

(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2005-327793

(P2005-327793A)

(43) 公開日 平成17年11月24日(2005.11.24)

(51) Int.Cl.⁷

HO1L 29/786
HO1L 21/28
HO1L 21/336
HO1L 29/417
HO1L 51/00

F1

HO1L 29/78 616U
HO1L 21/28 301B
HO1L 29/78 618B
HO1L 29/78 616V
HO1L 29/78 617U

テーマコード(参考)

4M104
5F110

審査請求 未請求 請求項の数 17 O.L. (全 15 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号
(22) 出願日特願2004-142320 (P2004-142320)
平成16年5月12日 (2004.5.12)

(71) 出願人 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 100115107
弁理士 高松 猛
(74) 代理人 100108589
弁理士 市川 利光
(72) 発明者 八浪 龍一
福岡県福岡市博多区美野島4丁目1番62
号 パナソニックコミュニケーションズ株
式会社内
(72) 発明者 坂上 恵
福岡県福岡市博多区美野島4丁目1番62
号 パナソニックコミュニケーションズ株
式会社内

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】有機電界効果トランジスタおよびその製造方法

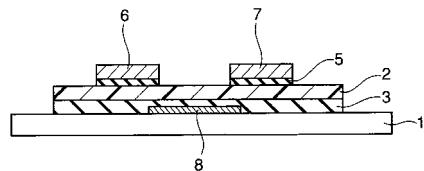
(57) 【要約】

【課題】有機電界効果トランジスタの特性の安定化をはかるとともに長寿命化をはかる。

【解決手段】

本発明の有機電界効果トランジスタは、有機半導体材料からなる有機半導体膜2にゲート絶縁膜3を介して設けられたゲート電極8と、前記ゲート電極8をはさんで前記有機半導体膜に当接するように設けられたソース電極6およびドレイン電極7とを備えた有機電界効果トランジスタにおいて、前記ソース電極6および前記ドレイン電極7の少なくとも1方が、無機物からなるバッファ層4、5を介して前記有機半導体膜2と当接していることを特徴とする。

【選択図】図1



【特許請求の範囲】**【請求項 1】**

有機半導体材料からなる有機半導体膜にゲート絶縁膜を介して設けられたゲート電極と、前記有機半導体膜に当接するように設けられたソース電極およびドレイン電極とを備えた有機電界効果トランジスタにおいて、

前記ソース電極および前記ドレイン電極の少なくとも 1 方が、無機物からなるバッファ層を介して前記有機半導体膜と当接していることを特徴とする有機電界効果トランジスタ。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が酸化物を含む有機電界効果トランジスタ。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が遷移金属の酸化物を含む有機電界効果トランジスタ。

【請求項 4】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層がモリブデンまたはバナジウムの酸化物からなることを特徴とする有機電界効果トランジスタ。

【請求項 5】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が窒化物を含む有機電界効果トランジスタ。

20

【請求項 6】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が遷移金属の窒化物を含む有機電界効果トランジスタ。

【請求項 7】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が酸窒化物を含む有機電界効果トランジスタ。

【請求項 8】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が遷移金属の酸窒化物を含む有機電界効果トランジスタ。

30

【請求項 9】

請求項 1 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層が遷移金属を含む複合酸化物を含む有機電界効果トランジスタ。

【請求項 10】

請求項 1 乃至 9 のいずれかに記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記有機半導体層は、高分子層で構成される有機電界効果トランジスタ。

【請求項 11】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の有機電界効果トランジスタであって、

表面に前記ゲート電極が形成された基板を備え、

40

前記有機半導体層は、前記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜を介して形成され、

前記ソースおよびドレイン電極は、前記有機半導体層上に、前記バッファ層を介して形成された有機電界効果トランジスタ。

【請求項 12】

請求項 11 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記バッファ層は前記有機半導体層表面全体を覆うように形成された有機電界効果トランジスタ。

【請求項 13】

請求項 1 乃至 10 のいずれかに記載の有機電界効果トランジスタであって、

表面に前記ソース電極およびドレイン電極が形成された基板を備え、

50

前記有機半導体層は前記ソース電極およびドレイン電極を覆うように形成され、

前記ゲート電極は、前記有機半導体層上に前記ゲート絶縁膜を介して形成された有機電界効果トランジスタ。

【請求項 14】

請求項 13 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記ゲート絶縁膜は、前記有機半導体層全体を覆うように形成されており、ソース・ドレイン電極下で他の領域よりも薄くなるように構成される有機電界効果トランジスタ。

【請求項 15】

請求項 14 に記載の有機電界効果トランジスタであって、

前記ゲート絶縁膜は、2層膜で構成され、前記ゲート電極下では1層膜で構成される有機電界効果トランジスタ。

10

【請求項 16】

ゲート絶縁膜を形成する工程と、

ゲート電極を形成する工程と、

有機半導体層を形成する工程と、

ソース・ドレイン電極を形成する工程とを含む有機電界効果トランジスタの製造方法であって、

前記ソース・ドレイン電極と前記有機半導体層との界面にバッファ層を形成する工程を含む有機電界効果トランジスタの製造方法。

【請求項 17】

請求項 16 に記載の有機電界効果トランジスタの製造方法であって、

20

前記バッファ層を形成する工程は、

前記有機半導体層上に前記有機半導体層表面全体を覆うようにバッファ層を形成する工程である有機電界効果トランジスタの製造方法。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機電界効果トランジスタおよびその製造方法に係り、特に有機半導体材料をチャネルに用いた長寿命の有機電界効果トランジスタに関するものである。

【背景技術】

【0002】

有機半導体を用いた有機電界効果トランジスタは、現在用いられているシリコンを中心とする無機系材料からなるトランジスタ、例えば液晶ディスプレイにおいて液晶のスイッチング制御を行うために用いられているアモルファスシリコン薄膜トランジスタに代るデバイスとして研究が進められており、近年はアモルファスシリコン薄膜トランジスタに比肩し得る性能を持ったデバイスの提案も行われている。

30

【0003】

有機電界効果トランジスタは、現在一般的なシリコン半導体をベースとする電界効果トランジスタ（以下、無機電界効果トランジスタとする）と比較していくつかの特徴を持っている。

【0004】

例えば、有機電界効果トランジスタは、比較的柔軟な材料を用いることができるため、折曲げ可能な回路の作製が期待されフレキシブルディスプレイなどの用途に有望である。

40

【0005】

また、真空工程を必要とすることなく、印刷法等で素子形成が可能であること等、無機電界効果トランジスタに比較して温和なプロセスで作製することができ、製造設備のための投資が少なくなる可能性もある。その他にも、軽量であることなど、無機電界効果トランジスタには無い優れた特徴を持っている。

【0006】

このような優れた特徴を持つ有機電界効果トランジスタについて、活発な検討が行われている。例えば、ゲート絶縁層を金属酸化物や窒化物により形成することで、ゲート電圧

50

の低減及びリーク電流の低減を図るようにした構成が提案されている（特許文献1参照）。

【0007】

また、p型の第1有機材料層とこれに接触せしめられたn型の第2有機材料層とからなる有機半導体膜をチャネル部として設け、ソース・ドレイン間電流のON/OFF比を改善するようにした構成が提案されている（特許文献2参照）。

【0008】

【特許文献1】特開平8-228034

【特許文献2】特開2003-303970

【発明の開示】

10

【発明が解決しようとする課題】

【0009】

しかしながら、上記有機電界効果トランジスタにおいても、ソース・ドレイン間電流のON/OFF比やゲート絶縁膜の改善は得られるものの、実用化の条件である特性の安定性が、十分でないという問題があった。

【0010】

有機電界効果トランジスタの特性の不安定化を招く原因として、通電による材料そのものの分解や変質、有機半導体層と電極との界面剥離などの状態変化、外部から進入する水分や酸素による劣化などいろいろな要因が考えられるが詳細は未だ明らかではない。

【0011】

電界効果トランジスタの代表的な特性として、ゲート電圧に対するソース・ドレイン間電流（以下、FET特性と記載する）及びゲート電圧がOFF電圧時と、一定電圧を印加したON電圧時とのソース・ドレイン間電流比（以下、ON/OFF比と記載する）を挙げることができる。

20

【0012】

ところが、素子特性が不安定であると、このFET特性やON/OFF比は、素子作製直後から徐々に変化し、一般的には通電時間と電力の積に比例して徐々に劣化する。また、雰囲気中の酸素や水分によって、通電しなくとも徐々に素子特性が劣化することもある。

【0013】

従って、このような素子特性の劣化は有機電界効果トランジスタを実用化する上で大きな問題となり、改善が望まれている。

30

【0014】

本発明は、前記実情に鑑みてなされたものであって、素子特性の安定化を図り長寿命の有機電界効果トランジスタを提供することを目的とする。

【課題を解決するための手段】

【0015】

本発明の有機電界効果トランジスタは、有機半導体材料からなる有機半導体膜にゲート絶縁膜を介して設けられたゲート電極と、前記有機半導体膜に当接するように設けられたソース電極およびドレイン電極とを備えた有機電界効果トランジスタにおいて、前記ソース電極および前記ドレイン電極の少なくとも1方が、無機物からなるバッファ層を介して前記有機半導体膜と当接していることを特徴とする。

40

【0016】

理由は明らかではないが、上記構成によれば、バッファ層を介在させているため、素子特性の安定化および信頼性の向上をはかることができた。これはあくまで推測に過ぎないが以下のようない理由によるものと考えられる。すなわち、電荷の授受によりソースおよびドレイン電極は有機半導体層との界面で酸化還元を繰り返すことになり、劣化を生じ易かったのに対し、無機物からなるバッファ層が電極と有機半導体層との界面に介在しているこの構成では、バッファ層の存在により密着性が向上するとともに電極が劣化しにくくなり、素子作製後の特性変化が少なく安定かつ長寿命の有機電界効果トランジスタを実現す

50

することができるものと考えられる。有機半導体は還元に弱いという特徴がある点に着目し、有機半導体が還元されにくく、無機物からなるバッファ層を有機半導体層と電極との間に介在させたところ、劣化の進行を大幅に抑制することができた。これは、安定な無機物（例えば窒化物）あるいは酸素リッチな無機物（例えば酸化物）を電極と有機半導体との間に介在させることによって有機半導体が還元されにくく状態となることも一つの理由と考えられる。これは、還元反応の生じ易い、電子の供給側電極、あるいはホールの流出側電極であるドレイン電極側で特に、有効であることもわかった。

また、バッファ層の存在によりキャリアの集中を防止することができ、劣化を防止することができるものと考えられる。

さらにまた、電極として白金や金などを用いた場合には、有機半導体層に対して触媒として作用し、有機半導体層の反応を促進し、劣化を生じることがあるが、バッファ層を介在させることにより、界面の劣化を防止することができるものとも考えられる。

【0017】

また、本発明の有機電界効果トランジスタは、バッファ層が、酸化物を含むものを含む。

有機半導体は酸化には強いが還元には弱いという特性をもつが、酸化物を介して電極に接続されているため、有機半導体膜は還元されにくく、より長寿命化をはかることができる。

【0018】

また、本発明の有機電界効果トランジスタは、バッファ層が、遷移金属の酸化物を含むものを含む。

【0019】

また、本発明の有機電界効果トランジスタは、バッファ層が、モリブデンまたはバナジウムの酸化物を含むものを含む。

【0020】

このように特に、バッファ層は、モリブデン、バナジウムなどをはじめとする遷移金属の酸化物や窒化物の中から選択して使用することができる。

例えば遷移金属の化合物は、複数の酸化数をとるため、これにより、複数の電位レベルをとることができ、有機半導体層に形成されるチャネルへのキャリアの注入が容易となり、駆動電圧を低減することができるものと考えられる。

【0021】

また、本発明の有機電界効果トランジスタでは、バッファ層が、窒化物を含むものを含む。

窒化物は安定であり、酸化防止機能をもつため、密着性の向上効果に加え、電極金属を酸化することなく安定に維持することができ、その結果有機半導体が劣化することもない。

【0022】

また、本発明の有機電界効果トランジスタでは、バッファ層が、遷移金属の窒化物を含むものを含む。

【0023】

また、窒化物には非常に多くの種類があり、その多くが機能材料として活用されている。主にスパッタリングやCVD法によって成膜を行うことができる。半導体として用いられるものから、非常に絶縁性の高いものまでさまざまな化合物が知られているが、種々の実験の結果、絶縁性の高い化合物については成膜の際にその膜厚をおおむね5 nm付近以下にすることでキャリア注入が可能になることがわかった。具体的な化合物として以下のものを挙げることができ、好ましくは窒化チタン（TiN）である。TiNは非常に堅牢な材料として知られており、熱に対して安定である。

【0024】

この他、窒化ガリウム（GaN）、窒化インジウム（InN）、窒化アルミニウム（AlN）、窒化ホウ素（BN）、窒化珪素（SiN）、窒化マグネシウム（MgN）、窒化モリブデン（MoN）

10

20

30

40

50

）、窒化カルシウム（CaN）、窒化ニオブ（NbN）、窒化タンタル（Ta_N）、窒化バナジウム（VN）、窒化亜鉛（ZnN）、窒化ジルコニウム（ZrN）、窒化鉄（FeN）、窒化銅（CuN）、窒化バリウム（BaN）、窒化ランタン（LaN）、窒化クロム（CrN）、窒化イットリウム（YN）、窒化リチウム（LiN）、窒化チタン（TiN）、及びこれらの複合窒化物等も適用可能である。

【0025】

また、本発明の有機電界効果トランジスタでは、バッファ層が、酸窒化物を含むものを含む。

酸窒化物は、耐酸素性が強く、緻密で信頼性の高い膜となるため、界面を安定に維持することができる。

【0026】

また、本発明の有機電界効果トランジスタは、バッファ層が、遷移金属の酸窒化物を含むものを含む。

例えば、ルテニウム（Ru）の酸窒化物結晶Ru₄Si₂O₇N₂等も極めて耐熱性（1500）が高く安定な物質であることから薄く成膜することにより、バッファ層として適用可能である。この場合はゾルゲル法で成膜した後、熱処理を行なうことにより成膜することができる。

【0027】

この他、バリウムサイアロン（BaSiAlON）、カルシウムサイアロン（CaSiAlON）、セリウムサイアロン（CeSiAlON）、リチウムサイアロン（LiSiAlON）、マグネシウムサイアロン（MgSiAlON）、スカンジウムサイアロン（ScSiAlON）、イットリウムサイアロン（YSiAlON）、エルビウムサイアロン（ErSiAlON）、ネオジムサイアロン（NdSiAlON）などのIA、IIA、IIIA族のサイアロン、または多元サイアロン等の酸窒化物が適用可能である。これらはCVD法、スパッタリング法などで形成可能である。この他、窒化珪素酸ランタン（LaSiON）、窒化珪素酸ランタンユーロピウム（LaEuSi₂O₂N₃）、酸窒化珪素（SiON₃）等も適用可能である。これらはおおむね絶縁体であることが多いため、膜厚は1nmから5nm程度と薄くする必要がある。またこれらの化合物はエキシトンの閉じ込め効果が大であり、電子注入を行なう側に形成してもよい。

【0028】

また、本発明の有機電界効果トランジスタは、バッファ層が、遷移金属の複合酸化物を含むものを含む。

理由は明らかではないが、遷移金属の複合酸化物をバッファ層に用いた場合、安定な特性をもつことができる。

【0029】

また、複合酸化物には非常に多くの種類があり、そのうち多くのものが電子的に興味深い物性を持っている。具体的には以下のようない化合物を挙げることができるが、これらはあくまでその一例である。

【0030】

これらのいずれを用いることでも本発明を実施することができるが、好ましくはたとえばチタン酸バリウム（BaTiO₃）を挙げることができる。BaTiO₃は代表的な誘電体であって、高い絶縁性を持つ複合酸化物であるが、種々の実験を行なった結果から薄い膜で用いられる場合にはキャリア注入を行うことが可能であることがわかった。BaTiO₃やチタン酸ストロンチウム（SrTiO₃）は化合物として安定であり、かつ誘電率が非常に大きいので効率的なキャリア注入を行うことが可能である。成膜に際してはスパッタリング法、ゾルゲル法、CVD法など適宜選択可能である。

【0031】

例えば、チタン酸バリウム（BaTiO₃）、チタン酸ストロンチウム（SrTiO₃）の他、チタン酸カルシウム（CaTiO₃）、ニオブ酸カリウム（KNbO₃）、ビスマス酸化鉄（BiFeO₃）、ニオブ酸リチウム（LiNbO₃）、バナジウム酸ナトリウム（Na₃VO₄）、バナジウム酸鉄（FeVO₃）、チタン酸バナジウム（TiVO₃）、クロム酸バナジウム（CrVO₃）、バナジウム酸ニ

ツケル (NiVO_3)、バナジウム酸マグネシウム (MgVO_3)、バナジウム酸カルシウム (CaVO_3)、バナジウム酸ランタン (LaVO_3)、モリブデン酸バナジウム (VMoO_5)、モリブデン酸バナジウム (V_2MoO_8)、バナジウム酸リチウム (LiV_2O_5)、珪酸マグネシウム (Mg_2SiO_4)、珪酸マグネシウム (MgSiO_3)、チタン酸ジルコニア (ZrTiO_4)、チタン酸ストロンチウム (SrTiO_3)、マグネシウム酸鉛 (PbMgO_3)、ニオブ酸鉛 (PbNbO_3)、ホウ酸バリウム (BaB_2O_4)、クロム酸ランタン (LaCrO_3)、チタン酸リチウム (LiTi_2O_4)、銅酸ランタン (LaCuO_4)、チタン酸亜鉛 (ZnTiO_3)、タンゲステン酸カルシウム (CaWO_4) 等が可能となる。

【0032】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、前記有機半導体層が、高分子層で構成されるものを含む。10

この構成により、有機半導体層を塗布法で形成することができるため、真空工程を経ることなく形成することができる。

【0033】

なお、上記化合物においては価数の異なる化合物も存在し易く、例示したもの以外にも価数の異なる化合物の形をとるものも含むものとする。

【0034】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、基板表面に形成されたゲート電極と、前記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜を介して形成された有機半導体層と、前記有機半導体層上に、バッファ層を介してソースおよびドレイン電極が形成される。20

バッファ層の存在により、ソースおよびドレイン電極の成膜時に有機半導体層が劣化するのを防止することができる。

【0035】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、前記バッファ層が前記有機半導体層表面全体を覆うように形成される。

この構成により、バッファ層のパターニングが不要となる上、有機半導体層表面全体を覆っているため、水分の浸入経路を断つことが出来、信頼性の向上をはかることができる。30

【0036】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、基板表面に所定の間隔を隔てて形成されたソース・ドレイン電極と、前記ソース・ドレイン電極を覆うように形成された有機半導体層と、前記有機半導体層上にゲート絶縁膜を介して形成されたゲート電極とを含む。30

この構成により、ゲート絶縁膜を有機薄膜で形成するようにすれば、形成が極めて容易である。

【0037】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、前記ゲート絶縁膜は、前記有機半導体層全体を覆うように形成されており、ソース・ドレイン電極下で他の領域よりも薄くなるように構成される。

この構成により、ゲート絶縁膜によって有機半導体層が保護されるため、信頼性の向上を図ることができる。40

【0038】

また本発明の有機電界効果トランジスタは、前記ゲート絶縁膜が、2層膜で構成され、前記ゲート電極下では单層膜で構成されるものを含む。

この構成により、ゲート電極下では薄く形成され、他では2層膜で構成されているため、駆動電圧を上昇することなく、ゲート絶縁膜によって有機半導体層を保護することができ、信頼性の向上を図ることができる。

【0039】

また本発明の有機電界効果トランジスタの製造工程は、ゲート電極を形成する工程と、ゲート絶縁膜を形成する工程と、有機半導体層を形成する工程と、ソース・ドレイン電極を形成する工程とを含む有機電界効果トランジスタの製造方法であって、前記ソース・ド50

レイン電極と前記有機半導体層との界面にバッファ層を形成する工程を含む。

【0040】

この構成により、バッファ層の形成工程を付加するのみで容易に長寿命の有機電界効果トランジスタを形成することができる。

【0041】

また、本発明の有機電界効果トランジスタの製造方法は、前記バッファ層を形成する工程は、前記有機半導体層上に前記有機半導体層表面全体を覆うようにバッファ層を形成する工程である。

【0042】

この構成により、バッファ層の形成と同時に有機半導体表面を保護することができ、容易に素子特性を安定化させることができる。 10

【発明の効果】

【0043】

本発明は、ソース電極、ドレイン電極の少なくとも一方の電極が、無機材料からなるバッファ層を介して有機半導体膜と接するようにしているため、素子作製後の特性劣化を抑制することができ長寿命の有機電界効果トランジスタを提供することができるものである。

【発明を実施するための最良の形態】

【0044】

(実施の形態1)

本発明は、ソース電極およびドレイン電極の少なくとも一方の電極を無機材料からなるバッファ層を介して有機半導体材料からなる有機半導体膜に当接させるようにして、特性の安定化を図るものである。以下、図1を参照して説明する。 20

【0045】

図1は、この有機電界効果トランジスタの構成を示す図であり、基板1表面に形成された有機半導体膜2を介してゲート電極8とソース電極6、ドレイン電極7が相対向して形成されるスタック型構造をなすものであり、有機半導体膜2とソース電極6、ドレイン電極7との間にはソース側バッファ層4および、ドレイン側バッファ層5が形成されている。

【0046】

この構造により、特性の安定化を図ることができ、長寿命の有機電界効果トランジスタを得ることができた。 30

【0047】

なお、基板1としては、一般にガラスが用いられるが、有機材料の柔軟性を活かすためにプラスチックフィルム等の柔軟な素材を用いることも可能である。また、ポリエチレンテレフタレート、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエーテルスルファン、ポリフッ化ビニル、ポリプロピレン、ポリエチレン、ポリアクリレート、非晶質ポリオレフィン、フッ素系樹脂等の各種高分子材料、シリコンウエハー、ガリウム砒素、窒化ガリウムなどの化合物半導体基板等が用いられる。

【0048】

有機半導体膜としては、その組成において膨大な種類があり、また結晶状態であるか非結晶であるかなど使用形態によってもその特性が異なる場合があるが、いずれにおいてもゲート電圧の印加により、ソース・ドレイン間電流が変化するという電界効果トランジスタとしての動作は同様であり、有機半導体膜2としては、その限りにおいてどのような材料を用いてもかまわない。 40

【0049】

有機半導体膜2の代表的な材料として、メロシアニン色素系やフタロシアニン系やポルフィリン系の化合物群、ペンタセンのような連結された複数のベンゼン環を基本骨格としたいわゆる炭素縮合環化合物群及びその誘導体、チオフェン、ピロール、P E D O T (ポリエチレンジオキシチオフェン)等のヘテロ環化合物及びその重合体、ポリフェニレンビ

ニレン(PPV)やポリフルオレン(PF)などの共役系高分子化合物群を挙げることができるが、これらに限定されるものではない。

【0050】

有機半導体膜2はそのまま塗布することによって所望の導電型を得ることができるものもあるが、成膜後、有機半導体膜に、例えば、アクリル酸、アセトアミド、ジメチルアミノ基、シアノ基、カルボキシル基、ニトロ基などの官能基を有する材料や、ベンゾキノン誘導体、テトラシアノエチレンおよびテトラシアノキノジメタンやそれらの誘導体などのように電子を受容するアクセプターとなる材料や、たとえばアミノ基、トリフェニル基、アルキル基、水酸基、アルコキシ基、フェニル基などの官能基を有する材料、フェニレンジアミンなどの置換アミン類、アントラセン、ベンゾアントラセン、置換ベンゾアントラセン類、ピレン、置換ピレン、カルバゾールおよびその誘導体、テトラチアフルバレンとその誘導体などのように電子の供与体であるドナーとなるような材料を含有させ、いわゆるドーピング処理を施してもよい。

【0051】

なお、ドーピングとは電子受容性分子(アクセプター)または電子供与性分子(ドナー)をドーパントとしてこの有機半導体膜に導入することを意味する。従って、ドーピングが施された有機半導体膜は、前記の縮合多環芳香族化合物とドーパントを含有する膜である。本発明に用いるドーパントとしては、アクセプター、ドナーのいずれも使用可能である。このアクセプターとしてCl₂、Br₂、I₂、ICl、ICl₃、IBr、IFなどのハロゲン、PF₅、AsF₅、SbF₅、BF₃、BCl₃、BBr₃、SO₃などのルイス酸、HF、HCl、HNO₃、H₂SO₄、HClO₄、FSO₃H、ClSO₃H、CF₃SO₃Hなどのプロトン酸、酢酸、蟻酸、アミノ酸などの有機酸、FeCl₃、FeOCl、TiCl₄、ZrCl₄、HfCl₄、NbF₅、NbCl₅、TaCl₅、MoCl₅、WF₅、WC₁₆、UF₆、LnCl₃(Ln=La、Ce、Nd、Pr、などのランタノイドとY)などの遷移金属化合物、Cl⁻、Br⁻、I⁻、ClO₄⁻、PF₆⁻、AsF₅⁻、SbF₆⁻、BF₄⁻、スルホン酸アニオンなどの電解質アニオンなどを挙げることができる。またドナーとしては、Li、Na、K、Rb、Csなどのアルカリ金属、Ca、Sr、Baなどのアルカリ土類金属、Y、La、Ce、Pr、Nd、Sm、Eu、Gd、Tb、Dy、Ho、Er、Ybなどの希土類金属、アンモニウムイオン、R₄P⁺、R₄As⁺、R₃S⁺、アセチルコリンなどをあげることができる。

【0052】

これらのドーパントの導入方法としては、予め有機半導体膜を成膜しておき、ドーパントを後で導入する方法、有機半導体膜の成膜時にドーパントを導入する方法のいずれも使用可能である。前者の方法のドーピングとして、ガス状態のドーパントを用いる気相ドーピング、溶液あるいは液体のドーパントを該薄膜に接触させてドーピングする液相ドーピング、固体の状態のドーパントを該薄膜に接触させてドーパントを拡散ドーピングする固相ドーピングの方法をあげることができる。また液相ドーピングにおいては電解を施すことによってドーピング効率を調整し、ドーパント濃度を調整することができる。後者の方法では、有機半導体化合物とドーパントの混合溶液あるいは分散液を同時に塗布、乾燥してもよい。たとえば真空蒸着法を用いる場合、有機半導体化合物とともにドーパントを共蒸着することによりドーパントを導入することができる。またスパッタリング法で薄膜を成膜する場合、有機半導体化合物とドーパントの二元ターゲットを用いてスパッタリングして薄膜中にドーパントを導入させることができる。

【0053】

これら有機半導体膜の成膜方法としては、真空蒸着法、分子線エピタキシャル成長法、イオンクラスター・ビーム法、低エネルギーイオンビーム法、イオンプレーティング法、CVD法、スパッタリング法、プラズマ重合法、電解重合法、化学重合法、スプレーコート法、スピニコート法、ブレードコート法、ディップコート法、キャスト法、ロールコート法、バーコート法、ダイコート法、インクジェット法およびLB法等が挙げられ、材料に応じて使用できる。ただし、この中で生産性の点で、有機半導体の溶液をもちいて簡単か

10

20

30

40

50

つ精密に薄膜が形成できるスピンコート法、ブレードコート法、デイップコート法、ロールコート法、バーコート法、ダイコート法等が好ましい。これら有機半導体からなる薄膜の膜厚としては、特に制限はないが、得られたトランジスタの特性は、有機半導体膜の膜厚に大きく左右される場合が多く、その膜厚は、有機半導体の種類により異なるが、一般に $1 \mu m$ 以下、特に $10 \sim 300 nm$ が好ましい。

【0054】

ゲート絶縁膜3としては、高い絶縁性と絶縁破壊耐性が要求される。有機半導体膜2に強い電界をかけるためにはゲート絶縁膜3は極力薄いほうがよいが、余り薄くすると印加されるゲート電圧によって破壊されてしまうので、用いる材料は誘電率等の特性を考慮して選択する必要がある。

10

【0055】

このようなゲート絶縁膜3として、ポリビニルフェノール、ポリパラキシリレンやその誘導体、ポリイミドやその誘導体、ポリアクリロニトリル、ポリメタクリル酸メチル、ポリスチレン、ポリフェノール誘導体、ポリ尿素、ポリエチレン、ポリプロピレン、ポリ塩化ビニル、ポリ塩化ビニリデン、ポリフッ化ビニル、ポリフッ化ビニリデン、アセチルセルロースやその誘導体等のポリマー薄膜、アルミニウムなどの金属酸化物薄膜、酸化シリコンなどの無機酸化物薄膜、窒化リコン等の無機窒化物薄膜、あるいはこれらの積層構造などが用いられ、スピンコートにより形成する湿式法、有機薄膜を真空蒸着で形成する乾式法、電解酸化による薄膜形成法、電解重合法、酸化シリコンやアルミニウムの薄膜をスパッタで形成する方法等を用いることができるが、これらに限定されるものではない。

20

【0056】

ソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5は、ソース電極6とドレイン電極7とが、有機半導体膜2と直接接触しないように設けられると共に、有機半導体膜2を通過して流れる電流が全てソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5を通過するように構成される。

【0057】

このようなソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5の材料としては、モリブデン、クロム、タンゲステン、バナジウム、ニオブ、タンタル、チタン、ジルコニウム、ハフニウム、スカンジウム、イットリウム、ランタンからルテチウムまでのいわゆる希土類元素、トリウム、マンガン、鉄、ルテニウム、オスミウム、コバルト、ニッケル、銅、亜鉛、カドミウム、アルミニウム、ガリウム、インジウム、シリコン、ゲルマニウム、錫、鉛、アンチモン、ビスマスなどの酸化物や窒化物、さらにこれら相互の、及びこれらとアルカリ及びアルカリ土類金属との複合酸化物、窒化物を挙げることができる。

30

【0058】

そして、これらの材料を、抵抗加熱方式による真空蒸着法、電子ビーム蒸着、スパッタリング、CVD、PVDなど一般的な薄膜作成法を用いてソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5の薄膜を形成することができる。

【0059】

その際の膜厚は、使用する材料によって適宜最適な値が選択されるべきものである。一般的には、 $1 nm \sim 1 \mu m$ の範囲が好ましい。例えば、モリブデン酸化物の場合は $3 nm \sim 100 nm$ の範囲が好ましい。

40

【0060】

なお、ソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5の膜厚は、余り薄いと均一な薄膜を得ることが困難になり、逆に厚いと電気抵抗が大きくなり駆動電圧の上昇を招いたり、膜の均一性が低下するなどするため望ましくない。

【0061】

また、ソース側バッファ層4とドレイン側バッファ層5との材料や膜厚は、共に同じ材質、膜厚であることは要件とされず、異なる材質や異なる膜厚であってよい。これらは、有機電界効果トランジスタに期待される動作、即ち印加される電圧や電力、交流駆動か直流駆動か等々の条件によって適宜決定される。

50

【0062】

ソース電極6、ドレイン電極7、ゲート電極8としては、PEDOT等の有機導電性膜の他、一般的に金属等の導電性の薄膜が用いられ、例えば金、銅、アルミニウム、白金、クロム、パラジウム、インジウム、ニッケル、マグネシウム、銀、ガリウム等の金属やこれらの合金、スズ・インジウム酸化物、ポリシリコン、アモルファスシリコン、スズ酸化物、酸化インジウム、酸化チタン等の酸化物半導体、ガリウム砒素、窒化ガリウム等の化合物半導体等が適用可能である。

【0063】

なお、ソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5に用いられる材料によっては、ソース電極6及びドレイン電極7とソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5との間に大きなショットキー障壁等の障壁が形成される場合がある。ショットキー障壁は、有機電界効果トランジスタを駆動する際に無用な駆動電圧上昇を招いたり、整流作用をするなど、本来の有機電界効果トランジスタの動作を妨げるものであり、小さくなるように考慮する必要がある。

【0064】

従って、ソース電極6及びドレイン電極7の材料は、ソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5との間にかかる障壁が生じないように選択するのが望ましい。

【0065】

なお、ゲート電極8は、ゲート絶縁膜3で絶縁され、かつ、基本的にゲート電極からキャリアが出入りすることはないので、かかる障壁を考慮する必要はないが、ゲート電極8と有機半導体膜2との仕事関数の差が閾値電圧に反映されるので、当該閾値電圧が仕事関数の差に近い場合には、ゲート電極8の材料を選択する必要がある。

【実施例1】

【0066】

次に、本発明の実施例1について説明する。先ず、基板1にガラスを用い、これを0.27 mPa ($= 2 \times 10^{-6}$ Torr) 以下の真空度まで減圧した抵抗加熱蒸着装置内でアルミニウム(A1)を約500 nmの膜厚で成膜し、フォトリソグラフィによりパターニングしてゲート電極8を形成した(図2(a))。

【0067】

そして、その上からポリイミド膜を成膜してゲート絶縁膜3を形成し(図2(b))、ポリフェニレンビニレンをスピンドルコートし、適宜熱処理等を行ってポリフェニレンビニレンの有機半導体膜2を成膜した(図2(c))。

【0068】

次に、試料を2つに分け、一方の試料にはソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5を設け(以下、実施試料という)、他方はこれらを設けなかった(以下、比較試料という)。

【0069】

実施試料には、図2(d)に示すようにソース側バッファ層4及びドレイン側バッファ層5として、モリブデン酸化物層Mを20 nm真空蒸着して成膜し、その後金層Mを真空蒸着して成膜した。一方、比較試料は、モリブデン酸化物を成膜せずに、直ちに金層Mを真空蒸着して成膜した。

【0070】

いずれの場合においても、金層Mを真空蒸着する際に適切なマスクを用いて図1に示したようなソース電極6及びドレイン電極7を形成した。

【0071】

このようにして作成した実施試料と比較試料との有機電界効果トランジスタを連続動作させ、その特性劣化を評価した。図3は、これらの評価結果を示す図である。ここでは、ゲート電圧及びソース・ドレイン間電圧を固定して、そのときに流れるソース・ドレイン間電流を時間に対して測定した結果を示す図である。曲線aは、実施試料のソース・ドレイン間電流を示し、曲線bは比較試料のソース・ドレイン間電流を示して、各ソース・ド

10

20

30

40

50

レイン間電流は最大値で規格化して示している。

【0072】

この図から分かるように、ソース側バッファ層4及びドレン側バッファ層5を設けた実施試料では、初期動作後はソース・ドレン間電流が安定しているが、比較試料では時間の経過と共に減少していることがわかる。即ち、比較試料は特性の安定性が認められないが、実施試料では安定性が確認できる。

【0073】

このような効果に対するメカニズムは、現在のところ明確でないが、少なくともソース側バッファ層やドレン側バッファ層を設けることにより有機電界効果トランジスタの特性が安定化して寿命を長くすることが可能になることがわかる。

【0074】

(実施の形態2)

次に本発明の実施の形態2について説明する。前記実施の形態1ではソース側バッファ層4および、ドレン側バッファ層5はソース電極6、ドレン電極7と同一のパターン形状をなすようにパターニングして用いられたが、本実施の形態では、図4に示すように、ソース側バッファ層14および、ドレン側バッファ層15は有機半導体膜12の表面全体を覆うように形成されたバッファ層14Sとして一体的に形成されたことを特徴とする。作用としては実施の形態1と同様にソースおよびドレン電極16、17と有機半導体膜12との間でバッファ効果を得ることができるものであるが、このバッファ層14Sは有機半導体膜12表面全体を覆っているため、水分や熱によって劣化を生じ易い有機半導体膜への空気の接触を断つことができ、有機半導体膜の劣化を防ぐことができる。

また、製造工数の増大を招くこともないため、製造も容易である。なお必要に応じて、ソース・ドレン電極16、17の形成された基板表面全体をパッシベーション膜で被覆することにより、より信頼性の向上を図ることができる。

【0075】

(実施の形態3)

次に本発明の実施の形態3について説明する。前記実施の形態1および2ではゲート電極が基板側に形成されたが、本実施の形態では、ソース・ドレン電極26、27を基板側に形成したことを特徴とする。

この例では、図5に示すように、シリコン基板21表面に形成された多結晶シリコン層とタンゲステンシリサイドからなるポリサイド構造のソース・ドレン電極26、27にそれぞれソース側バッファ層24および、ドレン側バッファ層25として膜厚1nm程度の窒化チタン(TiN)層を形成する。そしてこの上層にPPVからなる有機半導体膜22を形成し、更にこの上層に酸化シリコン膜23aと窒化シリコン23bとの2層膜からなるゲート絶縁膜23を形成すると共に、その一部の窒化シリコン23bを除去し、多結晶シリコンからなるゲート電極28を形成したものである。この構造によれば有機半導体膜22上は2層構造のゲート絶縁膜で被覆されているため、耐水性も高く、有機半導体膜の酸化を防止することができる。

【0076】

(実施の形態4)

次に本発明の実施の形態4について説明する。本実施の形態でも実施の形態3と同様、ソース・ドレン電極6、7を基板側に形成しているが、ゲート絶縁膜33をポリイミド膜で形成しこの上にゲート電極38を形成した後、ポリイミド膜からなるパッシベーション膜39を形成したことを特徴とする。

この例では、図6に示すように、ポリイミドフィルムからなる可撓性の基板31表面に形成されたPEDOTからなるソース・ドレン電極36、37にそれぞれソース側バッファ層34および、ドレン側バッファ層35として膜厚1nm程度の酸化モリブデン(MoO₃)層を形成する。そしてこの上層にA1qからなる有機半導体膜32を形成し、更にこの上層に酸化シリコン膜33からなるゲート絶縁膜33を形成する。そしてPEDOTからなるゲート電極38を形成し、更にこの上層をスピンドルコート法によって形成したポリイミ

10

20

30

40

50

ド膜からなるパッシベーション膜39で被覆したものである。

この例では有機半導体膜32上はゲート絶縁膜33とパッシベーション膜39で被覆されているため、耐水性も高く、有機半導体膜の酸化を防止することができる。

【0077】

この構造により、特性の安定化を図ることができ、長寿命の有機電界効果トランジスタを得ることができた。

【産業上の利用可能性】

【0078】

本発明の有機電界効果トランジスタは、素子特性が安定化して長い寿命が要求される液晶ディスプレイや有機ELディスプレイパネル等や、フレキシブルディスプレイなどにおいてスイッチング素子として用いられる電界効果トランジスタあるいは、次世代の電子デバイスや等に有用である。

【図面の簡単な説明】

【0079】

【図1】本発明の実施の形態1における有機電界効果トランジスタを示す図である。

【図2】本発明の実施例1における有機電界効果トランジスタの製造工程図である。

【図3】本発明の実施例1における有機電界効果トランジスタの連続駆動時の特性変化を示す図である。

【図4】本発明の実施の形態2における有機電界効果トランジスタを示す図である。

【図5】本発明の実施の形態3における有機電界効果トランジスタを示す図である。

【図6】本発明の実施の形態4における有機電界効果トランジスタを示す図である。

【符号の説明】

【0080】

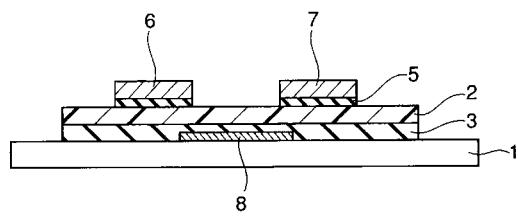
- 1 基板
- 2 有機半導体膜
- 3 ゲート絶縁膜
- 4 ソース側バッファ層
- 5 ドレイン側バッファ層
- 6 ソース電極
- 7 ドレイン電極
- 8 ゲート電極

10

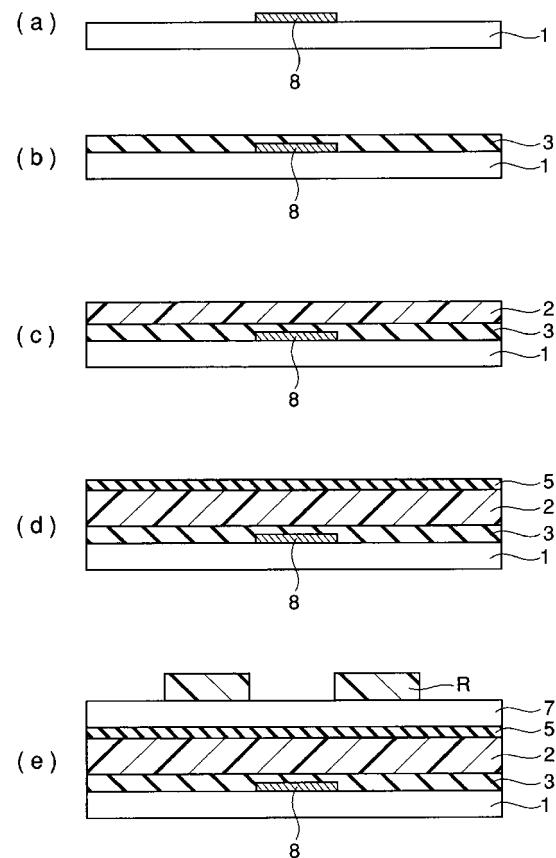
20

30

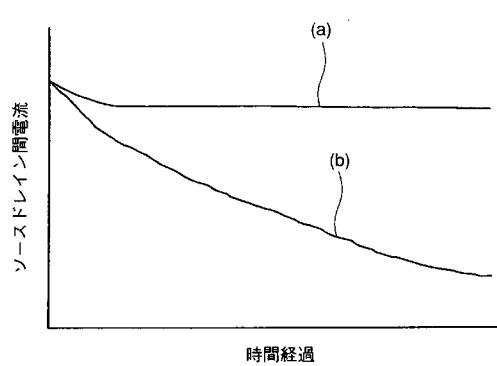
【図1】



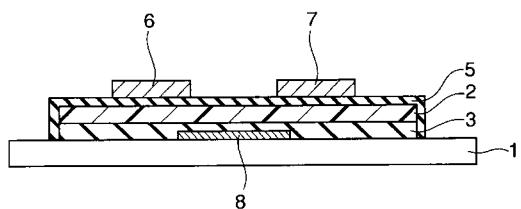
【図2】



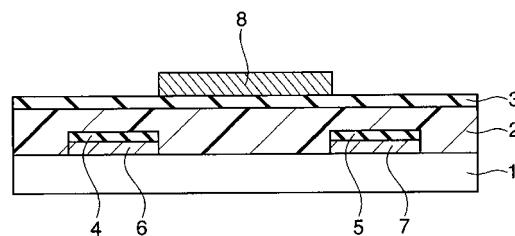
【図3】



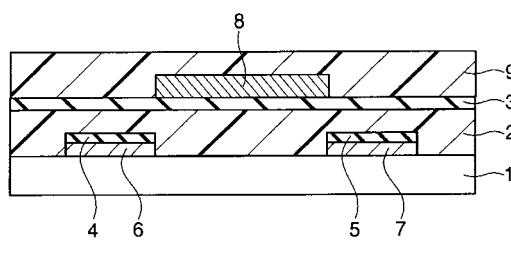
【図4】



【図5】



【図6】



フロントページの続き

(51) Int.Cl.⁷

F I

テーマコード(参考)

H 01 L 29/78 6 1 7 S

H 01 L 29/28

H 01 L 29/50 M

F ターム(参考) 4M104 AA09 BB01 BB02 BB04 BB05 BB06 BB07 BB08 BB09 BB13
BB29 BB30 BB31 BB32 BB36 CC01 FF13 GG09 GG10 GG14
5F110 AA14 BB01 CC05 CC07 DD01 DD02 DD05 EE01 EE02 EE03
EE04 EE06 EE07 EE08 EE09 EE43 FF01 FF02 FF03 FF09
FF22 FF27 FF28 GG05 GG25 GG42 GG43 GG44 GG51 HK01
HK02 HK03 HK04 HK05 HK06 HK07 HK09 HK11 HK14 HK16
HK21 HK22 HK32 HK33 HK34 NN02 NN27 NN36 QQ06