

【公報種別】特許法第 17 条の 2 の規定による補正の掲載

【部門区分】第 7 部門第 2 区分

【発行日】平成 19 年 9 月 27 日 (2007.9.27)

【公開番号】特開 2005-210107 (P2005-210107A)

【公開日】平成 17 年 8 月 4 日 (2005.8.4)

【年通号数】公開・登録公報 2005-030

【出願番号】特願 2004-373277 (P2004-373277)

【国際特許分類】

H 0 1 L 51/05 (2006.01)

H 0 1 L 21/28 (2006.01)

H 0 1 L 21/02 (2006.01)

H 0 1 L 27/12 (2006.01)

H 0 1 L 29/417 (2006.01)

H 0 1 L 29/423 (2006.01)

H 0 1 L 29/49 (2006.01)

H 0 1 L 29/786 (2006.01)

H 0 1 L 21/336 (2006.01)

【F I】

H 0 1 L 29/28

H 0 1 L 21/28 3 0 1 B

H 0 1 L 27/12 B

H 0 1 L 29/50 M

H 0 1 L 29/58 G

H 0 1 L 29/78 6 1 8 B

H 0 1 L 29/78 6 1 8 A

H 0 1 L 29/78 6 2 7 D

H 0 1 L 29/78 6 2 6 C

【手続補正書】

【提出日】平成 19 年 8 月 9 日 (2007.8.9)

【手続補正 1】

【補正対象書類名】特許請求の範囲

【補正対象項目名】全文

【補正方法】変更

【補正の内容】

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

導体又は半導体から成る微粒子と、該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が基体上に形成された半導体装置であって、

該微粒子は、基体の表面と略平行な面内において 2 次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列されていることを特徴とする半導体装置。

【請求項 2】

微粒子の平均粒径を r_{AVE} 、微粒子の粒径の標準偏差を σ としたとき、 $\sigma / r_{AVE} \leq 0.5$ を満足することを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 3】

有機半導体分子が末端に有する官能基が、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 に記載の半導体装置。

【請求項 4】

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微粒子とが化学的に結

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を特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 5】

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を特徴とする請求項 4 に記載の半導体装置。

【請求項 6】

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微粒子とが 3 次元的に化学的に結合することで、ネットワーク状の導電路が構築されていることを特徴とする請求項 3 に記載の半導体装置。

【請求項 7】

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を特徴とする請求項 6 に記載の半導体装置。

【請求項 8】

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 に記載の半導体装置。

【請求項 9】

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 に記載の半導体装置。

【請求項 10】

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 に記載の半導体装置。

【請求項 11】

基体は、酸化ケイ素系材料、酸化アルミニウム、又は、有機ポリマーから成ることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 12】

基体は、雲母から成ることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 13】

導電路に加えられる電界によって導電路の導電性が制御されることを特徴とする請求項 1 に記載の半導体装置。

【請求項 14】

ゲート電極、ゲート絶縁層、チャンネル形成領域、及び、ソース/ドレイン電極を有する電界効果型トランジスタから成り、

導電路によってチャンネル形成領域が構成されていることを特徴とする請求項 13 に記載の半導体装置。

【請求項 15】

導体又は半導体から成る微粒子と、該微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成される導電路を基体上に形成する工程を含む半導体装置の製造方法であって、

微粒子と有機半導体分子とを結合させる前に、微粒子を、基体の表面と略平行な面内において 2 次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列する、微粒子配列・充填工程を備えていることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 16】

微粒子配列・充填工程は、微粒子を含む溶液から成る薄膜を基体上に形成した後、薄膜に含まれる溶媒を蒸発させる工程から成ることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 17】

微粒子配列・充填工程は、微粒子を含む溶液に基づき薄膜を成膜した後、該薄膜を基体

上に転写する工程から成ることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 18】

微粒子配列・充填工程の実行後、有機半導体分子を接触させる工程を少なくとも 1 回行うことによって、微粒子と有機半導体分子とを結合させることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 19】

微粒子の平均粒径を r_{AVE} 、微粒子の粒径の標準偏差を σ としたとき、 $\sigma / r_{AVE} \leq 0.5$ を満足することを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 20】

有機半導体分子を、その末端の官能基によって、微粒子と化学的に結合させることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 21】

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 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 22】

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 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 23】

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 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 24】

基体は、酸化ケイ素系材料、酸化アルミニウム、又は、有機ポリマーから成ることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 25】

基体は、雲母から成ることを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 26】

導回路の導電性を制御するための電界を生成させる制御部を形成する工程を更に含むことを特徴とする請求項 15 に記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 27】

基体上にソース/ドレイン電極を形成した後、
ソース/ドレイン電極の間の基体上にチャンネル形成領域を形成し、
次いで、ソース/ドレイン電極及びチャンネル形成領域上にゲート絶縁層を形成した後、ゲート絶縁層上にゲート電極を形成する工程から成り、
チャンネル形成領域は、導回路によって構成されており、
該導回路は、導体又は半導体から成る微粒子と、該微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成され、ゲート電極に印加される電圧によって導電性が制御され、
微粒子と有機半導体分子とを結合させる前に、微粒子を、基体の表面と略平行な面内において 2 次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 28】

基体上にチャンネル形成領域を構成するチャンネル形成領域構成層を形成した後、
チャンネル形成領域構成層上に、チャンネル形成領域を挟むようにソース/ドレイン電極を形成し、
次いで、ソース/ドレイン電極及びチャンネル形成領域上にゲート絶縁層を形成した後、ゲート絶縁層上にゲート電極を形成する工程から成り、
チャンネル形成領域は、導回路によって構成されており、

該導電路は、導体又は半導体から成る微粒子と、該微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成され、ゲート電極に印加される電圧によって導電性が制御され、

微粒子と有機半導体分子とを結合させる前に、微粒子を、基体の表面と略平行な面内において２次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 ２ ９】

ゲート絶縁層を構成する基体の一方の面上にソース／ドレイン電極を形成した後、ソース／ドレイン電極の間の基体の一方の面上にチャンネル形成領域を形成し、次いで、ソース／ドレイン電極及びチャンネル形成領域上に電気絶縁性の支持体を形成した後、

ゲート絶縁層を構成する基体の他方の面上にゲート電極を形成する工程から成り、チャンネル形成領域は、導電路によって構成されており、

該導電路は、導体又は半導体から成る微粒子と、該微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成され、ゲート電極に印加される電圧によって導電性が制御され、

微粒子と有機半導体分子とを結合させる前に、微粒子を、基体の表面と略平行な面内において２次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 ３ ０】

ゲート絶縁層を構成する基体の一方の面上にチャンネル形成領域を構成するチャンネル形成領域構成層を形成した後、

チャンネル形成領域構成層上に、チャンネル形成領域を挟むようにソース／ドレイン電極を形成し、

次いで、ソース／ドレイン電極及びチャンネル形成領域上に電気絶縁性の支持体を形成した後、

ゲート絶縁層を構成する基体の他方の面上にゲート電極を形成する工程から成り、チャンネル形成領域は、導電路によって構成されており、

該導電路は、導体又は半導体から成る微粒子と、該微粒子と結合した有機半導体分子とによって構成され、ゲート電極に印加される電圧によって導電性が制御され、

微粒子と有機半導体分子とを結合させる前に、微粒子を、基体の表面と略平行な面内において２次元的に規則的に、且つ、充填状態にて配列することを特徴とする半導体装置の製造方法。

【手続補正 ２】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００３８

【補正方法】変更

【補正の内容】

【００３８】

本発明にあっては、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、導体としての微粒子とは、体積抵抗率が $10^{-4} \cdot m(10^{-2} \cdot cm)$ のオーダー以下である材料から成る微粒子を指す。また、半導体としての微粒子とは、体積抵抗率が $10^{-4} \cdot m(10^{-2} \cdot cm)$ 乃至乃至 $10^{12} \cdot m(10^{14} \cdot cm)$ のオーダーを有する材料から成る微粒子を指す。

【手続補正 ３】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】００３９

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0039】

本発明にあっては、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（ $-N=C$ ）、シアノ基（ $-C\equiv N$ ）、チオアセチル基（ $-SC(=O)CH_3$ ）、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微粒子に結合する官能基である。また、分子の両端に位置する官能基は異なってもよく、両端の官能基の微粒子に対する結合性は近い方がより好ましい。

【手続補正4】

【補正対象書類名】明細書

【補正対象項目名】0040

【補正方法】変更

【補正の内容】

【0040】

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（BPD T）、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）チオフェン、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。

【手続補正5】

【補正対象書類名】明細書

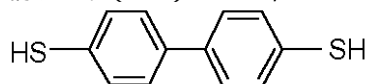
【補正対象項目名】0041

【補正方法】変更

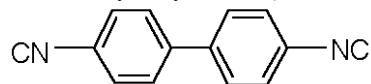
【補正の内容】

【0041】

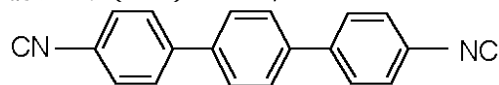
構造式（1）：4,4'-ビフェニルジチオール



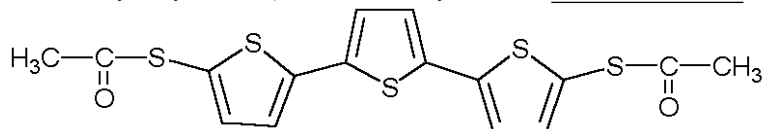
構造式（2）：4,4'-ジイソシアノビフェニル



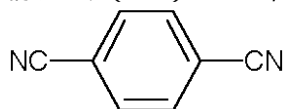
構造式（3）：4,4'-ジイソシアノ-p-テルフェニル



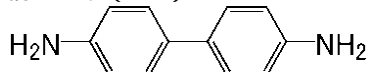
構造式（4）：2,5-ビス（5'-チオアセチル-2'-チオフェニル）チオフェン



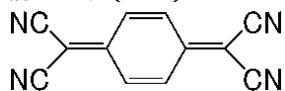
構造式 (5) : 4 , 4 ' - ジイソシアノフェニル



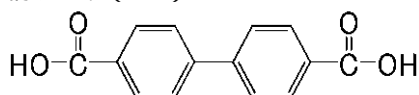
構造式 (6) : ベンジジン (ビフェニル - 4 , 4 ' - ジアミン)



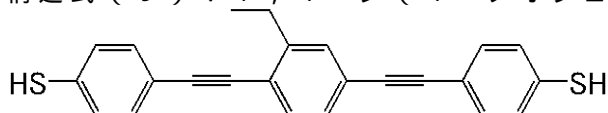
構造式 (7) : T C N Q (テトラシアノキノジメタン)



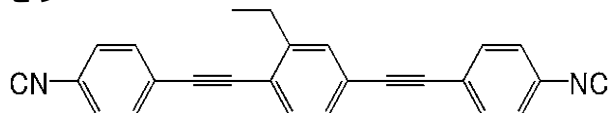
構造式 (8) : ビフェニル - 4 , 4 ' - ジカルボン酸



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



構造式 (10) : 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



【 手 続 補 正 6 】

【 補 正 対 象 書 類 名 】 明 細 書

【 補 正 対 象 項 目 名 】 0 0 7 6

【 補 正 方 法 】 変 更

【 補 正 の 内 容 】

【 0 0 7 6 】

[基 体 の 表 面 処 理]

第 1 の 手 段 は、基 体 と 金 ナ ノ 粒 子 と の 相 互 作 用 を 考 慮 し た 手 段 で あ る。自 己 組 織 化 に よ っ て 金 ナ ノ 粒 子 の 2 次 元 様 の 構 造 を 形 成 さ せ る 際、金 ナ ノ 粒 子 と 基 体 と の 相 互 作 用 が 重 要 と な る。金 ナ ノ 粒 子 の 表 面 状 態 は、主 に そ の 表 面 を 被 覆 し て い る 保 護 膜 を 構 成 す る 分 子 の 性 質 に よ っ て 決 定 さ れ る。そ れ 故、様 々 な 保 護 膜 を 有 す る 金 ナ ノ 粒 子、例 え ば 表 面 に 疎 水 性 を 有 す る 保 護 膜 (保 護 膜 を 構 成 す る 分 子 が 例 え ば ア ル キ ル 基 を 有 す る も の) が 形 成 さ れ た 金 ナ ノ 粒 子 を 用 い、あ る い は、表 面 に 親 水 性 を 有 す る 保 護 膜 (保 護 膜 を 構 成 す る 分 子 が、例 え ば カルボキシ基、ア ミ ノ 基 あ る い は 水 酸 基 を 有 す る も の) が 形 成 さ れ た 金 ナ ノ 粒 子 を 用 い、更 に は、微 粒 子 を 含 む 溶 液 か ら 成 る 薄 膜 を 形 成 す る 前 に 基 体 の 表 面 処 理 を 行 う こ と で 基 体 の 表 面 状 態 を 最 適 化 し、金 ナ ノ 粒 子 及 び 基 体 の 振 る 舞 い を 変 え る こ と が で き、キ ャ ス ト 法 の 実 行 に 最 も 適 し た 条 件 を 得 る こ と が 可 能 と な る (T. Teranishi, et al., Adv. Mater., 2001, 13, 1699 参 照)。こ こ で、 SiO_2 か ら 成 る 基 体 の 表 面 を 親 水 化 処 理 す る 場 合、プ ラ ズ マ ア ッ シ ン グ 処 理 や、ピ ラ ン ハ 溶 液 処 理、酸 素 プ ラ ズ マ 処 理、U V - オ ズ ン 処 理 に よ る 水 酸 基 の 導 入 を 挙 げ る こ と が で き る。一 方、 SiO_2 か ら 成 る 基 体 の 表 面 を 疎 水 化 処 理 す る 場 合、例 え ば、末 端 に 疎 水 基 を 有 す る 処 理 剤 (例 え ば、ヘ キ サ メ チ ル ジ シ ラ ゼ ン [$(\text{CH}_3)_3\text{SiNH}_2\text{Si}(\text{CH}_3)_3$]、オ ク タ デ シ ル ト リ ク ロ ロ シ ラ ン [$\text{C}_{18}\text{H}_{37}\text{SiCl}_3$]) に よ る 表 面 処 理 を 行 え ば よ い。