示す断面図

【図3】本発明の実施の形態3による有機薄膜トランジスタを持つ液晶素子の断面図

【図4】本発明の実施の形態4による有機薄膜トランジスタを持つ単色有機発光素子の断面図

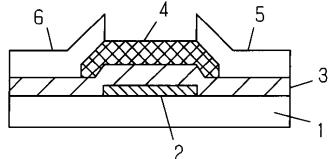
【図5】本実施の形態による有機薄膜トランジスタを持つフルカラー有機発光素子の断面図

【符号の説明】

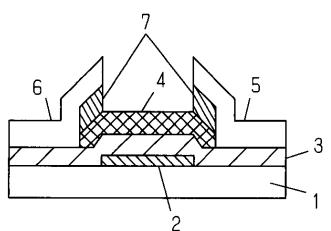
1	透明絶縁性基板	10
2	ゲート電極	
3	ゲート絶縁膜	
4	有機薄膜(活性半導体層)	
5	ドレイン電極	
6	ソース電極	
7	電荷輸送層	
8	画素電極	
9	蓄積容量電極	
10	有機絶縁性薄膜	
11	蓄積容量電極	20
12	配向膜	
13	透明電極	
14	液晶層	
15	電界発光層	
16	正孔輸送層	
17	画素電極	
18	層間絶縁膜	
19	パシベーション膜	
20	赤色発光層	
21	緑色発光層	30
22	青色発光層	

【図1】

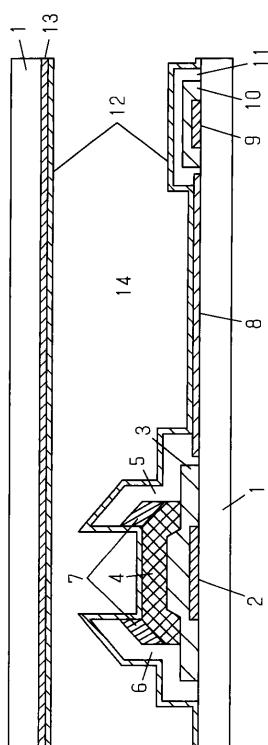
- 1 透明絶縁性基板
 2 ゲート電極
 3 ゲート絶縁膜
 4 有機薄膜(活性半導体層)
 5 ドレイン電極
 6 ソース電極



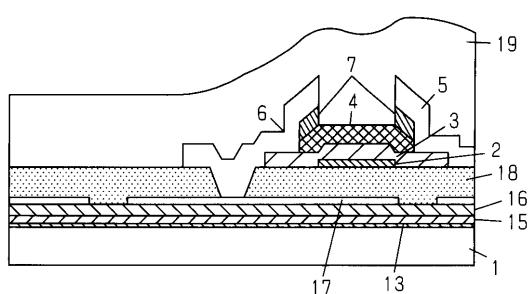
【図2】



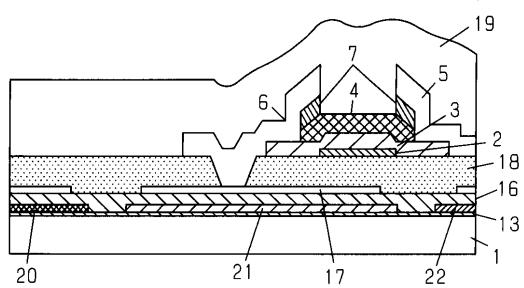
【図3】



【図4】



【図5】



フロントページの続き

(72)発明者 杉浦 久則

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

(72)発明者 西山 和廣

大阪府門真市大字門真1006番地 松下電器産業株式会社内

審査官 和瀬田 芳正

(56)参考文献 特開平07-166159(JP,A)

特開平02-216791(JP,A)

特開平05-114487(JP,A)

特開平08-031574(JP,A)

特開平05-311161(JP,A)

特開平04-328295(JP,A)

特開平04-069971(JP,A)

特開平07-022670(JP,A)

特開平08-018125(JP,A)

特開昭59-068975(JP,A)

特開昭58-012370(JP,A)

特開平07-206599(JP,A)

(58)調査した分野(Int.Cl., DB名)

H01L 29/786

H01L 51/05

H01L 51/30