

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 特 許 公 報(B2)

(11) 特許番号

特許第4696520号
(P4696520)

(45) 発行日 平成23年6月8日(2011.6.8)

(24) 登録日 平成23年3月11日(2011.3.11)

(51) Int.Cl.

F I

H O 1 L 29/786 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 8 B

H O 1 L 21/336 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 S

H O 1 L 21/288 (2006.01)

H O 1 L 29/78 6 1 7 T

H O 1 L 51/05 (2006.01)

H O 1 L 21/288 Z

H O 1 L 51/30 (2006.01)

H O 1 L 29/28 1 0 0 A

請求項の数 12 (全 33 頁) 最終頁に続く

(21) 出願番号 特願2004-292388 (P2004-292388)
 (22) 出願日 平成16年10月5日(2004.10.5)
 (65) 公開番号 特開2006-108354 (P2006-108354A)
 (43) 公開日 平成18年4月20日(2006.4.20)
 審査請求日 平成19年8月9日(2007.8.9)

(73) 特許権者 000002185
 ソニー株式会社
 東京都港区港南1丁目7番1号
 (74) 代理人 100094363
 弁理士 山本 孝久
 (72) 発明者 石岡 裕輝
 東京都港区赤坂8丁目5番26号 赤坂D
 Sビル 株式会社メイテック内
 (72) 発明者 近藤 眞一郎
 東京都品川区北品川6丁目7番35号 ソ
 ニー株式会社内
 審査官 小出 輝

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 電界効果型トランジスタ及びその製造方法

(57) 【特許請求の範囲】

【請求項1】

(A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、
 (B) 該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該支持体の部分の上に形成されたチャンネル形成領域、
 (C) 該ソース/ドレイン電極の上、及び、該チャンネル形成領域の上に形成されたゲート絶縁層、並びに、
 (D) 該ゲート絶縁層の上に、該チャンネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、から成る電界効果型トランジスタであって、
 少なくとも、該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該支持体の部分と該チャンネル形成領域との間には、下地層が形成されており、
 該下地層は、電氣的絶縁材料から成る下地層構成微粒子が略規則性をもって配列されて成り、
 該チャンネル形成領域は、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、
 該下地層の微粒子配列状態に基づき、該チャンネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列されていることを特徴とする電界効果型トランジスタ。

【請求項2】

(A) 支持体の上に形成されたゲート電極、

10

20

(B) 該ゲート電極の上及び該支持体の上に形成されたゲート絶縁層、
(C) 該ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、
(D) 該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該ゲート絶縁層の部分の上に、該ゲート電極と対向して形成されたチャンネル形成領域、
から成る電界効果型トランジスタであって、

該ゲート絶縁層は、電気的絶縁材料から成るゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列された微粒子層を備え、

該チャンネル形成領域は、該微粒子層上に形成されており、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

10

該微粒子層の微粒子配列状態に基づき、該チャンネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列されていることを特徴とする電界効果型トランジスタ。

【請求項 3】

前記有機半導体分子が末端に有する官能基が、前記チャンネル形成領域構成微粒子と化学的に結合していることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電界効果型トランジスタ。

【請求項 4】

前記チャンネル形成領域構成微粒子は、導体としての金、銀、白金、銅、アルミニウム、パラジウム、クロム、ニッケル、又は、鉄から成り、あるいは、これらの金属から構成された合金から成ることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電界効果型トランジスタ。

20

【請求項 5】

前記チャンネル形成領域構成微粒子は、半導体としての硫化カドミウム、セレン化カドミウム、テルル化カドミウム、ガリウム砒素、酸化チタン、又は、シリコンから成ることを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電界効果型トランジスタ。

【請求項 6】

前記有機半導体分子は、共役結合を有する有機半導体分子であって、分子の両端に、チオール基 ($-SH$)、アミノ基 ($-NH_2$)、イソシアノ基 ($-NC$)、シアノ基 ($-CN$)、チオアセチル基 ($-SCOCH_3$)、又は、カルボキシ基 ($-COOH$) を有することを特徴とする請求項 1 又は請求項 2 に記載の電界効果型トランジスタ。

30

【請求項 7】

(A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、
(B) 該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該支持体の部分の上に形成されたチャンネル形成領域、

(C) 該ソース/ドレイン電極の上、及び、該チャンネル形成領域の上に形成されたゲート絶縁層、並びに、

(D) 該ゲート絶縁層の上に、該チャンネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

少なくとも、該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該支持体の部分の上に、電気的絶縁材料から成る下地層構成微粒子が略規則性をもって配列された下地層を形成する工程と、

40

該下地層の上に、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有する該チャンネル形成領域を形成する工程、
を含み、

該下地層の微粒子配列状態に基づき、該チャンネル形成領域構成微粒子を略規則性をもって配列させることを特徴とする電界効果型トランジスタの製造方法。

【請求項 8】

(A) 支持体の上に形成されたゲート電極、

(B) 該ゲート電極の上及び該支持体の上に形成されたゲート絶縁層、

50

(C) 該ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、
(D) 該ソース/ドレイン電極と該ソース/ドレイン電極との間に位置する該ゲート絶縁層の部分の上に、該ゲート電極と対向して形成されたチャンネル形成領域、から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

電氣的絶縁材料から成るゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列された微粒子層を備えた該ゲート絶縁層を、該ゲート電極の上及び該支持体の上に形成する工程と、

該微粒子層の上に、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有する該チャンネル形成領域を形成する工程、

を含み、

10

該微粒子層の微粒子配列状態に基づき、該チャンネル形成領域構成微粒子を略規則性をもって配列させることを特徴とする電界効果型トランジスタの製造方法。

【請求項 9】

前記有機半導体分子を、その末端の官能基によって、前記チャンネル形成領域構成微粒子と化学的に結合させることを特徴とする請求項 7 又は請求項 8に記載の電界効果型トランジスタの製造方法。

【請求項 10】

前記チャンネル形成領域構成微粒子は、導体としての金、銀、白金、銅、アルミニウム、パラジウム、クロム、ニッケル、又は、鉄から成り、あるいは、これらの金属から構成された合金から成ることを特徴とする請求項 7 又は請求項 8に記載の電界効果型トランジスタの製造方法。

20

【請求項 11】

前記チャンネル形成領域構成微粒子は、半導体としての硫化カドミウム、セレン化カドミウム、テルル化カドミウム、ガリウム砒素、酸化チタン、又は、シリコンから成ることを特徴とする請求項 7 又は請求項 8に記載の電界効果型トランジスタの製造方法。

【請求項 12】

前記有機半導体分子は、共役結合を有する有機半導体分子であって、分子の両端に、チオール基(-SH)、アミノ基(-NH₂)、イソシアノ基(-NC)、シアノ基(-CN)、チオアセチル基(-SC(=O)CH₃)、又は、カルボキシ基(-COOH)を有することを特徴とする請求項 7 又は請求項 8に記載の電界効果型トランジスタの製造方法。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、電界効果型トランジスタ及びその製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

現在、多くの電子機器に用いられている薄膜トランジスタ(Thin Film Transistor, TFT)を含む電界効果型トランジスタ(FET)は、例えば、シリコン半導体基板あるいはシリコン半導体層に形成されたチャンネル形成領域及びソース/ドレイン領域、シリコン半導体基板表面あるいはシリコン半導体層表面に形成されたSiO₂から成るゲート絶縁層、並びに、ゲート絶縁層を介してチャンネル形成領域に対向して設けられたゲート電極から構成されている。あるいは又、支持体上に形成されたゲート電極、ゲート電極及び支持体上に形成されたゲート絶縁層、並びに、ゲート絶縁層上に形成されたチャンネル形成領域及びソース/ドレイン電極から構成されている。そして、これらの構造を有する電界効果型トランジスタの作製には、非常に高価な半導体製造装置が使用されており、製造コストの低減が強く要望されている。

40

【0003】

そこで、近年、スピコート法、印刷法、スプレー法に例示される真空技術を用いない方法に基づき製造が可能な有機半導体材料を用いたFETの研究、開発に注目が集まっている。

50

【 0 0 0 4 】

ところで、ディスプレイ装置をはじめとして、多くの電子機器に組み込まれることが要求されるが故に、F E Tには高速動作が要求される。例えば、映像信号を随時必要なデータに変換し、更に、オン/オフのスイッチング動作を高速で行うことができるF E Tが必要とされる。

【 0 0 0 5 】

然るに、有機半導体材料を用いた場合、例えばT F Tの特性指標である移動度は、典型的な値として $10^{-3} \sim 1 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ が得られているに過ぎない(例えば、C. D. Dimitrakopoulos, et al., Adv. Mater. (2002), 14, 99 参照)。この値は、アモルファスシリコンの移動度である cm^2 / Vs やポリシリコンの移動度であるおよそ $100 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ に比べて低く、ディスプレイ装置用T F Tで要求される移動度 $1 \sim 3 \text{ cm}^2 / \text{Vs}$ に達していない。従って、有機半導体材料を用いたF E Tにおいては、移動度の改善が大きな課題となっている。

10

【 0 0 0 6 】

有機半導体材料を用いたF E Tにおける移動度は、分子内の電荷移動及び分子間の電荷移動によって決定される。分子内の電荷移動は、単結合を挟んで隣接する多重結合の間で原子軌道が重なり合い、電子が非局在化して共役系を形成することによって可能となる。分子間の電荷の移動は、分子間の結合、ファン・デル・ワールス力による分子軌道の重なりによる伝導、あるいは又、分子間のトラップ準位を介してのホッピング伝導によって行われる。

20

【 0 0 0 7 】

この場合、分子内での移動度を μ_{intra} 、分子間の結合による移動度を μ_{inter} 、分子間のホッピング伝導による移動度を μ_{hop} とすると、以下の関係にある。有機半導体材料では、遅い分子間の電荷移動が全体としての移動度を制限しているため、電荷の移動度が小さい。

【 0 0 0 8 】

$$\mu_{\text{intra}} \quad \mu_{\text{inter}} > \mu_{\text{hop}}$$

【 0 0 0 9 】

【特許文献1】国際公開WO 2 0 0 4 / 0 0 6 3 3 7 A 1

【非特許文献1】C. D. Dimitrakopoulos, et al., Adv. Mater. (2002), 14, 99

30

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【 0 0 1 0 】

そこで、有機半導体材料を用いたF E Tにおける移動度を改善するために、種々の検討がなされている。

【 0 0 1 1 】

例えば、国際公開WO 2 0 0 4 / 0 0 6 3 3 7 A 1に開示された半導体装置においては、導体又は半導体から成る微粒子と、この微粒子と結合した有機半導体分子とによって導電路が形成され、この導電路の導電性が電界によって制御される。そして、このような構造を採用することで、導電路内の電荷移動が、有機半導体分子の主鎖に沿った分子の軸方向で支配的に起こり、分子の軸方向の移動度、例えば非局在化したp電子による高い分子内移動度を最大限に利用することが可能となる。その結果、単分子層トランジスタに匹敵する、今までにない高い移動度を実現することができる。

40

【 0 0 1 2 】

ところで、この国際公開WO 2 0 0 4 / 0 0 6 3 3 7 A 1に開示された半導体装置においては、チャネル形成領域を構成する導電路は、溶液を用いた簡便・低コストなプロセスで形成することが可能であるのに対して、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層の形成には高温プロセスあるいは高真空プロセスを必要とする。従って、半導体装置全体としての製造プロセスの簡素化、低コスト化を達成することが困難である。

【 0 0 1 3 】

50

また、導電路を構成する微粒子の配列に特段の規則性を付与していないため、微粒子間の距離にバラツキが生じ、微粒子と微粒子とが有機半導体分子によって結合されていない微粒子が存在し、導電路の数が十分に確保されない虞がある。

【 0 0 1 4 】

従って、本発明の第 1 の目的は、チャネル形成領域構成微粒子と、該チャネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャネル形成領域において、チャネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列され得る電界効果型トランジスタ及びその製造方法を提供することにある。また、本発明の第 2 の目的は、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全ての形成において、高温プロセスあるいは高真空プロセスを必要としない電界効果型トランジスタ及びその製造方法を提供することにある。

【課題を解決するための手段】

【 0 0 1 5 】

上記の第 1 の目的を達成するための本発明の第 1 の態様に係る電界効果型トランジスタは、

- (A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、
 - (B) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分の上に形成されたチャネル形成領域、
 - (C) 全面に形成されたゲート絶縁層、並びに、
 - (D) ゲート絶縁層の上に、チャネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、
- から成る電界効果型トランジスタであって、

少なくとも、ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分とチャネル形成領域との間には、下地層が形成されており、

下地層は、電氣的絶縁材料から成る下地層構成微粒子が略規則性をもって配列されて成り、

チャネル形成領域は、導体又は半導体から成るチャネル形成領域構成微粒子と、該チャネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

下地層の微粒子配列状態に基づき、チャネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列されていることを特徴とする。

【 0 0 1 6 】

上記の第 1 及び第 2 の目的を達成するための本発明の第 2 の態様に係る電界効果型トランジスタは、

- (A) 支持体の上に形成されたゲート電極、
 - (B) ゲート電極の上及び支持体の上に形成されたゲート絶縁層、
 - (C) ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、
 - (D) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置するゲート絶縁層の部分の上に、ゲート電極と対向して形成されたチャネル形成領域、
- から成る電界効果型トランジスタであって、

ゲート絶縁層は、電氣的絶縁材料から成るゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列された微粒子層を備え、

チャネル形成領域は、導体又は半導体から成るチャネル形成領域構成微粒子と、該チャネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

微粒子層の微粒子配列状態に基づき、チャネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列されていることを特徴とする。

【 0 0 1 7 】

上記の第 2 の目的を達成するための本発明の第 3 の態様に係る電界効果型トランジスタは、

- (A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、
- (B) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分の上に形成されたチャネル形成領域、

(C) ソース/ドレイン電極の上及びチャンネル形成領域の上に形成されたゲート絶縁層、並びに、

(D) ゲート絶縁層の上に、チャンネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、から成る電界効果型トランジスタであって、

チャンネル形成領域は、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

ソース/ドレイン電極は、チャンネル形成領域構成微粒子が溶融した層から構成されていることを特徴とする。

【0018】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第4の態様に係る電界効果型トランジスタは、

(A) 支持体の上に形成されたゲート電極、

(B) ゲート電極の上及び支持体の上に形成されたゲート絶縁層、

(C) ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、

(D) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置するゲート絶縁層の部分の上に、ゲート電極と対向して形成されたチャンネル形成領域、から成る電界効果型トランジスタであって、

チャンネル形成領域は、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

ソース/ドレイン電極は、チャンネル形成領域構成微粒子が溶融した層から構成されていることを特徴とする。

【0019】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第5の態様に係る電界効果型トランジスタは、

ゲート電極と、ゲート絶縁層と、ソース/ドレイン電極と、チャンネル形成領域とを備えた電界効果型トランジスタであって、

チャンネル形成領域は、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有し、

ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、微粒子から成ることを特徴とする。

【0020】

上記の第1の目的を達成するための本発明の第1の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法は、

(A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、

(B) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分の上に形成されたチャンネル形成領域、

(C) 全面に形成されたゲート絶縁層、並びに、

(D) ゲート絶縁層の上に、チャンネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

少なくとも、ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分の上に、電氣的絶縁材料から成る下地層構成微粒子が略規則性をもって配列された下地層を形成する工程と、

下地層の上に、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成する工程、

を含み、

下地層の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子を略規則性をもって配列させることを特徴とする。

【0021】

上記の第1及び第2の目的を達成するための本発明の第2の態様に係る電界効果型トラ

10

20

30

40

50

ンジスタの製造方法は、

- (A) 支持体の上に形成されたゲート電極、
 - (B) ゲート電極の上及び支持体の上に形成されたゲート絶縁層、
 - (C) ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、
 - (D) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置するゲート絶縁層の部分の上に、ゲート電極と対向して形成されたチャンネル形成領域、
- から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

電氣的絶縁材料から成るゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列された微粒子層を備えたゲート絶縁層を、ゲート電極の上及び支持体の上に形成する工程と、

微粒子層の上に、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成する工程、
を含み、

微粒子層の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子を略規則性をもって配列させることを特徴とする。

【0022】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第3の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法は、

- (A) 支持体の上に形成されたソース/ドレイン電極、
 - (B) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置する支持体の部分の上に形成されたチャンネル形成領域、
 - (C) ソース/ドレイン電極の上及びチャンネル形成領域の上に形成されたゲート絶縁層、並びに、
 - (D) ゲート絶縁層の上に、チャンネル形成領域と対向して形成されたゲート電極、
- から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

支持体の上に導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を形成した後、

ソース/ドレイン電極を形成すべき領域におけるチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を溶融することで、ソース/ドレイン電極を形成し、併せて、チャンネル形成領域構成微粒子から構成された層に有機半導体分子を接触させることで、チャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成する、
工程を含むことを特徴とする。

【0023】

上記の第2の目的を達成するための本発明の第4の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法は、

- (A) 支持体の上に形成されたゲート電極、
 - (B) ゲート電極の上及び支持体の上に形成されたゲート絶縁層、
 - (C) ゲート絶縁層の上に形成されたソース/ドレイン電極、並びに、
 - (D) ソース/ドレイン電極とソース/ドレイン電極との間に位置するゲート絶縁層の部分の上に、ゲート電極と対向して形成されたチャンネル形成領域、
- から成る電界効果型トランジスタの製造方法であって、

ゲート絶縁層の上に導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を形成した後、

ソース/ドレイン電極を形成すべき領域におけるチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を溶融することで、ソース/ドレイン電極を形成し、併せて、チャンネル形成領域構成微粒子から構成された層に有機半導体分子を接触させることで、チャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成する、
工程を含むことを特徴とする。

10

20

30

40

50

【 0 0 2 4 】

上記の第 2 の目的を達成するための本発明の第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法は、

ゲート電極と、ゲート絶縁層と、ソース/ドレイン電極と、チャンネル形成領域とを備え、チャンネル形成領域は、導体又は半導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有する電界効果型トランジスタの製造方法であって、

ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てを、微粒子から形成することを特徴とする。

【 0 0 2 5 】

尚、本発明の第 3 の態様若しくは第 4 の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法にあつては、ソース/ドレイン電極を形成すべき領域におけるチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を溶融することで、ソース/ドレイン電極を形成し、併せて、チャンネル形成領域構成微粒子から構成された層に有機半導体分子を接触させることで、チャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成するが、

(1) ソース/ドレイン電極を形成すべき領域におけるチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を溶融することで、ソース/ドレイン電極を形成し、その後、チャンネル形成領域構成微粒子から構成された層に有機半導体分子を接触させることで、チャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域を形成してもよいし、

(2) チャンネル形成領域構成微粒子から構成された層に有機半導体分子を接触させることで、チャンネル形成領域構成微粒子と、該チャンネル形成領域構成微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成された導電路を有するチャンネル形成領域及びチャンネル形成領域延在部を形成し、その後、ソース/ドレイン電極を形成すべき領域におけるチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層(チャンネル形成領域延在部)を溶融することで、ソース/ドレイン電極を形成してもよく、この手順(2)の方が手順(1)よりも好ましい。

【 0 0 2 6 】

本発明の第 1 の態様～第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ(以下、これらを総称して、単に、本発明の電界効果型トランジスタと呼ぶ場合がある)にあつては、有機半導体分子が末端に有する官能基が、チャンネル形成領域構成微粒子と化学的に結合していることが好ましい。そして、この場合、有機半導体分子が両端に有する官能基によって有機半導体分子とチャンネル形成領域構成微粒子とが化学的に(交互に)結合することで、ネットワーク状の導電路が構築されていることが好ましく、更には、チャンネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との結合体の単一層によって導電路が構成されていることが好ましい。あるいは又、この場合、有機半導体分子が両端に有する官能基によって有機半導体分子とチャンネル形成領域構成微粒子とが 3 次元的に化学的に(交互に)結合することで、ネットワーク状の導電路が構築されていることが好ましく、更には、チャンネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との結合体の積層構造によって導電路が構成されていることが好ましい。

【 0 0 2 7 】

一方、本発明の第 1 の態様～第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法(以下、これらを総称して、単に、本発明の電界効果型トランジスタの製造方法と呼ぶ場合がある)にあつては、有機半導体分子を、その末端の官能基によってチャンネル形成領域構成微粒子と化学的に結合させることが好ましい。そして、この場合、有機半導体分子が両端に有する官能基によって有機半導体分子とチャンネル形成領域構成微粒子とを化学的に(交互に)結合させることで、ネットワーク状の導電路を構築することが好ましく、更には、チャンネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との結合体の単一層によって導電路を構成することが好ましい。あるいは又、この場合、有機半導体分子が両端に有する官能基によって有機半導体分子とチャンネル形成領域構成微粒子とを 3 次元的に化学的に(交互に)結

10

20

30

40

50

合させることで、ネットワーク状の導電路を構築することが好ましく、更には、チャンネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との結合体の積層構造によって導電路が構成されていることが好ましい。

【0028】

本発明の第1の態様～第5の態様に係る電界効果型トランジスタあるいは本発明の第1の態様～第5の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法（以下、これらを総称して、単に本発明と呼ぶ場合がある）にあつては、このような一種のネットワーク状の導電路を構築することで、導電路内の電荷移動が、有機半導体分子の主鎖に沿った分子の軸方向で支配的に起こる構造となる結果、分子の軸方向の移動度、例えば非局在化した電子による高い移動度を最大限に利用することができるので、単分子層トランジスタに匹敵する、今までにない高い移動度を実現することが可能となる。

【0029】

本発明において、チャンネル形成領域構成微粒子は、導体としての金（Au）、銀（Ag）、白金（Pt）、銅（Cu）、アルミニウム（Al）、パラジウム（Pd）、クロム（Cr）、ニッケル（Ni）、鉄（Fe）といった金属から成り、あるいは、これらの金属から構成された合金から成り、あるいは又、半導体としての硫化カドミウム（CdS）、セレン化カドミウム（CdSe）、テルル化カドミウム（CdTe）、ガリウム砒素（GaAs）、酸化チタン（TiO₂）、又は、シリコン（Si）から成る構成とすることができる。尚、導体としてのチャンネル形成領域構成微粒子とは、体積抵抗率が $10^{-4} \cdot \text{m} (10^{-2} \cdot \text{cm})$ のオーダー以下である材料から成るチャンネル形成領域構成微粒子を指す。また、半導体としてのチャンネル形成領域構成微粒子とは、体積抵抗率が $10^{-4} \cdot \text{m} (10^{-2} \cdot \text{cm})$ 乃至乃至 $10^{12} \cdot \text{m} (10^{14} \cdot \text{cm})$ のオーダーを有する材料から成るチャンネル形成領域構成微粒子を指す。

【0030】

ここで、チャンネル形成領域構成微粒子の平均粒径を r_{AVE} 、チャンネル形成領域構成微粒子の粒径の標準偏差を σ としたとき、 $\sigma / r_{\text{AVE}} \leq 0.5$ を満足することが好ましい。尚、 r_{AVE} の範囲として、限定するものではないが、 $5.0 \times 10^{-10} \text{m} \leq r_{\text{AVE}} \leq 1.0 \times 10^{-6} \text{m}$ 、好ましくは $5.0 \times 10^{-10} \text{m} \leq r_{\text{AVE}} \leq 1.0 \times 10^{-8} \text{m}$ であることが望ましい。チャンネル形成領域構成微粒子の形状として球形を挙げることができるが、本発明はこれに限るものではなく、例えば球形の他に、三角形、四面体、立方体、直方体、円錐、円柱等を挙げることができる。尚、チャンネル形成領域構成微粒子の形状が球形以外の場合のチャンネル形成領域構成微粒子の平均粒径は、球形以外のチャンネル形成領域構成微粒子の測定された体積と同じ体積を有する球を想定し、係る球の直径の平均値をチャンネル形成領域構成微粒子の平均粒径とすればよい。

【0031】

有機半導体分子と結合する前のチャンネル形成領域構成微粒子の表面は、鎖状の絶縁性有機分子から成る保護膜によって被覆されていることが、チャンネル形成領域構成微粒子同士の凝集を防止するといった観点から好ましい。保護膜を構成する分子はチャンネル形成領域構成微粒子に対して結合しているが、その結合力の大小が、保護膜によって被覆されているチャンネル形成領域構成微粒子（実際には、保護膜によって被覆されているチャンネル形成領域構成微粒子の集合体あるいはクラスター）を製造する際の集合体（クラスター）の最終的な径分布に大きく影響する。保護膜を構成する絶縁性有機分子の一端には、チャンネル形成領域構成微粒子と化学的に反応（結合）する官能基を有することが好ましい。例えば、官能基としてチオール基（-SH）を挙げることができ、このチオール基を末端に持つ分子の1つとしてアルカンチオール〔例えば、ドデカンチオール（C₁₂H₂₅SH）〕を挙げることができる。ドデカンチオールのチオール基が金等のチャンネル形成領域構成微粒子と結合すると、水素原子が離脱してC₁₂H₂₅S-Auとなると考えられている。あるいは又、保護膜を構成する絶縁性有機分子として、アルキルアミン分子〔例えば、ドデシルアミン（C₁₂H₂₅NH₂）〕を挙げることにもできる。

【0032】

10

20

30

40

50

ここで、チャネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子とを接触させると、有機半導体分子が保護膜を構成する有機分子と置換する結果、チャネル形成領域を構成するチャネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との化学的な結合体が形成される。

【0033】

本発明の電界効果型トランジスタの製造方法において、チャネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子とを結合させるために、チャネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子とを接触させる工程は、少なくとも1回行えばよい。また、チャネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子との接触は、具体的には、例えば有機半導体分子の溶液にチャネル形成領域構成微粒子を浸漬させることによって達成することができる。

【0034】

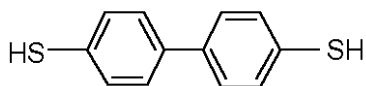
本発明において、有機半導体分子は、共役結合を有する有機半導体分子であって、分子の両端に、チオール基(-SH)、アミノ基(-NH₂)、イソシアノ基(-NC)、シアノ基(-CN)、チオアセチル基(-SC(=O)CH₃)、又は、カルボキシ基(-COOH)を有することが好ましい。尚、チオール基、アミノ基、イソシアノ基、シアノ基、チオアセチル基は、Au等の導体としてのチャネル形成領域構成微粒子に結合する官能基であり、カルボキシ基は半導体としてのチャネル形成領域構成微粒子に結合する官能基である。分子の両端に位置する官能基は異なってもよく、両端の官能基のチャネル形成領域構成微粒子に対する結合性は近い方がより好ましい。

【0035】

具体的には、有機半導体分子として、例えば、構造式(1)の4,4'-ビフェニルジチオール(BPDT)、構造式(2)の4,4'-ジイソシアノビフェニル、構造式(3)の4,4'-ジイソシアノ-p-テルフェニル、及び構造式(4)の2,5-ビス(5'-チオアセチル-2'-チオフェニル)チオフエン、構造式(5)の4,4'-ジイソシアノフェニル、構造式(6)のベンジジン(ビフェニル-4,4'-ジアミン)、構造式(7)のTCNQ(テトラシアノキノジメタン)、構造式(8)のビフェニル-4,4'-ジカルボン酸、構造式(9)の1,4-ジ(4-チオフェニルアセチリニル)-2-エチルベンゼン、構造式(10)の1,4-ジ(4-イソシアノフェニルアセチリニル)-2-エチルベンゼン、あるいは、Bovine Serum Albumin、Horse Radish Peroxidase、Antibody-antigen を例示することができる。これらは、いずれも、共役系分子であって、少なくとも2箇所でチャネル形成領域構成微粒子と化学的に結合する官能基を有していることが好ましい。

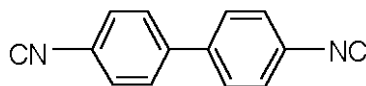
【0036】

構造式(1): 4,4'-ビフェニルジチオール



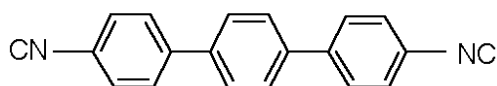
【0037】

構造式(2): 4,4'-ジイソシアノビフェニル



【0038】

構造式(3): 4,4'-ジイソシアノ-p-テルフェニル



【0039】

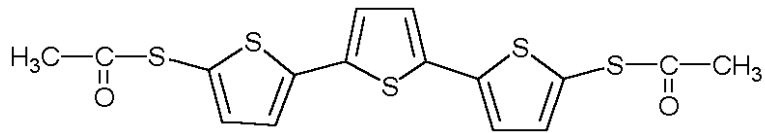
構造式(4): 2,5-ビス(5'-チオアセチル-2'-チオフェニル)チオフエン

10

20

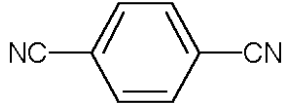
30

40



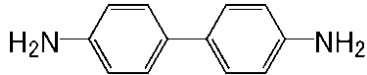
【 0 0 4 0 】

構造式 (5) : 4 , 4 ' - ジイソシアノフェニル



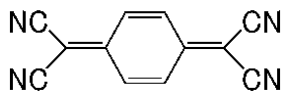
【 0 0 4 1 】

構造式 (6) : ベンジジン (ビフェニル - 4 , 4 ' - ジアミン)



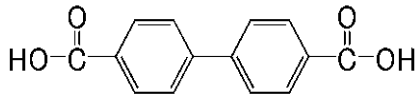
【 0 0 4 2 】

構造式 (7) : T C N Q (テトラシアノキノジメタン)



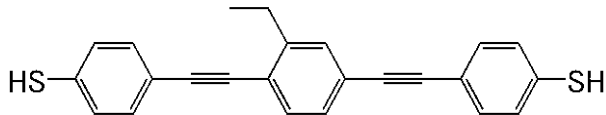
【 0 0 4 3 】

構造式 (8) : ビフェニル - 4 , 4 ' - ジカルボン酸



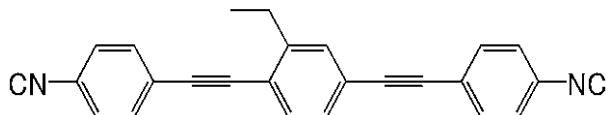
【 0 0 4 4 】

構造式 (9) : 1 , 4 - ジ (4 - チオフェニルアセチリニル) - 2 - エチルベンゼン



【 0 0 4 5 】

構造式 (1 0) : 1 , 4 - ジ (4 - イソシアノフェニルアセチリニル) - 2 - エチルベンゼン



【 0 0 4 6 】

また、有機半導体分子として、構造式 (1 1) で表される dendrimer も用いることができる。

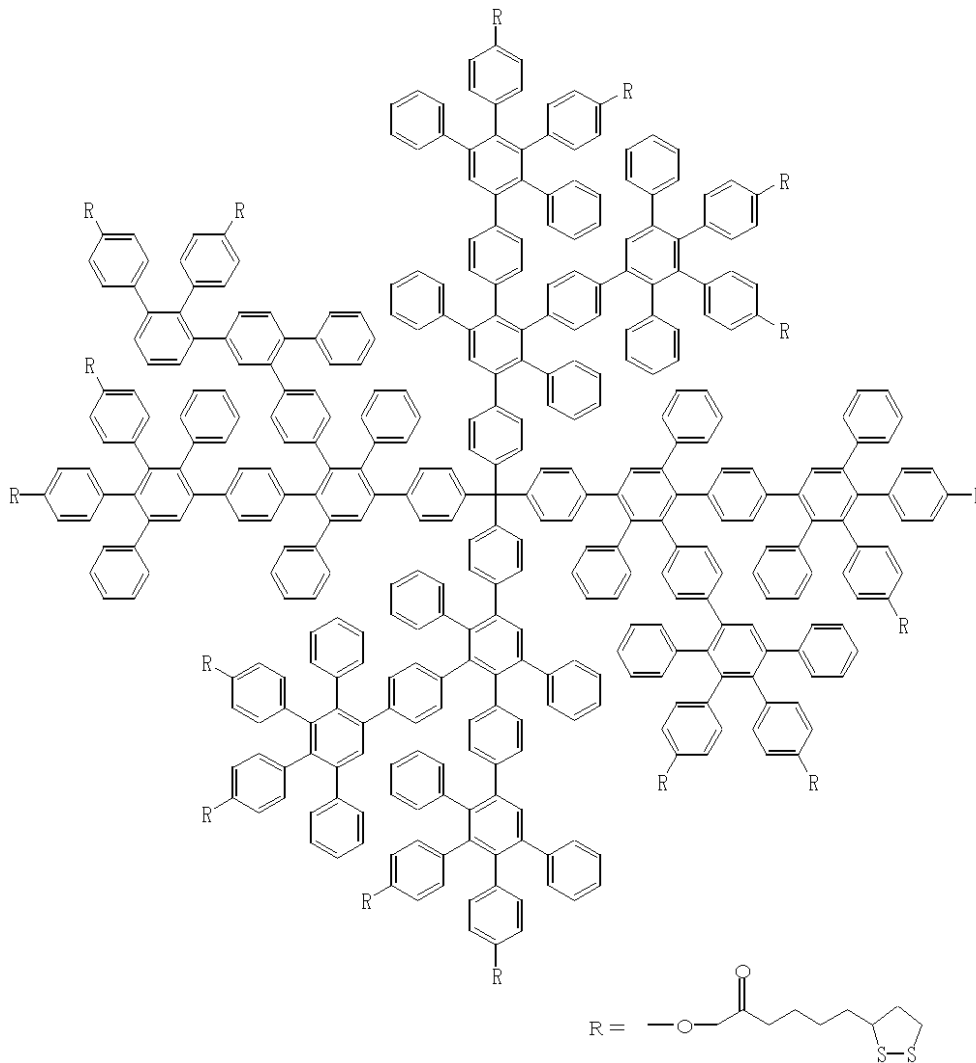
【 0 0 4 7 】

構造式 (1 1) : dendrimer

10

20

30



【 0 0 4 8 】

本発明の第5の態様に係る電界効果型トランジスタあるいは本発明の第5の態様に係る電界効果型トランジスタの製造方法にあつては、

- (1) ソース/ドレイン電極が微粒子から成る形態
 - (2) ゲート電極が微粒子から成る形態
 - (3) ゲート絶縁層が微粒子から成る形態
 - (4) ソース/ドレイン電極が微粒子から成り、ゲート電極が、ソース/ドレイン電極を構成する微粒子と同種あるいは別種の微粒子から成る形態
 - (5) ソース/ドレイン電極が微粒子から成り、ゲート絶縁層が、ソース/ドレイン電極を構成する微粒子と別種の微粒子から成る形態
 - (6) ゲート電極が微粒子から成り、ゲート絶縁層が、ゲート電極を構成する微粒子と別種の微粒子から成る形態
 - (7) ソース/ドレイン電極が微粒子から成り、ゲート電極が、ソース/ドレイン電極を構成する微粒子と同種あるいは別種の微粒子から成り、ゲート絶縁層が、ソース/ドレイン電極及びゲート電極を構成する微粒子と別種の微粒子から成る形態
- の7つの形態を挙げることができる。

【 0 0 4 9 】

ここで、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、「微粒子から成る」とは、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、微粒子の集合体から構成されている場合だけでなく、微粒子を原料として構成されている場合（例えば、微粒子とバインダから構成されている場合）も含まれる。また、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若し

10

20

30

40

50

くは、全てを、「微粒子から形成する」とは、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てを、微粒子を原料とした適切な材料から形成する（例えば、微粒子とバインダから成る材料や、微粒子と分散媒から成る材料等に基づき形成する）ことを意味する。

【0050】

本発明の第1の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法にあっては、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、微粒子から成り、これらのいずれか、若しくは、全てを、微粒子から形成することもできる。

【0051】

また、本発明の第2の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法にあっては、ソース/ドレイン電極、ゲート電極のいずれか、若しくは、全てが、微粒子から成り、これらのいずれか、若しくは、全てを、微粒子から形成することもできる。

【0052】

更には、本発明の第2の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法においては、ゲート絶縁層を、微粒子層の単層構成とすることもできるし、微粒子層と膜状の層の2層構成とすることもできる。

【0053】

また、本発明の第3の態様若しくは第4の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法にあっては、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、微粒子から成り、これらのいずれか、若しくは、全てを、微粒子から形成することもできる。更には、本発明の第3の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法にあっては、本発明の第1の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法と同様に、下地層を形成してもよい。また、本発明の第4の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法にあっては、本発明の第2の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法と同様に、微粒子層を備えたゲート絶縁層とすることもできる。

【0054】

本発明の第1の態様～第4の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法において、下地層や微粒子層を形成する方法として、電着法、スピンコート法、キャスト法、移流集積法（A. S. Dimitrov et al., Langmuir, 10, 432(1994)参照）、LB（Langmuir-Blodgett）法に類似した方法〔親水性溶媒（例えば水）上に疎水性表面を有する下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子を単層で2次元規則配列を有するように浮かべ、あるいは、これとは逆に、疎水性溶媒上に親水性表面を有する下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子を単層で2次元規則配列を有するように浮かべ、それをLB法のように転写する方法（V. Santhanam, et al., Langmuir, 2003, 19, 7881 参照）〕を挙げることができる。

【0055】

ここで、下地層構成微粒子が略規則性をもって配列され、あるいは又、ゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列されているとは、下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子が、正三角形の頂点に位置するように密に配列され、あるいは又、正方形の頂点に位置するように密に配列されていることを意味する。下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子の全てが規則性をもって配列されるとは限られないので、即ち、多少の空乏、格子の欠陥等があってもよいことは言うまでもないので、「略」規則性をもって配列されると表現している。

【0056】

本発明の第1の態様～第4の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法において、チャネル形成領域構成微粒子を、下地層上あるいはゲート絶縁層上に配列させるためには、チャネル形成領域構成微粒子を含む溶液から成る薄膜を下地層上あるいはゲート絶縁層上に形成した後、溶液に含まれる溶媒を蒸発させればよい。チャネル形成領域構成微粒子を含む溶液から成る薄膜を形成する方法として、浸漬法、キャスト法、スピンコート法を例示することができる。また、これによって、本発明の第3の態様ある

いは第4の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法における、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子から構成された層を得ることができる。

【0057】

チャンネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列されているとは、下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子が正三角形の頂点に位置するように密に配列されている場合、この正三角形の中心を通る法線上にチャンネル形成領域構成微粒子が位置することを意味する。そして、この場合には、チャンネル形成領域構成微粒子は、チャンネル形成領域構成微粒子によって形成される正三角形の頂点に位置し、あるいは又、チャンネル形成領域構成微粒子によって形成される正六角形の頂点に位置する。一方、下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子が正方形の頂点に位置するように密に配列されている場合、この正方形の中心を通る法線上にチャンネル形成領域構成微粒子が位置することを意味する。そして、この場合には、チャンネル形成領域構成微粒子は、チャンネル形成領域構成微粒子によって形成される正方形の頂点に位置する。チャンネル形成領域構成微粒子の全てが規則性をもって配列されるとは限られないので、即ち、多少の空乏、格子の欠陥等があってもよいことは言うまでもないので、「略」規則性をもって配列されると表現している。

10

【0058】

そして、これらの場合、チャンネル形成領域構成微粒子とチャンネル形成領域構成微粒子との間の距離は、有機半導体分子によってチャンネル形成領域構成微粒子とチャンネル形成領域構成微粒子とが適切に結ばれるような距離であることが望ましい。即ち、チャンネル形成領域構成微粒子の粒径、下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子の粒径、有機半導体分子を適切に選択することによって、このような状態を達成することができる。言い換えれば、隣り合うチャンネル形成領域構成微粒子の表面間の距離が、用いる有機半導体分子の長軸方向の長さとはほぼ同じであることが最も好ましい。チャンネル形成領域構成微粒子間には有機半導体分子が必ず存在するため、チャンネル形成領域構成微粒子同士は接触していない。チャンネル形成領域構成微粒子が2次元的に規則配列された層は、単層であっても、多層であってもよい。

20

【0059】

本発明において、ゲート絶縁層を構成する微粒子として、あるいは又、本発明の第1の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法における下地層を構成する下地層構成微粒子として、あるいは又、本発明の第2の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法におけるゲート絶縁層を構成する微粒子層のゲート絶縁層構成微粒子として、酸化ケイ素(SiO_x)、窒化ケイ素(SiN_y)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)等の高絶縁性金属酸化物あるいは高絶縁性金属窒化物といった無機系絶縁材料の微粒子だけでなく、ポリメチルメタクリレート(PMMA)やポリビニルフェノール(PVP)、ポリビニルアルコール(PVA)、ポリイミド、ポリカーボネート(PC)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、ポリスチレンにて例示される有機系絶縁材料(有機ポリマー)の微粒子を挙げることができるし、これらの組み合わせを用いることもできる。これらの微粒子の形状は、球形であることが好ましい。

30

【0060】

あるいは又、本発明において、膜状の形態を有するゲート絶縁層を構成する材料として、酸化ケイ素(SiO_x)、窒化ケイ素(SiN_y)、酸化アルミニウム(Al_2O_3)等の高絶縁性金属酸化物あるいは高絶縁性金属窒化物といった無機系絶縁材料だけでなく、ポリメチルメタクリレート(PMMA)やポリビニルフェノール(PVP)、ポリビニルアルコール(PVA)、ポリイミド、ポリカーボネート(PC)、ポリエチレンテレフタレート(PET)、N-2(アミノエチル)3-アミノプロピルトリメトキシシラン(AEAPTMS)、3-メルカプトプロピルトリメトキシシラン(MPTMS)、オクタデシルトリクロロシラン(OTS)等のシラノール誘導体(シランカップリング剤)、オクタデカンチオール、ドデシルイソシアネイト等の一端にゲート電極等と結合可能な官能基を有する直鎖炭化水素類にて例示される有機系絶縁材料(有機ポリマー)を挙げることができるし、これらの組み合わせを用いることもできる。更には、BPSG、PSG、BSG

40

50

、A s S G、P b S G、酸化窒化シリコン (S i O N)、S O G (スピンオンガラス)、低誘電率 S i O₂ 系材料 (例えば、ポリアリールエーテル、シクロパーフルオロカーボンポリマー及びベンゾシクロブテン、環状フッ素樹脂、ポリテトラフルオロエチレン、フッ化アリールエーテル、フッ化ポリイミド、アモルファスカーボン、有機 S O G) といった酸化ケイ素系材料を例示することもできる。

【 0 0 6 1 】

本発明において、ゲート電極やソース/ドレイン電極を微粒子から構成する場合、ゲート電極やソース/ドレイン電極を構成する材料として、白金 (P t)、金 (A u)、パラジウム (P d)、クロム (C r)、ニッケル (N i)、アルミニウム (A l)、銀 (A g)、タンタル (T a)、タングステン (W)、銅 (C u)、チタン (T i)、インジウム (I n)、錫 (S n)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、モリブデン (M o) 等の金属から成る導電性粒子、これらの金属を含む合金の導電性粒子を挙げることができる。

10

【 0 0 6 2 】

一方、ゲート電極やソース/ドレイン電極を微粒子から構成しない場合 (即ち、膜状の形態をとる場合)、ゲート電極やソース/ドレイン電極を構成する材料として、白金 (P t)、金 (A u)、パラジウム (P d)、クロム (C r)、ニッケル (N i)、アルミニウム (A l)、銀 (A g)、タンタル (T a)、タングステン (W)、銅 (C u)、チタン (T i)、インジウム (I n)、錫 (S n)、鉄 (F e)、コバルト (C o)、モリブデン (M o) 等の金属、あるいは、これらの金属元素を含む合金、不純物を含有したポリシリコン等の導電性物質を挙げることができるし、これらの元素を含む層の積層構造とすることもできる。更には、ゲート電極やソース/ドレイン電極、各種の配線を構成する材料として、ポリ (3 , 4 - エチレンジオキシチオフェン) / ポリスチレンスルホン酸 [P E D O T / P S S] といった有機材料 (導電性高分子) を挙げることができる。

20

【 0 0 6 3 】

本発明におけるゲート電極の形成方法、本発明の第 1 の態様、第 2 の態様、第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法におけるソース/ドレイン電極の形成方法として、これらを構成する材料にも依るが、物理的気相成長法 (P V D 法) ; M O C V D 法を含む各種の化学的気相成長法 (C V D 法) ; スピンコート法 ; スクリーン印刷法やインクジェット印刷法、オフセット印刷法、グラビア印刷法といった各種印刷法 ; エアドクターコート法、ブレードコート法、ロッドコート法、ナイフコート法、スクイズコート法、リバースロールコート法、トランスファーロールコート法、グラビアコート法、キスコート法、キャストコート法、スプレーコート法、スリットオリフィスコート法、カレンダーコート法、浸漬法といった各種コーティング法 ; スタンプ法 ; リフトオフ法 ; ゾル - ゲル法 ; 電着法 ; シャドウマスク法 ; 電解メッキ法や無電解メッキ法あるいはこれらの組合せといったメッキ法 ; 及び、スプレー法の内のいずれかと、必要に応じてパターニング技術との組合せを挙げることができる。尚、物理的気相成長法 (P V D 法) として、(a) 電子ビーム加熱法、抵抗加熱法、フラッシュ蒸着等の各種真空蒸着法、(b) プラズマ蒸着法、(c) 2 極スパッタリング法、直流スパッタリング法、直流マグネトロンスパッタリング法、高周波スパッタリング法、マグネトロンスパッタリング法、イオンビームスパッタリング法、バイアスパッタリング法等の各種スパッタリング法、(d) D C (direct current) 法、R F 法、多陰極法、活性化反応法、電界蒸着法、高周波イオンプレーティング法、反応性イオンプレーティング法等の各種イオンプレーティング法を挙げることができる。

30

40

【 0 0 6 4 】

本発明の第 3 の態様あるいは第 4 の態様に係る電界効果型トランジスタあるいはその製造方法において、ソース/ドレイン電極を形成するためのチャネル形成領域構成微粒子の溶解は、例えば、レーザを用いて行うことができ、あるいは又、支持体をホットプレートやオープン等で加熱する方法を挙げることができる。

【 0 0 6 5 】

ゲート絶縁層の形成方法として、ゲート絶縁層を構成する材料にも依るが、上述の各種

50

PVD法；各種CVD法；スピンコート法；上述した各種印刷法；上述した各種コーティング法；浸漬法；キャスト法；ゾル-ゲル法；電着法；シャドウマスク法；及び、スプレー法の内のいずれか、あるいは、ゲート電極の形成方法にて説明した各種の形成方法を挙げることができる。

【0066】

あるいは又、ゲート絶縁層は、ゲート電極の表面を酸化あるいは窒化することによって形成することができるし、ゲート電極の表面に酸化膜や窒化膜を成膜することで得ることもできる。ゲート電極の表面を酸化する方法として、ゲート電極を構成する材料にも依るが、 O_2 プラズマを用いた酸化法、陽極酸化法を例示することができる。また、ゲート電極の表面を窒化する方法として、ゲート電極を構成する材料にも依るが、 N_2 プラズマを用いた窒化法を例示することができる。あるいは又、例えば、Au電極に対しては、一端をメルカプト基で修飾された直鎖状炭化水素のように、ゲート電極と化学的に結合を形成し得る官能基を有する絶縁性分子によって、浸漬法等の方法で自己組織的にゲート電極表面を被覆することで、ゲート電極の表面に絶縁膜を形成することもできる。あるいは又、ゲート電極の表面をシラノール誘導体（シランカップリング剤）により修飾することで、ゲート絶縁層を形成することもできる。

【0067】

本発明において、支持体として、各種ガラス基板や、表面に絶縁膜が形成された各種ガラス基板、石英基板、表面に絶縁膜が形成された石英基板、表面に絶縁膜が形成されたシリコン基板を挙げることができる。あるいは又、支持体として、ポリエーテルスルホン（PES）やポリイミド、ポリカーボネート（PC）、ポリエチレンテレフタレート（PET）、ポリメチルメタクリレート（ポリメタクリル酸メチル、PMMA）、ポリビニルアルコール（PVA）、ポリビニルフェノール（PVP）に例示される高分子材料から構成されたプラスチック・フィルムやプラスチック・シート、プラスチック基板を挙げることができ、あるいは又、雲母を挙げることができる。このような可撓性を有する高分子材料から構成された支持体を使用すれば、例えば曲面形状を有するディスプレイ装置や電子機器への電界効果型トランジスタの組み込みあるいは一体化が可能となる。支持体として、その他、導電性基板（金やアルミニウム等の金属から成る基板、高配向性グラファイトから成る基板）を挙げることができる。また、電界効果型トランジスタの構成、構造によっては、電界効果型トランジスタが支持部材上に設けられているが、この支持部材も上述した材料から構成することができる。

【0068】

本発明の電界効果型トランジスタを、ディスプレイ装置や各種の電子機器に適用、使用する場合、支持体に多数の電界効果型トランジスタを集積したモノリシック集積回路としてもよいし、各電界効果型トランジスタを切断して個別化し、ディスクリット部品として使用してもよい。電界効果型トランジスタを樹脂にて封止してもよい。また、本発明の電界効果型トランジスタにあつては、共役系を有する有機半導体分子として可視部付近の光に対して光吸収性のある色素の使用により、光センサ等としても動作させることも可能である。

【発明の効果】

【0069】

本発明の第1の態様若しくは第2の態様に係る電界効果型トランジスタ及びその製造方法にあつては、電気的絶縁材料から成る下地層構成微粒子が略規則性をもって配列されて成る下地層、あるいは、電気的絶縁材料から成るゲート絶縁層構成微粒子が略規則性をもって配列された微粒子層を備えたゲート絶縁層を、所謂テンプレートとして用いることで、チャンネル形成領域構成微粒子の2次元規則配列化を達成させることができる。従って、チャンネル形成領域構成微粒子間の距離にバラツキが生じ難い。その結果、チャンネル形成領域構成微粒子とチャンネル形成領域構成微粒子とが有機半導体分子によって結合されていないチャンネル形成領域構成微粒子が存在し、導電路の数が十分に確保されないといった問題の発生を回避することができ、電界効果型トランジスタの特性向上、生産の安定性を図る

ことができる。

【 0 0 7 0 】

また、本発明の第 3 の態様若しくは第 4 の態様に係る電界効果型トランジスタ及びその製造方法にあっては、チャネル形成領域構成微粒子が溶融した層からソース/ドレイン電極を構成するので、ソース/ドレイン電極の形成プロセスの簡素化、低コスト化を実現することが可能となる。

【 0 0 7 1 】

更には、本発明の第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ及びその製造方法にあっては、ソース/ドレイン電極、ゲート電極、ゲート絶縁層のいずれか、若しくは、全てが、微粒子から成り、また、これらのいずれか、若しくは、全てを、微粒子から形成するので、電界効果型トランジスタ全体としての製造プロセスの簡素化、低コスト化を実現することが可能となる。

【 0 0 7 2 】

しかも、本発明にあっては、チャネル形成領域構成微粒子が有機半導体分子と結びついて導電路が形成されているので、チャネル形成領域構成微粒子内の導電路と有機半導体分子内の分子骨格に沿った導電路とが連結した一種のネットワーク状の導電路を形成することができる。従って、導電路内の電荷移動が有機半導体分子の主鎖に沿った分子の軸方向で支配的に起こる構造となる。導電路には分子間の電子移動が含まれないため、従来の有機半導体材料を用いた電界効果型トランジスタにおける低い移動度の原因であった分子間の電子移動によって移動度が制限されることがない。そのため、有機半導体分子内の軸方向の電荷移動を最大限に利用することができる。例えば、主鎖に沿って形成された共役系を有する分子を有機半導体分子として用いる場合、非局在化した電子による高い移動度を利用できる。

【 0 0 7 3 】

また、導電路は、常圧下で 2 0 0 ° C 以下の低温プロセスで一層毎に形成することが可能であるが故に、所望の厚さを有する導電路を容易に形成でき、低コストで電界効果型トランジスタを作製することができる。

【発明を実施するための最良の形態】

【 0 0 7 4 】

以下、図面を参照して、実施例に基づき本発明を説明する。

【実施例 1】

【 0 0 7 5 】

実施例 1 は、本発明の第 1 の態様及び第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ、並びに、その製造方法に関する。実施例 1 の電界効果型トランジスタの模式的な一部断面図を図 1 の (C) に示し、導電路 2 0 の概念図を図 1 の (D) に示す。

【 0 0 7 6 】

実施例 1 の電界効果型トランジスタは、具体的には、トップゲート/トップコンタクト型の T F T であり、図 1 の (C) に模式的な一部断面図を示すように、

(A) 支持体 1 1 の上に形成されたソース/ドレイン電極 1 4、

(B) ソース/ドレイン電極 1 4 とソース/ドレイン電極 1 4 との間に位置する支持体 1 1 の部分の上に形成されたチャネル形成領域 1 5、

(C) 全面に (より具体的には、ソース/ドレイン電極 1 4 の上及びチャネル形成領域 1 5 の上に) 形成されたゲート絶縁層 1 3、並びに、

(D) ゲート絶縁層 1 3 の上に、チャネル形成領域 1 5 と対向して形成されたゲート電極 1 2、
から成る。

【 0 0 7 7 】

そして、少なくとも、ソース/ドレイン電極 1 4 とソース/ドレイン電極 1 4 との間に位置する支持体 1 1 の部分とチャネル形成領域 1 5 との間に (実施例 1 においては、より具体的には全面に) 下地層 3 0 が形成されており、下地層 3 0 は、電氣的絶縁材料 (具体

的には、 SiO_x 微粒子（シリカ微粒子）から成る下地層構成微粒子 31 が略規則性をもって配列されて成る。実施例 1 にあっては、ソース/ドレイン電極 14 と支持体 11 との間にも、下地層構成微粒子 31 から成る下地層 30、及び、チャンネル形成領域 15 の延在部 15A が形成されている。尚、図面においては、下地層構成微粒子 31 から成る層の 1 層によって下地層 30 が構成されているように図示しているが、下地層 30 は下地層構成微粒子 31 から成る層が積層された構造を有していてもよい。後述する実施例 2、実施例 5 においても同様である。

【0078】

また、チャンネル形成領域 15 は、図 1 の (D) に概念図を示すように、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 21 と、このチャンネル形成領域構成微粒子 21 と結合した有機半導体分子 22 とによって構成された導電路 20 を有し、下地層 30 の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子 21 が略規則性をもって配列されている。尚、図面においては、チャンネル形成領域構成微粒子 21 から成る層の 1 層によってチャンネル形成領域 15 が構成されているように図示しているが、チャンネル形成領域 15 はチャンネル形成領域構成微粒子 21 から成る層が積層された構造を有していてもよい。後述する実施例 2 ~ 実施例 6 においても同様である。

【0079】

実施例 1 においては、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 21 として金微粒子（金ナノ粒子）を使用し、有機半導体分子 22 として、共役結合を有する有機半導体分子であって、分子の両端にチオール基（-SH）を有する 4,4'-ビフェニルジチオール（BPDТ）を用いる。また、ゲート絶縁層 13 は SiO_2 から成り、ゲート電極 12 及びソース/ドレイン電極 14 は銅微粒子から成り、支持体 11 は、表面に絶縁膜（図示せず）が形成されたガラス基板から成る。

【0080】

実施例 1 における、下地層構成微粒子 31 が略規則性をもって配列された状態を、模式的に図 7 の (A) に示すが、下地層構成微粒子 31 は、正三角形の頂点に位置するように密に、接触状態にて配列されている。また、チャンネル形成領域構成微粒子 21 が略規則性をもって配列された状態を、模式的に図 8 の (A) 及び (B)、若しくは、模式的に図 9 の (A) 及び (B) に示す。

【0081】

尚、下地層構成微粒子 31 を、図 7 の (A) 及び (B) においては実線の円形で示し、図 8 の (A) 及び (B)、図 9 の (A) 及び (B)、図 10 の (A) 及び (B) においては点線の円形で示す。また、チャンネル形成領域構成微粒子 21 を図 8 の (A) 及び (B)、図 9 の (A) 及び (B)、図 10 の (A) 及び (B) においては実線の円形で示し、有機半導体分子 22 を図 8 の (B)、図 9 の (B)、図 10 の (B) においては実線の線分で示す。

【0082】

ここで、下地層構成微粒子 31 が正三角形の頂点に位置するように密に配列されているので、この正三角形の中心を通る法線上にチャンネル形成領域構成微粒子 21 が位置している。そして、チャンネル形成領域構成微粒子 21 は、チャンネル形成領域構成微粒子 21 によって形成される正三角形の頂点に位置し（図 8 の (B) 参照）、あるいは又、チャンネル形成領域構成微粒子 21 によって形成される正六角形の頂点に位置する（図 9 の (B) 参照）。尚、後述する実施例 2、実施例 5 においても同様である。図 8 の (B) に示す状態、及び、図 9 の (B) に示す状態をそれぞれ得るための、下地層構成微粒子 31 の平均粒径、チャンネル形成領域構成微粒子 21 の平均粒径、有機半導体分子 22 の長軸方向の長さを、それぞれ、以下の表 1 及び表 2 に例示する。

【0083】

[表 1]

下地層構成微粒子 31 の平均粒径 : 7 nm
チャンネル形成領域構成微粒子 21 の平均粒径 : 5 nm

有機半導体分子 2 2 の長軸方向の長さ : 2 n m

【 0 0 8 4 】

[表 2]

下地層構成微粒子 3 1 の平均粒径 : 1 4 n m

チャネル形成領域構成微粒子 2 1 の平均粒径 : 5 n m

有機半導体分子 2 2 の長軸方向の長さ : 2 n m

【 0 0 8 5 】

実施例 1、あるいは、後述する実施例 2 ~ 実施例 6 においては、有機半導体分子 2 2 が末端に有する官能基がチャネル形成領域構成微粒子 2 1 と化学的に結合している。あるいは又、有機半導体分子 2 2 を、その末端の官能基によって、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と化学的に結合させる。より具体的には、有機半導体分子 2 2 が両端に有する官能基（実施例 1 においては、共役結合を有する有機半導体分子であって、4, 4' - ビフェニルジチオール（B P D T）の両端に有するチオール基 [- S H]）によって有機半導体分子 2 2 とチャネル形成領域構成微粒子 2 1 とが化学的に（交互に）結合することで、あるいは、3 次元的に化学的に（交互に）結合することで、ネットワーク状の導電路 2 0 が構築されている。そして、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体の単一層によって導電路 2 0 が構成され、あるいは又、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体の積層構造によって導電路 2 0 が構成されている。

【 0 0 8 6 】

チャネル形成領域構成微粒子 2 1 を下地層 3 0（あるいは、後述する微粒子層 5 0）の上に、下地層 3 0（あるいは、後述する微粒子層 5 0）の表面と略平行な面内において 2 次元的に規則的に配列させた後、有機半導体分子 2 2 を接触させる工程を 1 回行うことによって、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体の単一層を形成することができ、2 回以上行うことによって、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体から成る層が積層され、結合体の積層構造を得ることができる。あるいは又、この工程を複数回、繰り返すことによって、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 を、3 次元的に規則的に配列させた後、有機半導体分子 2 2 を接触させる工程を少なくとも 1 回行うことによって、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体から成る層が積層された結合体の積層構造を得ることができる。

【 0 0 8 7 】

即ち、チャネル形成領域 1 5 の形成工程においては、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 の層を 1 層形成した後に、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 に有機半導体分子 2 2 を接触させ、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 との結合体を形成させることにより、結合体の層が 1 層分形成される。このように、結合体の 1 層ずつの形成によってチャネル形成領域 1 5 を形成することができるので、この工程を何回繰り返すかで、所望の厚さを有するチャネル形成領域 1 5 を形成することができる。そして、こうして得られたチャネル形成領域 1 5 は、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と有機半導体分子 2 2 とがネットワーク状に結合された結合体から構成され、ゲート電極 1 2 に印加されるゲート電圧によってキャリア移動が制御される。具体的には、例えば、ゲート電極 1 2 に印加するゲート電圧を 0 ボルトとした場合、ソース/ドレイン電極 1 4 の間にソース/ドレイン電流が流れる。更には、ゲート電極 1 2 に印加するゲート電圧の向き（プラス又はマイナス）及び値を制御することで、ソース/ドレイン電極 1 4 の間に流れるソース/ドレイン電流を制御することができる。

【 0 0 8 8 】

ここで、チャネル形成領域 1 5 においては、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 が有機半導体分子 2 2 によって 2 次元的あるいは 3 次元的に結びつけられ、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 内の導電路と有機半導体分子 2 2 内の分子骨格に沿った導電路とが連結したネットワーク状の導電路 2 0 が形成されている。そして、図 1 の (D) の概念図に示すように、この導電路 2 0 には、従来の有機半導体から成るチャネル形成領域における低い移動度の原因であった分子間の電子移動が含まれず、しかも、分子内の電子移動は分子骨格に

10

20

30

40

50

沿って形成された共役系を通じて行われるので、高い移動度が期待される。チャンネル形成領域 15 における電子伝導は、ネットワーク状の導電路 20 を通って行われ、チャンネル形成領域 15 の導電性はゲート電極 12 に印加されるゲート電圧によって制御される。

【0089】

チャンネル形成領域 15 は、結合体の単一層としてもよいし、2 層以上、10 層程度の結合体の積層構造としてもよい。1 層の厚さは、チャンネル形成領域構成微粒子の粒径（数 nm）と概ね同じである。チャンネル形成領域構成微粒子 21 を平均粒径約 10 nm の金（Au）から構成し、10 層の結合体の積層構造とする場合、チャンネル形成領域 15 の厚さはおよそ 100 nm となる。尚、結合体の 1 層ずつを独立して形成することによってチャンネル形成領域 15 を得ることができるので、各結合体毎、又は、結合体の積層構造毎に、チャンネル形成領域構成微粒子 21 を構成する材料やチャンネル形成領域構成微粒子 21 の平均粒径、有機半導体分子 22 を変えて、チャンネル形成領域 15 の特性を制御してもよい。

10

【0090】

以上に説明した事項は、基本的に、後述する実施例 2 ～ 実施例 6 にも当てはまる。

【0091】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 1 の（A）～（C）を参照して、実施例 1 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【0092】

[工程 - 100]

まず、少なくとも、ソース/ドレイン電極 14 とソース/ドレイン電極 14 との間に位置する支持体 11 の部分の上に（実施例 1 においては、支持体 11 の全面に）、電気的絶縁材料である SiO_x から成る下地層構成微粒子 31 が略規則性をもって配列された下地層 30 を形成する。具体的には、シリカ（ SiO_2 ）ナノ粒子のコロイド溶液（溶媒：シクロヘキサン）を支持体 11 の全面を覆うように滴下し、スピンコーターによって過剰の溶液及びナノ粒子を除去するといったスピンコート法に基づき、下地層 30 を形成することができる。尚、こうして得られた下地層構成微粒子 31 が略規則性をもって配列された状態を、模式的に図 7 の（A）に示す。

20

【0093】

[工程 - 110]

次いで、下地層 30 の上に、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 21 と、該チャンネル形成領域構成微粒子 21 と結合した有機半導体分子 22 とによって構成された導電路 20 を有するチャンネル形成領域 15、及び、チャンネル形成領域 15 の延在部 15A を形成する。

30

【0094】

実施例 1 にあっては、予め作製しておいた金ナノ粒子を改良することで得た均一な粒径を有する金ナノ粒子を用いている。即ち、実施例 1 においては、Leff らが提案した方法（ドデシルアミン（ $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2$ ）を保護膜とする金ナノ粒子の作製法。D. V. Leff, et al., Langmuir, 1996, 12, 4723 参照）を採用する。そして、作製した金ナノ粒子コロイド溶液に対して、Lin らの提案している方法（X. M. Lin, et al., J. Nanoparticle Res., 2000, 2, 157 参照）を改良した方法を適用することにより金ナノ粒子の粒径の均一化を行う。

40

【0095】

具体的には、以下の調製方法にて金ナノ粒子を得る。即ち、四塩化金酸（ $\text{HAuCl}_4 \cdot 3\text{H}_2\text{O}$ ）をイオン交換水に溶解する。次いで、この溶液を激しく攪拌しながら、トルエンに溶解した臭化テトラオクチルアンモニウム（ $\text{N}(\text{C}_8\text{H}_{17})_4\text{Br}$ ）をこの溶液中に添加する。次いで、トルエンに溶解したドデシルアミン（ $\text{C}_{12}\text{H}_{25}\text{NH}_2$ ）をこの混合物中に加える。その後、激しく攪拌しているこの混合物中に、水素化ホウ素ナトリウム（ NaBH_4 ）をイオン交換水に溶解した溶液を滴下する。そして、12 時間攪拌を続けた後、静置後、水層を分液漏斗で除去する。次いで、この溶液にトルエンとドデシルアミンを加えて、130℃で1時間、加熱還流する。その後、室温まで静置した後、エバポレー

50

ターで液量を減量し、次いで、エタノールを加えて、冷凍庫内で12時間静置する。そして、沈澱した金ナノ粒子を濾過により分離し、エタノールで洗浄後、トルエンに溶解する。尚、ドデシルアミンから成る保護膜によって表面が被覆された金ナノ粒子を0.05重量%分散させた金ナノ粒子コロイド溶液（溶媒：トルエン）とする。

【0096】

そして、こうして得られたチャネル形成領域構成微粒子21を含む溶液から成る薄膜を、下地層30の上にキャストニング法にて形成した後、溶液に含まれる溶媒を蒸発させる。これによって、下地層30の微粒子配列状態に基づき、チャネル形成領域構成微粒子21を略規則性をもって配列させることができる（図8の（A）あるいは図9の（A）参照）。

10

【0097】

次いで、チャネル形成領域構成微粒子21に有機半導体分子22を結合させることによって導電路20を形成する。具体的には、4,4'-ビフェニルジチオールから成る有機半導体分子22をモル濃度数mMにてトルエンに溶解した溶液に全体を浸漬した後、トルエンで洗浄して溶液を置換し、その後、溶媒を蒸発させる。このとき、保護膜を構成するドデシルアミンが4,4'-ビフェニルジチオールから成る有機半導体分子22によって置換され、有機半導体分子22が、その末端にあるチオール基（-SH）によって金ナノ粒子から成るチャネル形成領域構成微粒子21の表面に化学的に結合する。1個のチャネル形成領域構成微粒子21の表面には、多数の有機半導体分子22がチャネル形成領域構成微粒子21を包み込むように結合する。そして、それらの内の一部が、もう一方の分子末端にあるチオール基によって他のチャネル形成領域構成微粒子21とも結合するため、有機半導体分子22によってチャネル形成領域構成微粒子21が2次元ネットワーク状に連結された状態を得ることができる（図8の（B）あるいは図9の（B）参照）。

20

【0098】

こうして、有機半導体分子22が両端に有する官能基によって有機半導体分子22とチャネル形成領域構成微粒子21とが化学的に（交互に）結合することで、ネットワーク状の導電路20が構築される。図1の（A）に示す状態にあつては、チャネル形成領域構成微粒子21と有機半導体分子22との結合体の単一層によって導電路20が構築されている。

30

【0099】

[工程-120]

次に、必要に応じて、[工程-110]を所望の回数だけ繰り返す。こうして、有機半導体分子22が両端に有する官能基によって有機半導体分子22とチャネル形成領域構成微粒子21とが3次元的に化学的に（交互に）結合することで、ネットワーク状の導電路20が構築され、チャネル形成領域構成微粒子21と有機半導体分子22との結合体の積層構造によって導電路20が構成されている構造を得ることができる。

【0100】

[工程-130]

その後、銅微粒子が含まれた銅ペーストをスクリーン印刷法にてチャネル形成領域15の延在部15Aの上に印刷し、焼成することで、ソース/ドレイン電極14を形成することができる（図1の（B）参照）。

40

【0101】

[工程-140]

その後、全面に（より具体的には、ソース/ドレイン電極14の上、及び、チャネル形成領域15の上）にゲート絶縁層13を形成する。具体的には、SiO₂から成るゲート絶縁層13を、スパッタリング法に基づき全面に形成する。

【0102】

[工程-150]

次いで、銅微粒子が含まれた銅ペーストをスクリーン印刷法にてゲート絶縁層13の上

50

に印刷し、焼成することで、ゲート電極 12 を形成することができる（図 1 の（C）参照）。

【0103】

[工程 - 160]

最後に、全面にパッシベーション膜である絶縁層（図示せず）を形成し、ソース/ドレイン電極 14 の上方の絶縁層に開口部を形成し、開口部内を含む全面に配線材料層を形成した後、配線材料層をパターニングすることによって、ソース/ドレイン電極 14 に接続された配線（図示せず）が絶縁層上に形成された実施例 1 の電界効果型トランジスタを完成させることができる。

【実施例 2】

10

【0104】

実施例 2 は、実施例 1 の変形である。実施例 2 の電界効果型トランジスタが、実施例 1 の電界効果型トランジスタと異なる点は、実施例 1 の電界効果型トランジスタがトップゲート/トップコンタクト型の T F T であったのに対して、実施例 2 の電界効果型トランジスタがトップゲート/ボトムコンタクト型の T F T である点にある。その他の点は、実施例 1 にて説明した電界効果型トランジスタと同じである。

【0105】

即ち、実施例 2 の電界効果型トランジスタは、具体的には、トップゲート/ボトムコンタクト型の T F T であり、図 2 の（C）に模式的な一部断面図を示すように、

20

- （A）支持体 11 の上に形成されたソース/ドレイン電極 14、
 - （B）ソース/ドレイン電極 14 とソース/ドレイン電極 14 との間に位置する支持体 11 の部分の上に形成されたチャンネル形成領域 15、
 - （C）全面に（より具体的には、ソース/ドレイン電極 14 の上及びチャンネル形成領域 15 の上に）形成されたゲート絶縁層 13、並びに、
 - （D）ゲート絶縁層 13 の上に、チャンネル形成領域 15 と対向して形成されたゲート電極 12、
- から成る。

【0106】

そして、少なくとも、ソース/ドレイン電極 14 とソース/ドレイン電極 14 との間に位置する支持体 11 の部分とチャンネル形成領域 15 との間には（実施例 2 においては、より具体的には、ソース/ドレイン電極 14 とソース/ドレイン電極 14 との間に位置する支持体 11 の部分とチャンネル形成領域 15 との間には）下地層 30 が形成されており、下地層 30 は、電氣的絶縁材料から成る下地層構成微粒子 31 が略規則性をもって配列されて成る。

30

【0107】

実施例 2 におけるチャンネル形成領域 15 は、実施例 1 にて説明したチャンネル形成領域 15 と同様の構成、構造を有する。更には、実施例 1 と同様に、下地層 30 の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子 21 が略規則性をもって配列されている。また、実施例 2 の電界効果型トランジスタを構成する材料は、実施例 1 の電界効果型トランジスタを構成する材料と同じとすることができるので、詳細な説明は省略する。

40

【0108】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 2 の（A）～（C）を参照して、実施例 2 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【0109】

[工程 - 200]

先ず、実施例 1 の [工程 - 130] と同様にして、銅微粒子が含まれた銅ペーストをスクリーン印刷法にて支持体 11 の上に印刷し、焼成することで、ソース/ドレイン電極 14 を形成することができる（図 2 の（A）参照）。

【0110】

[工程 - 210]

50

その後、実施例 1 の [工程 - 1 0 0] と同様にして、ソース/ドレイン電極 1 4 とソース/ドレイン電極 1 4 との間に位置する支持体 1 1 の部分の上に、下地層 3 0 を形成する。

【 0 1 1 1 】

[工程 - 2 2 0]

次に、実施例 1 の [工程 - 1 1 0] ~ [工程 - 1 2 0] と同様にして、下地層 3 0 の上に、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有するチャンネル形成領域 1 5 を形成する (図 2 の (B) 参照) 。

【 0 1 1 2 】

[工程 - 2 3 0]

その後、実施例 1 の [工程 - 1 4 0]、[工程 - 1 5 0] と同様にして、ゲート絶縁層 1 3 の形成、ゲート電極 1 2 の形成を行い (図 2 の (C) 参照)、更には、実施例 1 の [工程 - 1 6 0] と同様にして、実施例 2 の電界効果型トランジスタを完成させる。

【 0 1 1 3 】

尚、場合によっては、[工程 - 2 1 0] におけるソース/ドレイン電極 1 4 上の下地層 3 0 の除去、[工程 - 2 2 0] におけるソース/ドレイン電極 1 4 上の導電路 2 0 の除去は不要であり、ソース/ドレイン電極 1 4 上に、下地層 3 0、及び、チャンネル形成領域 1 5 の延在部を残しておいてもよい。

【 実施例 3 】

【 0 1 1 4 】

実施例 3 は、本発明の第 2 の態様及び第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ、並びに、その製造方法に関する。実施例 3 の電界効果型トランジスタの模式的な一部断面図を図 3 の (B) に示す。

【 0 1 1 5 】

実施例 3 の電界効果型トランジスタは、具体的には、ボトムゲート/トップコンタクト型の T F T であり、図 3 の (B) に模式的な一部断面図を示すように、

(A) 支持体 1 1 の上に形成されたゲート電極 1 2、

(B) ゲート電極 1 2 の上及び支持体 1 1 の上に形成されたゲート絶縁層 4 3、

(C) ゲート絶縁層 4 3 の上に形成されたソース/ドレイン電極 1 4、並びに、

(D) ソース/ドレイン電極 1 4 とソース/ドレイン電極 1 4 との間に位置するゲート絶縁層 4 3 の部分の上に、ゲート電極 1 2 と対向して形成されたチャンネル形成領域 1 5、から成る。

【 0 1 1 6 】

そして、ゲート絶縁層 4 3 は、電氣的絶縁材料 (具体的には、 SiO_x 微粒子、シリカ微粒子) から成るゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が略規則性をもって配列された微粒子層 5 0 を備えている。尚、ゲート絶縁層 4 3 は、微粒子層 5 0 と膜状の層 (SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 4 3 A) の 2 層構成である。実施例 3 にあっては、ソース/ドレイン電極 1 4 とゲート絶縁層 4 3 との間にも、チャンネル形成領域 1 5 の延在部 1 5 A が形成されている。尚、図面においては、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 から成る層の 1 層によって微粒子層 5 0 が構成されているように図示しているが、微粒子層 5 0 はゲート絶縁層構成微粒子 5 1 から成る層が積層された構造を有していてもよく、寧ろ、微粒子層 5 0 はゲート絶縁層構成微粒子 5 1 から成る層が積層された構造を有することが好ましい。後述する実施例 4、実施例 6 においても同様である。

【 0 1 1 7 】

また、チャンネル形成領域 1 5 は、図 1 の (D) に概念図を示したと同様に、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と、このチャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有し、微粒子層 5 0 の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 が略規則性をもって配列されている。

【 0 1 1 8 】

実施例 3 の電界効果型トランジスタを構成する材料は、実施例 1 の電界効果型トランジスタを構成する材料と同じとすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 0 1 1 9 】

実施例 3 における、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が略規則性をもって配列された状態を、模式的に図 7 の (A) に示すが、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 は、正三角形の頂点に位置するように密に、接触状態にて配列されている。また、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 が略規則性をもって配列された状態を、模式的に図 8 の (A) 及び (B)、若しくは、模式的に図 9 の (A) 及び (B) に示す。尚、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 を、図 7 の (A) 及び (B) においては実線の円形で示し、図 8 の (A) 及び (B)、図 9 の (A) 及び (B)、図 10 の (A) 及び (B) においては点線の円形で示す。

10

【 0 1 2 0 】

ここで、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が正三角形の頂点に位置するように密に配列されているので、この正三角形の中心を通る法線上にチャネル形成領域構成微粒子 2 1 が位置している。そして、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 は、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 によって形成される正三角形の頂点に位置し (図 8 の (B) 参照)、あるいは又、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 によって形成される正六角形の頂点に位置する (図 9 の (B) 参照)。尚、後述する実施例 4、実施例 6 においても同様である。図 8 の (B) に示す状態、及び、図 9 の (B) に示す状態をそれぞれ得るための、ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 の平均粒径、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 の平均粒径、有機半導体分子 2 2 の長軸方向の長さは、それぞれ、表 1 及び表 2 に例示したと同様とすればよい。尚、表 1 及び表 2 における「下地層構成微粒子 3 1 の平均粒径」を「ゲート絶縁層構成微粒子 5 1 の平均粒径」と読み替えればよい。

20

【 0 1 2 1 】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 3 の (A) 及び (B) を参照して、実施例 3 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【 0 1 2 2 】

[工程 - 3 0 0]

先ず、支持体 1 1 上に、実施例 1 の [工程 - 1 5 0] と同様にしてゲート電極 1 2 を形成した後、実施例 1 の [工程 - 1 4 0] と同様にして、ゲート電極 1 2 の上及び支持体 1 1 の上に、 SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 4 3 A を形成する。

30

【 0 1 2 3 】

[工程 - 3 1 0]

その後、実施例 1 の [工程 - 1 0 0] と同様にして、下層ゲート絶縁膜 4 3 A の上に、 SiO_x から成るゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が略規則性をもって配列された微粒子層 5 0 を形成する。

【 0 1 2 4 】

[工程 - 3 2 0]

次に、実施例 1 の [工程 - 1 1 0] ~ [工程 - 1 2 0] と同様にして、微粒子層 5 0 の上に、導体から成るチャネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有するチャネル形成領域 1 5、及び、チャネル形成領域 1 5 の延在部 1 5 A を形成する (図 3 の (A) 参照)。

40

【 0 1 2 5 】

[工程 - 3 3 0]

その後、実施例 1 の [工程 - 1 3 0] と同様にして、チャネル形成領域 1 5 の延在部 1 5 A の上にソース / ドレイン電極 1 4 を形成する (図 3 の (B) 参照)。

【 0 1 2 6 】

[工程 - 3 4 0]

最後に、全面にパッシベーション膜である絶縁層 (図示せず) を形成し、ソース / ドレイン電極 1 4 の上方の絶縁層に開口部を形成し、開口部内を含む全面に配線材料層を形成

50

した後、配線材料層をパターニングすることによって、ソース/ドレイン電極 14 に接続された配線（図示せず）が絶縁層上に形成された実施例 3 の電界効果型トランジスタを完成させることができる。

【実施例 4】

【0127】

実施例 4 は、実施例 3 の変形である。実施例 4 の電界効果型トランジスタが、実施例 3 の電界効果型トランジスタと異なる点は、実施例 3 の電界効果型トランジスタがボトムゲート/トップコンタクト型の T F T であったのに対して、実施例 4 の電界効果型トランジスタがボトムゲート/ボトムコンタクト型の T F T である点にある。その他の点は、実施例 3 にて説明した電界効果型トランジスタと同じである。

10

【0128】

即ち、実施例 4 の電界効果型トランジスタは、具体的には、ボトムゲート/ボトムコンタクト型の T F T であり、図 4 の（C）に模式的な一部断面図を示すように、

- （A）支持体 11 の上に形成されたゲート電極 12、
- （B）ゲート電極 12 の上及び支持体 11 の上に形成されたゲート絶縁層 43、
- （C）ゲート絶縁層 43 の上に形成されたソース/ドレイン電極 14、並びに、
- （D）ソース/ドレイン電極 14 とソース/ドレイン電極 14 との間に位置するゲート絶縁層 43 の部分の上に、ゲート電極 12 と対向して形成されたチャネル形成領域 15、から成る。

【0129】

20

そして、実施例 3 と同様に、ゲート絶縁層 43 は、電氣的絶縁材料（具体的には、 SiO_x 微粒子、シリカ微粒子）から成るゲート絶縁層構成微粒子 51 が略規則性をもって配列された微粒子層 50 を備えている。尚、ゲート絶縁層 43 は、微粒子層 50 と膜状の層（ SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 43A）の 2 層構成である。実施例 4 にあっては、ソース/ドレイン電極 14 はゲート絶縁層 43 の上に、直接、形成されている。

【0130】

実施例 4 におけるチャネル形成領域 15 は、実施例 1 にて説明したチャネル形成領域 15 と同様の構成、構造を有する。更には、実施例 3 と同様に、微粒子層 50 の微粒子配列状態に基づき、チャネル形成領域構成微粒子 21 が略規則性をもって配列されている。また、実施例 4 の電界効果型トランジスタを構成する材料は、実施例 3 の電界効果型トランジスタを構成する材料と同じとすることができるので、詳細な説明は省略する。

30

【0131】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 4 の（A）～（C）を参照して、実施例 4 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【0132】

〔工程 - 400〕

先ず、支持体 11 上に、実施例 1 の〔工程 - 150〕と同様にしてゲート電極 12 を形成した後、実施例 1 の〔工程 - 140〕と同様にして、ゲート電極 12 の上及び支持体 11 の上に、 SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 43A を形成する。

【0133】

40

〔工程 - 410〕

その後、実施例 1 の〔工程 - 100〕と同様にして、下層ゲート絶縁膜 43A の上に、 SiO_x から成るゲート絶縁層構成微粒子 51 が略規則性をもって配列された微粒子層 50 を形成する（図 4 の（A）参照）。

【0134】

〔工程 - 420〕

その後、実施例 1 の〔工程 - 130〕と同様にして、ゲート絶縁層 43 の上（より具体的には、微粒子層 50 の上）にソース/ドレイン電極 14 を形成する（図 4 の（B）参照）。

【0135】

50

[工程 - 4 3 0]

次に、実施例 2 の [工程 - 2 2 0] と同様にして、微粒子層 5 0 の上に、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有するチャンネル形成領域 1 5 を形成する (図 4 の (C) 参照) 。

【 0 1 3 6 】

[工程 - 4 4 0]

最後に、全面にパッシベーション膜である絶縁層 (図示せず) を形成し、ソース/ドレイン電極 1 4 の上方の絶縁層に開口部を形成し、開口部内を含む全面に配線材料層を形成した後、配線材料層をパターンングすることによって、ソース/ドレイン電極 1 4 に接続された配線 (図示せず) が絶縁層上に形成された実施例 4 の電界効果型トランジスタを完成させることができる。

【 実施例 5 】

【 0 1 3 7 】

実施例 5 は、本発明の第 3 の態様、第 1 の態様及び第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ、並びに、その製造方法に関する。実施例 5 の電界効果型トランジスタの模式的な一部断面図を図 5 の (C) に示す。

【 0 1 3 8 】

実施例 5 の電界効果型トランジスタは、具体的には、トップゲート型の T F T であり、図 5 の (C) に模式的な一部断面図を示すように、

- (A) 支持体 1 1 の上に形成されたソース/ドレイン電極 6 4 、
 - (B) ソース/ドレイン電極 6 4 とソース/ドレイン電極 6 4 との間に位置する支持体 1 1 の部分の上に形成されたチャンネル形成領域 1 5 、
 - (C) ソース/ドレイン電極 6 4 の上及びチャンネル形成領域 1 5 の上に形成されたゲート絶縁層 1 3 、並びに、
 - (D) ゲート絶縁層 1 3 の上に、チャンネル形成領域 1 5 と対向して形成されたゲート電極 1 2 、
- から成る。

【 0 1 3 9 】

そして、チャンネル形成領域 1 5 は、図 1 の (D) に示したと同様に、導体から成るチャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有する。

【 0 1 4 0 】

実施例 5 にあっては、ソース/ドレイン電極 6 4 は、チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 が溶解した層から構成されている。

【 0 1 4 1 】

尚、実施例 5 にあっても、必須ではないが、少なくとも、ソース/ドレイン電極 6 4 とソース/ドレイン電極 6 4 との間に位置する支持体 1 1 の部分とチャンネル形成領域 1 5 との間に (実施例 5 においては、より具体的には全面に) 下地層 3 0 が形成されており、下地層 3 0 は、電氣的絶縁材料 (具体的には、 SiO_x 微粒子、シリカ微粒子) から成る下地層構成微粒子 3 1 が略規則性をもって配列されて成ることが好ましい。このような構成にすることで、実施例 1 と同様に、下地層 3 0 の微粒子配列状態に基づき、チャンネル形成領域構成微粒子 2 1 を略規則性をもって配列することができる。尚、実施例 5 にあっては、ソース/ドレイン電極 6 4 と支持体 1 1 との間にも、実施例 1 と同様に、下地層構成微粒子 3 1 から成る下地層 3 0 が形成されている。

【 0 1 4 2 】

実施例 5 におけるチャンネル形成領域 1 5 は、実施例 1 にて説明したチャンネル形成領域 1 5 と同様の構成、構造を有する。また、実施例 5 の電界効果型トランジスタを構成する材料は、実施例 1 の電界効果型トランジスタを構成する材料と同じとすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 0 1 4 3 】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 5 の (A) ~ (C) を参照して、実施例 5 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【 0 1 4 4 】

[工程 - 5 0 0]

先ず、実施例 1 の [工程 - 1 0 0] と同様にして、支持体 1 1 の上に下地層 3 0 を形成する。

【 0 1 4 5 】

[工程 - 5 1 0]

次いで、実施例 1 の [工程 - 1 1 0] ~ [工程 - 1 2 0] と同様にして、下地層 3 0 の上に、導体から成るチャネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有するチャネル形成領域 1 5 を形成する (図 5 の (A) 参照) 。

【 0 1 4 6 】

[工程 - 5 2 0]

その後、ソース/ドレイン電極 6 4 を形成すべき領域におけるチャネル形成領域構成微粒子 2 1 から構成された層 (チャネル形成領域延在部 1 5 A) にレーザを照射することで係る層 (チャネル形成領域延在部 1 5 A) を溶融させ (より具体的には、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 を溶融させ、有機半導体分子 2 2 を蒸発させることで) 、ソース/ドレイン電極 6 4 を形成する (図 5 の (B) 参照) 。

【 0 1 4 7 】

[工程 - 5 3 0]

次に、実施例 1 の [工程 - 1 4 0] 、 [工程 - 1 5 0] と同様にして、全面に (より具体的には、ソース/ドレイン電極 6 4 の上、及び、チャネル形成領域 1 5 の上) にゲート絶縁層 1 3 を形成した後、銅微粒子が含まれた銅ペーストをスクリーン印刷法にてゲート絶縁層 1 3 の上に印刷し、焼成することで、ゲート電極 1 2 を形成する (図 5 の (C) 参照) 。

【 0 1 4 8 】

[工程 - 5 4 0]

最後に、全面にパッシベーション膜である絶縁層 (図示せず) を形成し、ソース/ドレイン電極 6 4 の上方の絶縁層に開口部を形成し、開口部内を含む全面に配線材料層を形成した後、配線材料層をパターンニングすることによって、ソース/ドレイン電極 6 4 に接続された配線 (図示せず) が絶縁層上に形成された実施例 5 の電界効果型トランジスタを完成させることができる。

【 0 1 4 9 】

尚、 [工程 - 5 0 0] 、 [工程 - 5 2 0] 、 [工程 - 5 1 0] 、 [工程 - 5 3 0] 、 [工程 - 5 4 0] の順に変更してもよい。

【 実施例 6 】

【 0 1 5 0 】

実施例 6 は、本発明の第 4 の態様、第 2 の態様及び第 5 の態様に係る電界効果型トランジスタ、並びに、その製造方法に関する。実施例 6 の電界効果型トランジスタの模式的な一部断面図を図 6 の (B) に示す。

【 0 1 5 1 】

実施例 6 の電界効果型トランジスタは、具体的には、ボトムゲート型の T F T であり、図 6 の (B) に模式的な一部断面図を示すように、

(A) 支持体 1 1 の上に形成されたゲート電極 1 2 、

(B) ゲート電極 1 2 の上及び支持体 1 1 の上に形成されたゲート絶縁層 1 3 、

(C) ゲート絶縁層 1 3 の上に形成されたソース/ドレイン電極 6 4 、並びに、

(D) ソース/ドレイン電極 6 4 とソース/ドレイン電極 6 4 との間に位置するゲート絶縁層 1 3 の部分の上に、ゲート電極 1 2 と対向して形成されたチャネル形成領域 1 5 、

から成る。

【 0 1 5 2 】

そして、チャネル形成領域 1 5 は、図 1 の (D) に示したと同様に、導体から成るチャネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有する。

【 0 1 5 3 】

実施例 6 にあっても、ソース/ドレイン電極 6 4 は、実施例 5 と同様に、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 が溶融した層から構成されている。

【 0 1 5 4 】

尚、実施例 6 にあっても、必須ではないが、ゲート絶縁層 4 3 は、電氣的絶縁材料（具体的には、 SiO_x 微粒子、シリカ微粒子）から成るゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が略規則性をもって配列された微粒子層 5 0 を備えていることが好ましい。このような構造とすることで、実施例 3 と同様に、微粒子層 5 0 の微粒子配列状態に基づき、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 を略規則性をもって配列することができる。尚、ゲート絶縁層 4 3 は、微粒子層 5 0 と膜状の層（ SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 4 3 A）の 2 層構成である。

【 0 1 5 5 】

実施例 6 におけるチャネル形成領域 1 5 は、実施例 1 にて説明したチャネル形成領域 1 5 と同様の構成、構造を有する。また、実施例 6 の電界効果型トランジスタを構成する材料は、実施例 3 の電界効果型トランジスタを構成する材料と同じとすることができるので、詳細な説明は省略する。

【 0 1 5 6 】

以下、支持体等の模式的な一部端面図である図 6 の (A) 及び (B) を参照して、実施例 6 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明する。

【 0 1 5 7 】

[工程 - 6 0 0]

先ず、支持体 1 1 上に、実施例 1 の [工程 - 1 5 0] と同様にしてゲート電極 1 2 を形成した後、実施例 1 の [工程 - 1 4 0] と同様にして、ゲート電極 1 2 の上及び支持体 1 1 の上に、 SiO_2 から成る下層ゲート絶縁膜 4 3 A を形成する。

【 0 1 5 8 】

[工程 - 6 1 0]

その後、実施例 1 の [工程 - 1 0 0] と同様にして、下層ゲート絶縁膜 4 3 A の上に、 SiO_x から成るゲート絶縁層構成微粒子 5 1 が略規則性をもって配列された微粒子層 5 0 を形成する。

【 0 1 5 9 】

[工程 - 6 2 0]

次に、実施例 1 の [工程 - 1 1 0] ~ [工程 - 1 2 0] と同様にして、微粒子層 5 0 の上に、導体から成るチャネル形成領域構成微粒子 2 1 と、該チャネル形成領域構成微粒子 2 1 と結合した有機半導体分子 2 2 とによって構成された導電路 2 0 を有するチャネル形成領域 1 5 を形成する（図 6 の (A) 参照）。

【 0 1 6 0 】

[工程 - 6 3 0]

その後、ソース/ドレイン電極 6 4 を形成すべき領域におけるチャネル形成領域構成微粒子 2 1 から構成された層（チャネル形成領域延在部 1 5 A）にレーザを照射することで係る層（チャネル形成領域延在部 1 5 A）を溶融させ（より具体的には、チャネル形成領域構成微粒子 2 1 を溶融させ、有機半導体分子 2 2 を蒸発させることで）、ソース/ドレイン電極 6 4 を形成する（図 6 の (B) 参照）。

【 0 1 6 1 】

[工程 - 6 4 0]

最後に、全面にパッシベーション膜である絶縁層（図示せず）を形成し、ソース/ドレ

10

20

30

40

50

イン電極 6 4 の上方の絶縁層に開口部を形成し、開口部内を含む全面に配線材料層を形成した後、配線材料層をパターニングすることによって、ソース/ドレイン電極 6 4 に接続された配線（図示せず）が絶縁層上に形成された実施例 6 の電界効果型トランジスタを完成させることができる。

【 0 1 6 2 】

尚、[工程 - 6 0 0]、[工程 - 6 1 0]、[工程 - 6 3 0]、[工程 - 6 2 0]、[工程 - 6 4 0] の順に変更してもよい。

【 0 1 6 3 】

以上、本発明を好ましい実施例に基づき説明したが、本発明はこれらの実施例に限定されるものではない。電界効果型トランジスタの構造や構成、製造条件、具体的な製造方法は例示であり、適宜変更することができる。本発明によって得られた電界効果型トランジスタ（TFT）を、ディスプレイ装置や各種の電子機器に適用、使用する場合、支持体や支持部材に多数の TFT を集積したモノリシック集積回路としてもよいし、各 TFT を切断して個別化し、ディスクリート部品として使用してもよい。チャンネル形成領域構成微粒子は、金（Au）に限定するものではなく、他の金属（例えば、銀や白金）、あるいは、半導体としての硫化カドミウム、セレン化カドミウム、又は、シリコンから構成することもできる。また、有機半導体分子も 4, 4' - ビフェニルジチオール（BPDT）に限定するものではない。

【 0 1 6 4 】

下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子の表面の性状に依存して、下地層構成微粒子やゲート絶縁層構成微粒子を、図 7 の（B）に示すように、正方形の頂点に位置するように密に、接触状態にて配列させることもできる。そして、この場合には、図 10 の（A）及び（B）に示すように、この正方形の中心を通る法線上にチャンネル形成領域構成微粒子が位置し、チャンネル形成領域構成微粒子は、チャンネル形成領域構成微粒子によって形成される正方形の頂点に位置する。

【 0 1 6 5 】

実施例 3、実施例 4、実施例 6 においては、ゲート絶縁層 4 3 を微粒子層 5 0 と下層ゲート絶縁膜 4 3 A の 2 層構成としたが、このような構成は必須ではなく、ゲート絶縁層 4 3 を微粒子層 5 0 のみから構成することもできる。

【図面の簡単な説明】

【 0 1 6 6 】

【図 1】図 1 の（A）、（B）及び（C）は、実施例 1 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図であり、図 1 の（D）は、チャンネル形成領域構成微粒子と有機半導体分子とによって構成されている導電路の概念図である。

【図 2】図 2 の（A）、（B）及び（C）は、実施例 2 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 3】図 3 の（A）及び（B）は、実施例 3 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 4】図 4 の（A）、（B）及び（C）は、実施例 4 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 5】図 5 の（A）、（B）及び（C）は、実施例 5 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 6】図 6 の（A）及び（B）は、実施例 6 の電界効果型トランジスタの製造方法を説明するための支持体等の模式的な一部端面図である。

【図 7】図 7 の（A）及び（B）は、下地層構成微粒子が略規則性をもって配列された状態を模式的に示す図である。

【図 8】図 8 の（A）及び（B）は、チャンネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列された状態を模式的に示す図である。

【図 9】図 9 の（A）及び（B）は、チャンネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列された状態を模式的に示す図である。

10

20

30

40

50

【図 10】図 10 の (A) 及び (B) は、チャネル形成領域構成微粒子が略規則性をもって配列された状態を模式的に示す図である。

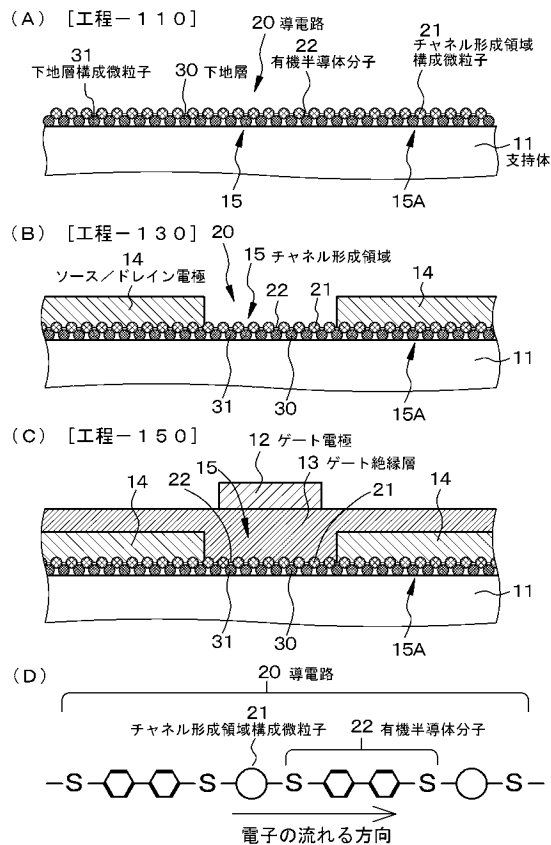
【符号の説明】

【 0 1 6 7 】

1 1・・・支持体、1 2・・・ゲート電極、1 3, 4 3・・・ゲート絶縁層、1 4, 6 4・・・ソース/ドレイン電極、1 5・・・チャネル形成領域、1 5 A・・・チャネル形成領域の延在部、2 0・・・導電路、2 1・・・チャネル形成領域構成微粒子、2 2・・・有機半導体分子、3 0・・・下地層、3 1・・・下地層構成微粒子、4 3 A・・・下層ゲート絶縁膜、5 0・・・微粒子層、5 1・・・ゲート絶縁層構成微粒子

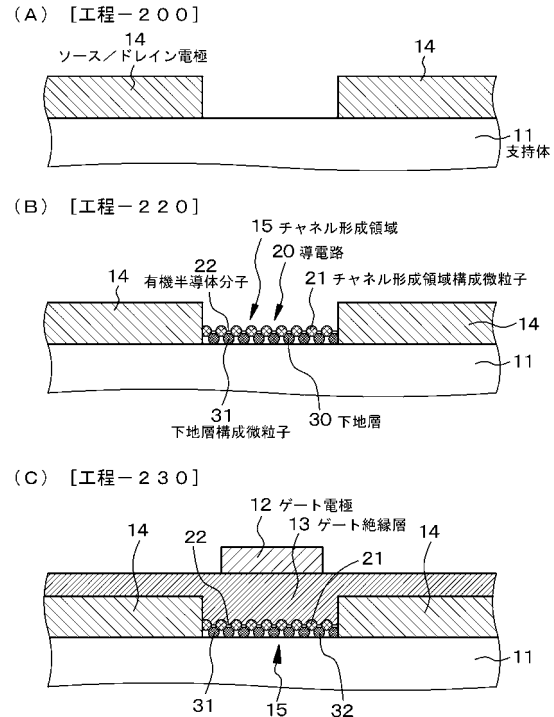
【 図 1 】

【 図 1 】



【 図 2 】

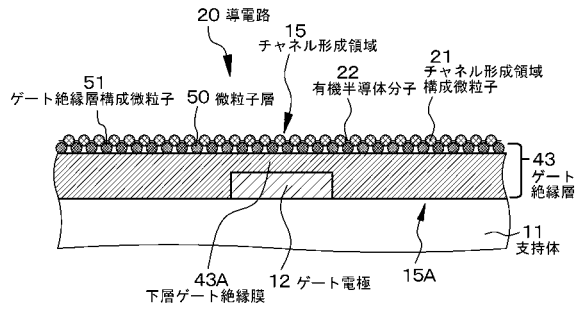
【 図 2 】



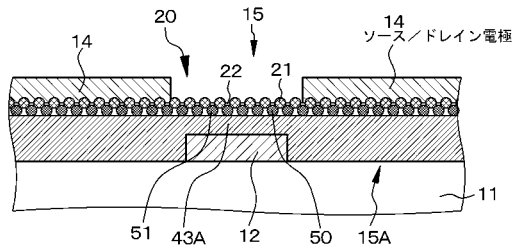
【図 3】

【図 3】

(A) 【工程-320】



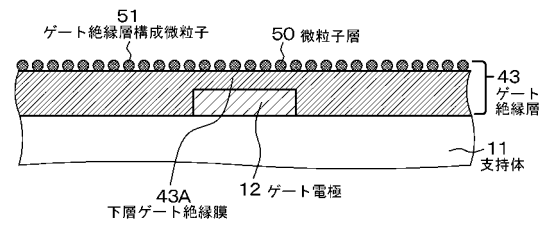
(B) 【工程-330】



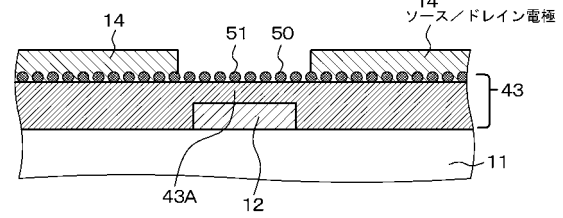
【図 4】

【図 4】

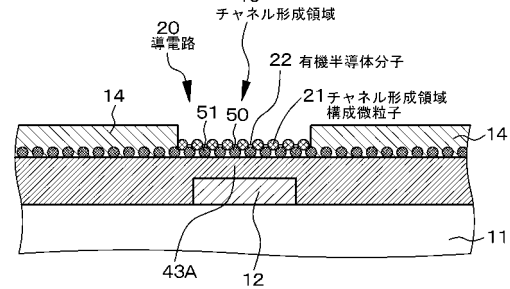
(A) 【工程-410】



(B) 【工程-420】



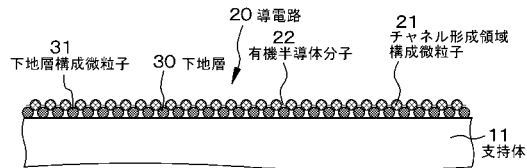
(C) 【工程-430】



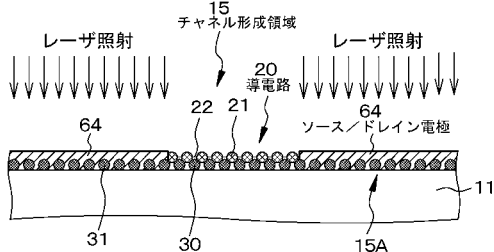
【図 5】

【図 5】

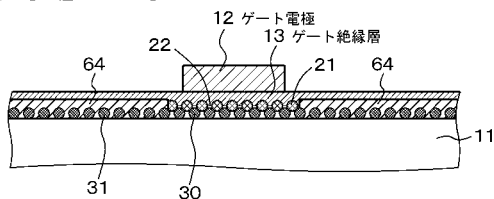
(A) 【工程-510】



(B) 【工程-520】



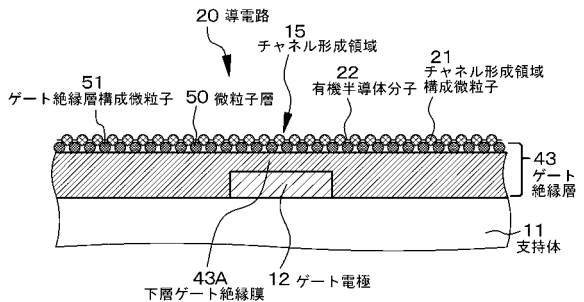
(C) 【工程-530】



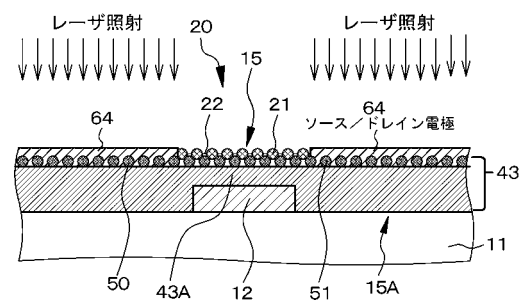
【図 6】

【図 6】

(A) 【工程-620】



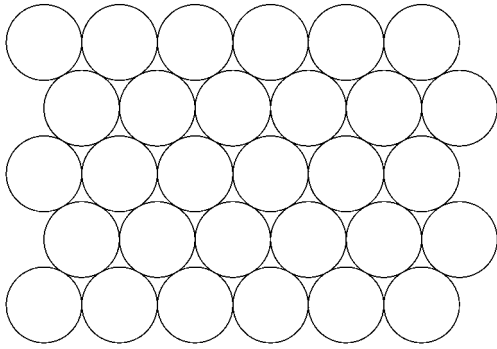
(B) 【工程-630】



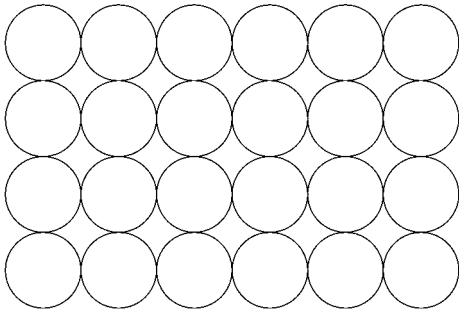
【図 7】

【図 7】

(A)



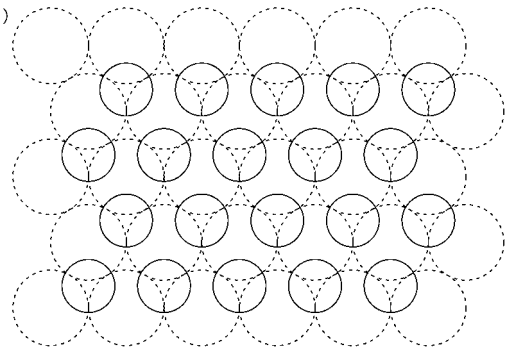
(B)



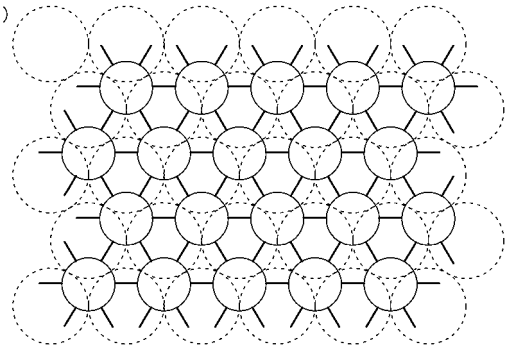
【図 8】

【図 8】

(A)



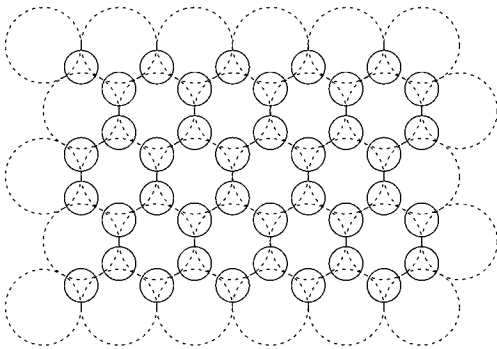
(B)



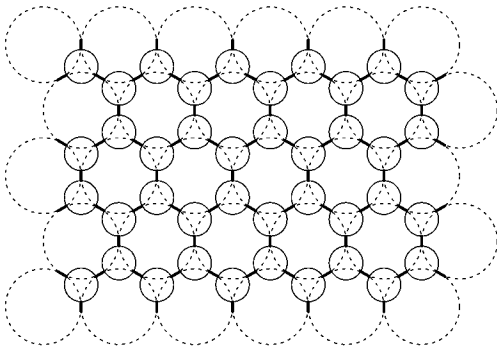
【図 9】

【図 9】

(A)



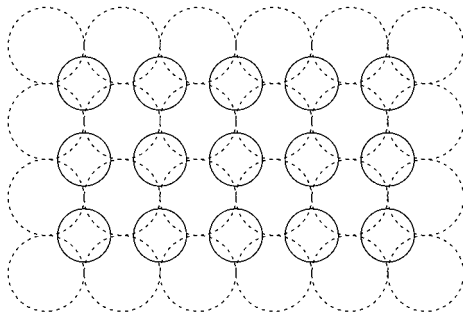
(B)



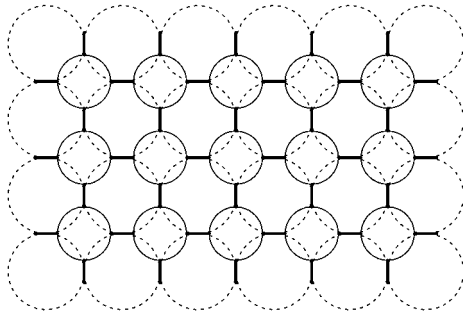
【図 10】

【図 10】

(A)



(B)



 フロントページの続き

| | | | | | |
|----------------|---------------|------------------|----------------|-------|---------|
| (51)Int.Cl. | | | F I | | |
| <i>H 0 1 L</i> | <i>51/40</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 1 L</i> | 29/28 | 2 2 0 A |
| <i>H 0 1 L</i> | <i>29/417</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 1 L</i> | 29/28 | 3 1 0 J |
| <i>H 0 1 L</i> | <i>29/423</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 1 L</i> | 29/28 | 3 1 0 A |
| <i>H 0 1 L</i> | <i>29/49</i> | <i>(2006.01)</i> | <i>H 0 1 L</i> | 29/50 | M |
| | | | <i>H 0 1 L</i> | 29/58 | G |

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

(58)調査した分野(Int.Cl. , D B 名)

| | |
|---------|-------------|
| H 0 1 L | 2 9 / 7 8 6 |
| H 0 1 L | 2 1 / 2 8 8 |
| H 0 1 L | 2 1 / 3 3 6 |
| H 0 1 L | 2 9 / 4 1 7 |
| H 0 1 L | 2 9 / 4 2 3 |
| H 0 1 L | 2 9 / 4 9 |
| H 0 1 L | 5 1 / 0 5 |
| H 0 1 L | 5 1 / 3 0 |
| H 0 1 L | 5 1 / 4 0 |