

(12) 特許協力条約に基づいて公開された国際出願

(19) 世界知的所有権機関
国際事務局

(43) 国際公開日
2012 年 6 月 14 日(14.06.2012)



(10) 国際公開番号
WO 2012/077573 A1

- (51) 国際特許分類:
H01L 29/786 (2006.01) H01L 51/30 (2006.01)
H01L 21/28 (2006.01) H01L 51/40 (2006.01)
H01L 51/05 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
- (21) 国際出願番号: PCT/JP2011/077840
- (22) 国際出願日: 2011 年 12 月 1 日(01.12.2011)
- (25) 国際出願の言語: 日本語
- (26) 国際公開の言語: 日本語
- (30) 優先権データ:
特願 2010-273971 2010 年 12 月 8 日(08.12.2010) JP
- (71) 出願人 (米国を除く全ての指定国について):
シャープ株式会社(SHARP KABUSHIKI KAISHA)
[JP/JP]; 〒5458522 大阪府大阪市阿倍野区長池町
2 2 番 2 2 号 Osaka (JP).
- (72) 発明者; および
(75) 発明者/出願人 (米国についてのみ): 葛本 恭崇
(KUZUMOTO, Yasutaka). 青森 繁 (AOMORI, Shi-
geru). 香村 勝一(KAMURA, Masakazu).
- (74) 代理人: 特許業務法人原謙三国際特許事務所
(HARAKENZO WORLD PATENT & TRADEMARK);
〒5300041 大阪府大阪市北区天神橋 2 丁目北 2
番 6 号 大和南森町ビル Osaka (JP).
- (81) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の国内保
護が可能): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA,
BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO,
CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI,
GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX,
MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT,
QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST,
SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ,
VC, VN, ZA, ZM, ZW.
- (84) 指定国 (表示のない限り、全ての種類の広域保
護が可能): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW,
MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), ユーラシ
ア (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), ヨー
ロッパ (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR),
OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

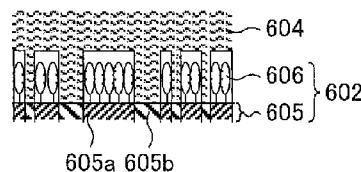
添付公開書類:

— 国際調査報告 (条約第 21 条(3))

(54) Title: ELECTRODE STRUCTURE, ORGANIC THIN-FILM TRANSISTOR PROVIDED WITH SAID ELECTRODE STRUCTURE, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, ORGANIC ELECTROLUMINESCENT PICTURE ELEMENT PROVIDED WITH SAID ORGANIC THIN-FILM TRANSISTOR, ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT, DEVICE PROVIDED WITH SAID ORGANIC ELECTROLUMINESCENT ELEMENT, AND ORGANIC SOLAR CELL

(54) 発明の名称: 電極構成、当該電極構成を備えた有機薄膜トランジスタとその製造方法、当該有機薄膜トランジスタを備えた有機エレクトロルミネッセンス画素、および、有機エレクトロルミネッセンス素子、当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた装置、並びに、有機太陽電池

[図1]



(57) Abstract: An electrode structure (600) of an embodiment of the present invention comprises an electrode (602), an organic layer (604) formed on the electrode (602), a self-organizing layer (606) formed between the electrode (602) and the organic layer (604) and constituted of self-organizing monomolecules having dipoles. The electrode (602) is constituted of a mixed material in which two or more types of electrode material (605a, 605b) are mixed such that surfaces formed from each electrode material appear on the surface of the electrode (602). The self-organizing monomolecules are bonded to one or more types of electrode material (605a) in the mixed material in the surface of the electrode (602) and are not bonded to one or more types of the other (electrode material (605b)).

(57) 要約:

[続葉有]

WO 2012/077573 A1



本発明の一形態の電極構成（６００）は、電極（６０２）と、電極（６０２）の上に形成された有機層（６０４）と、電極（６０２）と有機層（６０４）との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層（６０６）とを備えており、電極（６０２）は、電極（６０２）の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、２種類以上の電極材料（６０５ a, ６０５ b）が混合された混合材料から構成されており、上記自己組織化単分子は、電極（６０２）の表面において、上記混合材料のうち、１種類以上の電極材料（６０５ a）に結合しており、かつ、１種類以上の他の（電極材料６０５ b）には結合していない。

明 細 書

発明の名称：

電極構成、当該電極構成を備えた有機薄膜トランジスタとその製造方法、当該有機薄膜トランジスタを備えた有機エレクトロルミネッセンス画素、および、有機エレクトロルミネッセンス素子、当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた装置、並びに、有機太陽電池

技術分野

[0001] 本発明は、電極構成、当該電極構成を備えた有機薄膜トランジスタとその製造方法、当該有機薄膜トランジスタを備えた有機エレクトロルミネッセンス画素、および、有機エレクトロルミネッセンス素子、当該有機エレクトロルミネッセンス素子を備えた装置、並びに、有機太陽電池に関するものである。

背景技術

[0002] 有機エレクトロルミネッセンス素子（有機EL素子）や液晶を用いた薄型表示装置では、画素を駆動する素子として、薄膜トランジスタ（TFT）が使用されている。その中でも、有機半導体を用いた有機薄膜トランジスタ（有機TFT）は、無機半導体を用いたTFTよりも、簡単で安価な製造方法を用いて製造できることが期待されている。

[0003] 有機TFTでは、電極と有機半導体層との間に、キャリア注入障壁に起因する抵抗が存在する。例えば、p型有機薄膜トランジスタの場合、キャリアであるホールを、ソース電極からp型有機半導体層へ注入するための注入障壁は、ソース電極の仕事関数とp型有機半導体の仕事関数とのエネルギー差である。

[0004] 有機TFTにおいてキャリア注入障壁が大きいと、電極による有機半導体層へのキャリア注入を容易に行うことができず、有機TFTの性能低下につながる。そこで、電極の仕事関数を制御することにより、電極と有機半導体層との間のキャリア注入障壁を低減させる方法が開発されている。

[0005] 例えば、特許文献 1 及び 2 には、電極上に双極子モーメントを有する自己組織化単分子膜 (Self-Assembled Monolayer ; SAM) を形成することによって、双極子モーメントが生じる電位差を利用し、電極の仕事関数を制御する技術が開示されている。図 25 は、特許文献 2 に開示された技術により作製された有機 TFT700 の構成を示す断面図であり、図 26 は、図 25 に示す円の部分を拡大して示す断面図である。図 25 および図 26 に示すように、有機 TFT700 は、ゲート電極 702、ゲート絶縁膜 703、ソース電極 704、ドレイン電極 705、SAM706、有機半導体層 707 を備えている。ここで、SAM706 は、1 種類の有機単分子を電極表面へ吸着させることによって形成されている。

[0006] また、特許文献 3 には、電極の仕事関数をより好適に制御するために、自己組織化単分子膜の面密度を制御する技術が開示されている。図 27 は、特許文献 2 に開示された技術により作製された有機 TFT700 における SAM706 の構成を拡大して示す図である。図 27 に示すように、SAM706 は、双極子モーメントを有する第 1 有機単分子 706a と、双極子モーメントを有さない第 2 有機単分子 706b という、2 種類の単分子から構成されている。これによって、双極子モーメントを有する第 1 有機単分子 706a 面密度が制御されている。

[0007] また、透明電極である第一電極（陽極）と、反射電極である第二電極（陰極）との間に発光層を有する有機層を配した有機 EL 素子が知られている。このような構成の有機 EL 素子の第一電極と第二電極との間に数ボルトの電圧を印加することによって、第一電極から有機層に注入された正孔と、第二電極から有機層に注入された電子とが発光層内で再結合する。発光層内で正孔と電子とが再結合すると、エキシトンが生成され、当該エキシトンが基底状態に戻る際に発光する。有機 EL 素子はこのようなメカニズムで発光する素子である。有機 EL 素子は、自発光、広視野角、および高速応答性等の種々の優れた特性を有することから、表示装置や光源装置などの種々の装置に実装されている。

先行技術文献

特許文献

[0008] 特許文献1：日本国公開特許公報「特開2002-270369号公報（2002年9月20日公開）」

特許文献2：日本国公開特許公報「特開2005-294785号公報（2005年10月20日公開）」

特許文献3：日本国公開特許公報「特開2009-218244号公報（2009年9月24日公開）」

発明の概要

発明が解決しようとする課題

[0009] 上述したように、電極と有機半導体層との間の抵抗は、有機TFETの性能に直結する重要な要素である。ここで、本発明者らは、電極と有機半導体層との間の抵抗が、上述した電極と有機半導体層との間のキャリア注入障壁だけではなく、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗が関わっていることを見出した。すなわち、電極が有機半導体層にキャリア注入を行う際、それらの間に存在する自己組織化層が抵抗層としてキャリア注入を阻害することによって、有機TFETの性能を低下させると考えた。

[0010] そこで、本発明者らは、有機TFETの性能を向上させるためには、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることを両立させることが重要であると考えた。

[0011] しかしながら、特許文献1及び2に開示された方法では、図26に示すように、1種類の有機単分子をソース電極704の表面へ吸着させているため、当該吸着を十分に時間をかけて行うことによりSAM706の面密度を最大に到達させることはできても、所望の値に制御することは困難である。また、電極上の全面にSAM706が存在することによって、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗値が大きい。

[0012] 一方、特許文献３に開示された方法では、図２７に示すように、双極子モーメントを有する第１有機単分子７０６ａの面密度を制御することによって電極の仕事関数を制御している。しかしながら、第１有機単分子７０６ａの面密度を制御するために、これと第２有機単分子７０６ｂとを混ぜ合わせた溶液を電極の表面に塗布し、十分な時間をかけて飽和するまで吸着させているため、ソース電極７０４表面の全てがSAM ７０６で覆われてしまう。よって、特許文献３により作製される有機TF Tにおいても、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗値が大きく、有機TF Tの性能を効果的に向上させることはできない。

[0013] 以上の課題は、上述した有機EL素子にも当てはまる。すなわち、従来公知の有機EL素子では、電極と有機層（発光層）との間の抵抗により、発光効率が悪い。同じく、有機太陽電池にも当てはまる。すなわち、従来公知の有機太陽電池では、電極と有機層（発光層）との間の抵抗により、キャリア取り出し効率が悪い。

[0014] 本発明は、上記の問題に鑑みてなされたものであり、その目的は、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させた電極構成とその製造方法、当該電極構成を備えた有機薄膜トランジスタとその製造方法、当該有機薄膜トランジスタを備えた有機EL画素および有機EL素子、並びに、当該有機EL素子を備えた装置、並びに、有機太陽電池を提供することにある。

課題を解決するための手段

[0015] 本発明の電極構成は、上記の課題を解決するために、

電極と、当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、

上記電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、２種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0016] 上記の構成によれば、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない構成が実現される。このように、電極上における自己組織化層の面密度が、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、電極の仕事関数を精密に制御し、電極と有機層との間におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0017] また、上記構成において、有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0018] 本発明に係る有機薄膜トランジスタは、上記の課題を解決するために、
上記電極構成を有する有機薄膜トランジスタであって、
基板と、
上記基板上に形成されたゲート電極と、
上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、
上記ソース電極および上記ドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間に形成された上記自己組織化層とを備えており、
上記少なくとも一方の電極は、上記混合材料から構成されており、
上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一

方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0019] 上記構成において、ソース電極および／またはドレイン電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0020] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合した自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機薄膜トランジスタの製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0021] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して有機半導体層が形成されている。このため、有機半導体層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0022] したがって、本発明に係る有機薄膜トランジスタによれば、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることを両立させることが可能である。このため、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる高性能な有機薄膜トランジスタを実現することができる。

[0023] 本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス画素は、上述したいずれかの有機薄膜トランジスタを備えることが好ましい。上記構成によれば発光効率の良好な有機エレクトロルミネッセンス画素を提供することができる。

[0024] 本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、上記の課題を解決するために、

上記の電極構成を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、上記の電極構成の上記有機層としての、発光層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記発光層を含む有機層との間に形成された上記自己組織化層を備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、上記混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0025] 上記構成において、第一電極および／または第二電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0026] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合した自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0027] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して、発光層を含む有機層が形成されている。このため、当該有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料から

なる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0028] したがって、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子によれば、電極の仕事関数を精密に制御して障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることを両立させることが可能である。このため、発光効率の良好な有機エレクトロルミネッセンス素子を実現することができる。

[0029] また、本発明には、上述した有機エレクトロルミネッセンス素子を備える装置も含まれる。上記構成によれば、有機エレクトロルミネッセンス素子は発光効率が良好であるため、低消費電力で高輝度を呈する表示装置や光源装置などの種々の装置を実現することができる。

[0030] 本発明に係る有機太陽電池は、上記の課題を解決するために、

上記の電極構成を備えた有機太陽電池であって、電極構成の上記有機層としての、光電変換層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機太陽電池であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記光電変換層を含む有機層との間に形成された上記自己組織化層とを備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、上記混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0031] 上記構成において、第一電極および／または第二電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0032] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合した自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少

なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機太陽電池の製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0033] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して、光電変換層を含む有機層が形成されている。このため、当該有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0034] したがって、本発明に係る有機太陽電池によれば、電極の仕事関数を精密に制御して障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させることが可能である。このため、キャリアの取り出し効率を高めた有機太陽電池を実現することができる。

[0035] また本発明の、電極構成の製造方法は、

電極と、当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えた電極構成の製造方法であって、

上記電極を、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、２種類以上の電極材料を混合することにより形成する工程と、

上記２種類以上の電極材料のうち、１種類以上の電極材料と結合し、かつ、１種類以上の他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、

他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を当該電極から除去する工程と、

を含むことを特徴としている。

[0036] 上記の構成によれば、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる有機薄膜トランジスタを好適に製造することができる。

[0037] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの製造方法は、
基板と、
上記基板上に形成されたゲート電極と、
上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、

上記ソース電極およびドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備える有機薄膜トランジスタの製造方法であって、

上記少なくとも一方の電極を、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、２種類以上の電極材料を混合することにより形成する工程と、

上記少なくとも一方の電極上に、上記２種類以上の電極材料のうち、１種類以上の電極材料と結合し、かつ、１種類以上の他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、

上記少なくとも一方の電極を洗浄することにより、上記他の電極材料上に塗布された上記自己組織化単分子を当該電極から除去する工程とを含むことを特徴としている。

[0038] 上記方法によれば、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる有機薄膜トランジスタを好適に製造することができる。

発明の効果

[0039] 本発明によれば、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させた電極構成とその製造方法、当該電極構成を備えた有機薄膜トランジスタとその製造方法、当該有機薄膜トランジスタを備えた有機ＥＬ

画素および有機EL素子、並びに、当該有機EL素子を備えた装置、並びに、有機太陽電池を提供することができる。

図面の簡単な説明

[0040] [図1]本発明の電極構成の一形態の断面図である。

[図2]本発明の実施例1に係る有機TFEにおけるソース電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図3]本発明の有機TFEの一実施形態に係る有機TFEの構成を概略的に示す断面図である。

[図4]図3に示す有機TFEの他の例による構成を概略的に示す断面図である。

[図5] (a) ~ (e) は、図4に示す有機TFEの製造方法を説明するための断面図である。

[図6]有機TFEにおけるキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図であり、(a)は従来例を示し、(b)は実施例1を示している。

[図7]本発明の実施例2に係る有機TFEにおけるソース電極、ドレイン電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図8]有機TFEにおけるキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図であり、(a)は実施例1を示し、(b)は実施例2を示している。

[図9]本発明の実施例3に係る有機TFEにおけるソース電極、ドレイン電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図10]有機TFEにおけるキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図であり、(a)は実施例1を示し、(b)は実施例3を示している。

[図11]本発明の実施例4に係る有機TFEにおけるソース電極、ドレイン電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図12]有機TFEにおけるキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイア

グラムを示す図であり、（a）は実施例 1 を示し、（b）は実施例 4 を示している。

[図13]本発明の実施例 5 に係る有機 T F T におけるソース電極、ドレイン電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図14]有機 T F T におけるキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図であり、（a）は実施例 1 を示し、（b）は実施例 5 を示している。

[図15]本発明の実施例 6 に係る有機 T F T におけるソース電極および自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図16]本発明の一実施形態に係る有機 E L 画素を概略的に示す回路図である。

[図17]本発明の一実施形態に係る有機 E L 素子を概略的に示す断面図である。

[図18]図 1 7 に示した有機 E L 素子の部分拡大図である。

[図19]図 1 7 に示した有機 E L 素子のキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図である。

[図20]図 1 7 に示した有機 E L 素子を備えた有機 E L 画素を概略的に示す回路図である。

[図21]図 2 0 に示した有機 E L 画素を配列してなる有機 E L ディスプレイを概略的に示す回路図である。

[図22]本発明の一実施形態に係る有機太陽電池を概略的に示す断面図である。

[図23]図 2 2 に示した有機太陽電池の部分拡大図である。

[図24]図 2 2 に示した有機太陽電池のキャリア注入障壁を説明するためのバンドダイアグラムを示す図である。

[図25]従来例に係る有機 T F T の構成を概略的に示す断面図である。

[図26]図 2 5 に示す有機 T F T における自己組織化層の構成を示す断面図である。

[図27]他の従来例に係る有機 T F T における自己組織化層の構成を示す断面図である。

発明を実施するための形態

[0041] 〔実施形態 1〕

本発明の電極構成の一形態について図 1 に基づいて説明する。図 1 は、本実施形態の電極構成の断面図である。

[0042] 本実施形態の電極構成 600 は、電極 602 と、電極 602 の上に形成された有機層 604 とを備えている。

[0043] 電極 602 は、電極材料層 605 と、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層 606 とを有している。この自己組織化層 606 は、電極材料層 605 と有機層 604 との間に形成されたかたちとなっている。

[0044] そして電極材料層 605 は、自己組織化層 606 側の表面に、各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2 種類以上の電極材料 605 a, 605 b が混合された混合材料から構成されている。自己組織化層 606 を構成する自己組織化単分子は、電極材料層 605 の表面において、上記混合材料のうちの電極材料 605 a に結合しており、かつ、他の電極材料 605 b には結合していない。

[0045] 以上の構成を具備する本実施形態の電極構成 600 は、以下の製造方法によって製造することができる。具体的には、電極材料層 605 を、電極材料層 605 の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2 種類以上の電極材料 605 a, 605 b を混合することにより形成する工程と、電極材料 605 a と結合し、かつ、他の電極材料 605 b とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、他の電極材料 605 b とは結合しない自己組織化単分子を当該電極材料層 605（具体的には他の電極材料 605 b）から除去する工程と、有機層 604 を形成する工程とを含む方法を採用することができる。

[0046] 電極材料層 605 の各電極材料 605 a, 605 b、自己組織化層 606

、および有機層 604 については従来周知の材料を用いて構成することができる。また例えば後述する実施形態 2 以降に例示したものを用いることができる。

[0047] ここで、自己組織化単分子が結合する電極材料は 1 種類に限定されるものではなく、複数種類の電極材料であってもよい。また、自己組織化単分子が結合しない電極材料も 1 種類に限定されるものではなく、複数種類の電極材料であってもよい。

[0048] 本実施形態の電極構成 600 は、以上のように構成することにより、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない構成を実現している。このように、電極 602 上における自己組織化層の面密度が、電極 602 の電極材料層 605 を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、電極 602 の仕事関数を精密に制御し、電極 602 と有機層 604 との間におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0049] また、上記構成において、有機層 604 は、自己組織化層 606 において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、電極 602 の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料 605 b からなる部分に接触可能である。これによって、電極 602 と有機層 604 との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0050] [実施形態 2]

本発明の有機薄膜トランジスタの一実施形態について図 2～14 に基づいて説明すると以下の通りである。本実施形態の有機薄膜トランジスタは、ソース電極とドレイン電極とに、上記実施形態 1 の電極構成を適用している。

[0051] まず、図 3 に基づいて、本実施形態における有機薄膜トランジスタ（有機 TFT）100 の概略構成について説明する。

[0052] 図 3 は、本実施形態に係る有機 TFT 100 の層構成を示す断面図である

。図3に示すように、有機TFT100は、基板1、ゲート電極2、ゲート絶縁膜3、ソース電極4、ドレイン電極5、自己組織化層6、および有機半導体層7（有機層）を備えている。

[0053] 基板1上には、ゲート電極2とゲート絶縁膜3とが形成され、ゲート絶縁膜3上には、ソース電極4とドレイン電極5とが分離されて形成されている。ソース電極4とドレイン電極5との間の領域をチャンネル部20と称する。

[0054] また、ソース電極4上にはソース側自己組織化層（第1自己組織化層）6aが形成されており、ドレイン電極5上にはドレイン側自己組織化層（第2自己組織化層）6bが形成されている（6aと6bを併せて単に自己組織化層6と称する場合がある）。なお、自己組織化層6は、ソース電極4およびドレイン電極5の各々において、少なくともチャンネル部20に接している部分に形成されていれば足りる。

[0055] ここで、ソース電極4は、ソース側自己組織化層6aを構成する自己組織化単分子が結合できる材料4aと、当該自己組織化単分子が結合できない材料とを含んだ混合材料4bから構成される。同様に、ドレイン電極5は、ドレイン側自己組織化層6bを構成する自己組織化単分子が結合できる材料5aと、当該自己組織化単分子が結合できない材料5bとを含んだ混合材料から構成される。

[0056] すなわち、ソース側自己組織化層6aを構成する自己組織化単分子は、ソース電極4の表面のうち、当該自己組織化単分子が結合できる材料4aからなる部分に結合している。同様に、ドレイン側自己組織化層6bを構成する自己組織化単分子は、ドレイン電極5の表面のうち、自己組織化単分子が結合できる材料5aからなる部分に結合している。一方、ソース電極4およびドレイン電極5の各々の表面のうち、自己組織化単分子が結合できない材料4b、5bからなる部分には、自己組織化層6の自己組織化単分子が存在しない。よって、有機半導体層7は、自己組織化層6における自己組織化単分子が存在しない間隙を介して、ソース電極4およびドレイン電極5に直接接している。

[0057] なお、自己組織化層は、チャネル部20上に形成されていてもよい。チャネル部20上に自己組織化層が形成される場合、チャネル部20の界面（有機半導体層7とゲート絶縁膜3との界面）でのキャリアトラップが抑えられ、これによって大きな電流量を確保することができる。ここで、チャネル部20上に形成される自己組織化層を構成する自己組織化単分子の双極子の大きさは、キャリアトラップをより効果的に抑えるために、できるだけ小さいことが望ましい。

[0058] なお、チャネル部20上に形成される自己組織化層（他の自己組織化層）は、ソース電極4上に形成されるソース側自己組織化層6aを構成する自己組織化単分子と同じ種類の自己組織化単分子から構成されていれば良い。あるいは、これとは別の種類の自己組織化単分子から構成されていてもよい。または、チャネル部20上に形成される自己組織化層は、ドレイン電極5上に形成されるドレイン側自己組織化層6bを構成する自己組織化単分子と同じ種類の自己組織化単分子から構成されていれば良い。あるいは、これとは別の種類の自己組織化単分子から構成されていてもよい。

[0059] 以下、各部材の詳細について説明する。

[0060] （基板1）

基板1は、種々の材料から選択することができる。例えば、ガラスもしくは石英などの絶縁物、またはシリコン等の半導体材料を用いることができる。また、フレキシブルな有機TFOT100を作製する場合には、基板1は、SUSやアルミニウムなどから成る薄膜金属、または、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、もしくはポリイミド（PI）等のプラスチック材料等を用いることができる。

[0061] （ゲート電極2）

ゲート電極2は、金、銀、銅、チタン、もしくはアルミニウム等の金属材料やこれらを含む合金、インジウム・スズ酸化物（ITO）もしくはインジウム・亜鉛酸化物（IZO）等の導電性酸化物材料、シリコン、ガリウム砒

素やこれら材料にホウ素やリン等のドーパントを高濃度で注入し導電性を高めるなどした各種の半導体材料、またはPEDOT:PSSやポリチオフェン等の導電性有機材料など、各種導電性材料またはこれらの混合物もしくは化合物を用いることができる。また、基板1との密着性を向上させるために、基板1と良好な密着性を有する材料とゲート電極用材料との二層構造とするなど、多層構造からなるゲート電極を用いてもよい。

[0062] ゲート電極2の形成方法としては、例えば抵抗加熱法、電子ビーム蒸着法、またはスパッタリング法といった物理気相成長法によって、基板1上に目的の電極材料を形成する方法が挙げられる。また、インクジェット法またはグラビア印刷法といった印刷技術によって形成することが可能である。また、適宜、メタルマスクやフォトリソグラフィを用いたパターニングによって形成することも可能である。

[0063] なお、図4に示すように、基板1とゲート電極2とが同一材料から一体的に形成された基板11を用いてもよい。この場合、例えば、基板1として不純物を高濃度に注入した低抵抗シリコン基板を用い、これ自体をゲート電極として利用してもよい。

[0064] (ゲート絶縁膜3)

ゲート絶縁膜3は、シリコン、アルミニウム、チタン等の金属等の酸化物絶縁材料や、ポリイミドのような有機絶縁材料を用いることができる。

[0065] ゲート絶縁膜3の形成方法としては、熱酸化法、化学気相成長法、スパッタリング法、およびスピコート法などを挙げることができる。

[0066] なお、ゲート絶縁膜3においてチャネル部20に接する表面に対して、ヘキサメチルジシラザンやオクタデシルトリクロロシランなどの自己組織化単分子膜を処理することにより、有機TFET100の特性を向上することができる。そこで、ゲート絶縁膜3の形成後には、上記の自己組織化単分子膜表面処理を行うことが好ましい。

[0067] (ソース電極4およびドレイン電極5)

ソース電極4およびドレイン電極5は、それぞれ、各種導電性材料の混合

材料から構成される。各種導電性材料としては、金、銀、銅、チタン、もしくはアルミニウム等の金属材料やこれらを含む合金、インジウム・スズ酸化物（ITO）、もしくはインジウム・亜鉛酸化物（IZO）等の導電性酸化物材料、シリコンもしくはガリウム砒素やこれら材料にホウ素やリン等のドーパントを高濃度で注入し導電性を高めるなどした各種の半導体材料、または、PEDOT：PSS等の導電性有機材料などが挙げられる。

[0068] なお、ソース電極4およびドレイン電極5の各々を構成する混合材料として、いずれの材料を組み合わせたものを用いるかについては、後述するように、各電極上の自己組織化層6の自己組織化単分子が結合可能である材料と、結合できない材料とから適宜選択すればよい。

[0069] ソース電極4およびドレイン電極5の形成方法としては、例えば、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気下の真空状態で、メタルマスクを用いた多元同時真空蒸着法または多元スパッタリング法等の物理気相成長法によって形成する方法が挙げられる。また、例えば、各電極材料からなるナノ粒子を作製し、これらを混ぜて混合電極材料インクを調整した後、インクジェット法またはスクリーン印刷法等の印刷法で塗布し、不活性雰囲気下で焼成処理を行うことによって形成してもよい。

[0070] なお、ソース電極4およびドレイン電極5の各々を構成する混合材料における「混合」とは、各導電性材料の粒子が適度に混ざり合っている状態であることが好ましい。また、各導電性材料の混合程度は、各電極の表面において、各導電性材料からなる表面が現れている程度であればよい。

[0071] （自己組織化層6）

自己組織化層6は、自己組織化単分子が集まって形成された自己組織化単分子膜（SAM：Self-Assembled Monolayers）から構成される。ここで、自己組織化層6の自己組織化単分子は、ソース電極4またはドレイン電極5を構成する混合材料のうち、1つ以上の材料と結合可能であり、かつ、1つ以上の材料と結合できないものから選択される。

[0072] 例えば、ソース電極4およびドレイン電極5が、金とシリコンの混合物か

ら構成される場合、自己組織化層 6 は金と結合でき、かつシリコンと結合できないチオール分子や、シリコンと結合でき、かつ金と結合できないシランカップリング剤分子等から選択することができる。また別の例では、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 がそれぞれアルミニウムと銀の混合物から構成される場合、自己組織化層 6 はアルミニウムと結合でき、かつ銀と結合できないホスホン酸分子等から選択することができる。

[0073] なお、自己組織化単分子と電極材料との結合について、「結合できる」なる文言、または「結合できない」なる文言は、絶対的な意味ではなくともよい。具体的には、有機 T F T 1 0 0 の製造時、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各電極上に自己組織化単分子からなる材料を塗布した後、共通する洗浄工程によって、電極から当該材料を除去できるか、又は、除去できないかに基づいて定めることができる。また、自己組織化単分子と電極材料との「結合」としては、例えば化学結合が挙げられる。

[0074] また、自己組織化層 6 を構成する自己組織化単分子は、後述にて詳細を説明するが、ソース電極 4 またはドレイン電極 5 と有機半導体層 7 との間におけるキャリア注入障壁を低減させるような、双極子モーメントを有することが好ましい。

[0075] ここで、p 型の有機 T F T を例にして、キャリアであるホールがソース電極 4 から有機半導体層 7 へ注入される際のキャリア注入障壁について、図 6 を参照して説明する。

[0076] 図 6 は、ソース電極 4、ドレイン電極 5 の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層 7 のホール注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。図 6 (a) は、自己組織化層が形成されていない従来例に係る有機 T F T を示しており、(b) は、本実施形態に係る有機 T F T の一例を示している。

[0077] 図 6 (a) (b) に示すように、ホールをソース電極から有機半導体層へ注入するための注入障壁は、ソース電極の仕事関数と、有機半導体の仕事関数の差によって定まる。

[0078] 本実施形態の一例では、ソース側自己組織化層 6 a の自己組織化単分子が、ソース電極 4 側に正の電荷、有機半導体層 7 側に負の電荷を持つような双極子モーメントを有する。このため、ソース側自己組織化層 6 a による電気 2 重層の効果によって、ソース電極 4 の仕事関数が増加する。これによって、図 6 (b) に示すように、ソース電極 4 の仕事関数が有機半導体層 7 の仕事関数に近づくため、ソース電極 4 側のキャリア注入障壁は減少する。

[0079] また、ホールを有機半導体層 7 からドレイン電極 5 へ移動するための障壁は、ドレイン電極の仕事関数と、有機半導体層の仕事関数とのエネルギー差によって定まる。大抵の場合、当該エネルギー差はゼロ以下になり、その絶対値を大きくすることによりキャリアを注入し易くなる。この場合、ドレイン電極 5 と有機半導体層 7 との間における障壁を低減させるためには、ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子が、ソース側自己組織化層 6 a のものとは逆の向き、すなわち、ドレイン電極 5 側に負の電荷、有機半導体層 7 側に正の電荷を持つような双極子モーメントを有することが好ましい。ただし、図 6 (b) において、ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子は、好ましい向きとは逆の向きの双極子を有しているため、ドレイン電極 5 側の障壁は増加している。

[0080] なお、キャリア注入障壁の減少または増大の程度は、自己組織化単分子の持つ双極子モーメントの大きさ、自己組織化単分子の密度、及び自己組織化層 6 の誘電率に比例する。これらのパラメータを考慮して、エネルギー障壁を低減できるような自己組織化単分子を選択する必要がある。

[0081] また、自己組織化層 6 を構成する自己組織化単分子は、自己組織化層 6 が有機半導体層 7 に与える影響の観点に基づいて選んでもよい。有機 T F T 1 0 0 におけるキャリア移動度は、一般に有機半導体層 7 の構成材料のグレインサイズが大きい方が高くなり、このグレインサイズは、一般に自己組織化層 6 の表面エネルギーが小さい方が大きくなる。なお、自己組織化層 6 が無い場合には有機半導体層 7 のグレインサイズは小さくなってしまうため、これは自己組織化層 6 を用いる利点の一つとなる。

[0082] そこで、有機半導体層 7 のグレインサイズを大きくするために、自己組織化層 6 の材料は表面エネルギーが小さい材料であることが好ましい。具体的には、例えばフルオロ基、クロロ基、またはメチル基などの官能基を数多く有する、*n*-オクタデカンチオール、パーフルオロベンゼンチオール、およびフルオロベンゼンチオール等のチオール分子、オクタデシルトリクロロシラン、およびヘキサメチルジシラザン等のシランカップリング剤分子、ならびに *n*-オクタデシルフォスフォニックアシッド等のホスホン酸分子が挙げられる。

[0083] なお、自己組織化層 6 の材料は、本明細書に挙げた具体例に限定されることがなく、適宜選択可能である。

[0084] 自己組織化層 6 の形成方法としては、例えば、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 を形成した基板 1 に対して、自己組織化層 6 の材料による溶液を塗布した後、基板 1 の洗浄を繰り返す方法が挙げられる。塗布方法としては、基板 1 を溶液に直接浸漬するディップ法や、ディスペンサまたはインクジェット等による塗布・印刷法が挙げられる。自己組織化層 6 の形成方法において、自己組織化層 6 の材料は、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 のうち、強固に結合可能な材料の部分に対して結合し、自己組織化膜を形成するが、強固に結合できない部分からは洗浄などの簡便な手法によって取り除かれる。また、例えばフッ素コーティング等を施したメタルマスクを介して自己組織化層 6 の材料による溶液をキャストし、その後洗浄を繰り返すことによってパターンニング形成してもよい。

[0085] (有機半導体層 7)

有機半導体層 7 の材料は、低分子系と高分子系に大別される。一般的に、有機半導体材料には *p* 型のものが多く、その代表として、低分子系ではペンタセンやルブレン等が挙げられ、高分子系ではポリチオフェンやポリフェニレンビニレン等が挙げられる。

[0086] 一方、*n* 型の有機半導体材料としては、C₆O フラーレン、ペリレン及びその誘導体、ならびにペンタセンやフタロシアニン等の *p* 型である有機半導

体材料にフッ素基を導入することでn型材料化したパーフルオロペンタセンおよびヘキサデカフルオロ亜鉛フタロシアニン等が挙げられる。

[0087] 有機半導体層7の成膜手法は、その材料が低分子系有機半導体であるか高分子系有機半導体であるかにより異なる場合が多い。一般に、低分子系有機半導体分子は、高分子系有機半導体分子に比べて沸点が低く、また溶媒に溶解し難い性質を持つことから、抵抗加熱法による真空蒸着法によって成膜することが好ましい。一方、高分子系有機半導体層は溶媒に溶解し易い性質を持つものが多いため、インクジェット法等による印刷技術によって形成することが好ましい。

[0088] 以上の構成によれば、本実施形態に係る有機TFETでは、ソース電極4およびドレイン電極5を、双極子を有する自己組織化単分子が結合できる電極材料と、結合できない電極材料との混合材料から形成するため、この混合比率を調節することによって、電極表面に形成される自己組織化層6の面密度を制御することができる。すなわち、SAM結合の複雑なパラメータを調整する必要がない。このため、自己組織化層6の面密度を容易に制御することができ、電極の仕事関数の精密な制御を行うことが可能である。

[0089] また、電極上において自己組織化層6が結合しない部分には、有機半導体層7が入り込んで直接電極と接触するため、電極と有機半導体層7との間における物理的な抵抗を抑えることができる。

[0090] したがって、本実施形態によれば、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させることができ、有機TFETの性能を好適に向上させることができる。

[0091] (実施形態2の実施例)

以下、実施例1～6に基づいて本発明の実施形態2をより詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。なお、実施例1～6では、p型の有機半導体材料であるペンタセンを用いた有機TFETの実施例について説明する。また、実施例1～6に係る有機TFETの基本的な構成は

、図４に示す有機ＴＦＴ２００の構成と同様である。

[0092] （実施例１）

まず、実施例１により作製される有機ＴＦＴ２００の構成について、図２を参照して示す。図２は、有機ＴＦＴ２００におけるソース電極４およびソース側自己組織化層６ａを拡大して示す断面図である。

[0093] 図２に示すように、ソース電極４は、自己組織化単分子が強固に結合可能な材料（結合材料と称する）４ａと、自己組織化単分子が強固に結合できない材料（非結合材料と称する）４ｂとから構成されている。よって、ソース電極４の表面のうち、結合材料４ａからなる部分には自己組織化単分子が結合し、これによってソース側自己組織化層６ａが形成されている。一方、非結合材料４ｂからなる部分には自己組織化単分子が結合していない。このため、有機半導体層７は、ソース電極４の表面のうち非結合材料４ｂからなる部分に接している。したがって、ソース電極４は、非結合材料４ｂからなる表面を介して、有機半導体層７にキャリアを直接注入することができる。

[0094] なお、ドレイン電極５およびドレイン側自己組織化層６ｂは、図示していないが、ソース電極４およびソース側自己組織化層６ａと同様の構成を有しているものとする。例えば、ドレイン電極５は、ドレイン側自己組織化層６ｂの自己組織化単分子が結合する結合材料５ａと、結合できない非結合材料５ｂとから構成されている。

[0095] また、ソース側自己組織化層６ａの自己組織化単分子と、ドレイン側自己組織化層６ｂの自己組織化単分子とは、同様に、電極側に正の電荷を、有機半導体層７側に負の電荷を持つ双極子モーメントを有している。このため、ソース側自己組織化層６ａは、ソース電極４から有機半導体層７へのキャリア注入特性を向上させる機能を有する。

[0096] 以下に実施例１に係る有機ＴＦＴ２００の製造方法の例について図５を参照して説明する。図５は、有機ＴＦＴ２００の製造方法におけるプロセス工程を示す断面図である。

[0097] まず、図５（ａ）に示すように、ゲート電極を兼ねた基板１１としてＮ型

の単結晶シリコン基板を用い、この基板 11 上にゲート絶縁膜 3 としてシリコンの熱酸化膜を膜厚 100 nm で形成した。

[0098] 次に、チャネル部の界面処理を行うため、ヘキサメチルジシラザン溶液を基板 11 上に滴下して 120℃オープン中で 30 分処理した後、アセトン溶液中に 5 分間浸した。続いて、基板 11 をイソプロピルアルコール溶液中に 5 分間浸した後、窒素ブローで乾燥させる工程によって、チャネル部 20 を表面エネルギーの低いヘキサメチルジシラザン分子の自己組織化単分子膜によって修飾した（図示せず）。

[0099] 続いて、ゲート絶縁膜 3 上にソース電極 4 およびドレイン電極 5 を作製するために、開口部を有するフォトレジスト膜 12 を作製した。

[0100] 次に、図 5（b）に示すように、結合材料 4a、5a となる金（Au）と、非結合材料 4b、5b となるインジウム・スズ酸化物（ITO）とを、二元同時スパッタリングによって金および ITO からなる薄膜 13 を膜厚 60 nm で成膜した。金と ITO の比率は 0.7 : 0.3 とした。また、実施例 1 の他の例として、薄膜 13 における金と ITO の比率を 0.5 : 0.5 としたものも作製した。

[0101] その後、フォトレジスト膜 12 を除去するため、N-メチルピロリドン溶媒中に基板 11 を浸漬するリフトオフ工程を行い、フォトレジスト膜 12 上に積層されていた不要な ITO 及び金からなる薄膜 13 を除去した。これにより、図 5（c）に示すように、ゲート絶縁膜 3 上に、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 を形成した。

[0102] 続いて、窒素雰囲気下で 10 mM の濃度のペンタフルオロベンゼンチオール溶液（無水エタノール溶媒）中に基板を浸した。3 時間静置した後、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に 5 分浸漬する作業を 3 回繰り返して、最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、金の電極部分をペンタフルオロベンゼンチオール（PFBT）の自己組織化単分子膜からなる自己組織化層 6 で修飾した（図 5（d））。なお、ペンタフルオロベンゼンチオールの自己組織化単分子膜は、ソース電極 4 側に正の電荷を、有機半

導体層 7 側に負の電荷を持つ双極子モーメントを有する。

[0103] ここで、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 について、光電子分光法によって、仕事関数を測定した。また、ソース及びドレイン電極の表面を覆う自己組織化層 6 の面密度を、A T R 法により測定した。結果、金と I T O の比率が 0. 7 : 0. 3 である例において約 7 0 % であり、金と I T O の比率が 0. 5 : 0. 5 の他の例において約 5 0 % であると求められた。これは、電極材料の構成比率を調整することにより、電極表面における自己組織化層 6 の面密度を制御できることを意味している。

[0104] 最後に、図 5 (e) に示すように、p 型の有機半導体材料ペンタセンを用いて 1 0 0 n m の有機半導体層 7 を形成した。有機半導体層 7 は、基板温度 5 0 ° C の条件で、チャンネル部 2 0 と自己組織化層 6 とを囲む開口部を有するマスクを介し、真空蒸着法によって形成した。

[0105] なお、上述した方法では、結合材料 4 a と結合材料 5 a、および、非結合材料 4 b と非結合材料 5 b には、それぞれ同じ材料を用いているが、異なる材料を用いてもよい。

[0106] (比較例 1)

比較例 1 として、ソース電極 4、ドレイン電極 5、および自己組織化層 6 の各々の材料が実施例 1 とは異なる有機 T F T を作製した。具体的には、比較例 1 に係る有機 T F T は、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 を、金を材料として E B 蒸着法によって形成し、自己組織化層 6 を、ペンタフルオロベンゼンチオール (P F B T) とベンゼンチオール (B T) の混合物から形成したこと以外は、実施例 1 と同様の方法により形成した。なお、ペンタフルオロベンゼンチオールとベンゼンチオールの比率は、0. 7 : 0. 3 とした。

[0107] 比較例 1 に係る有機 T F T では、ペンタフルオロベンゼンチオールとベンゼンチオールは共に金と結合するため、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 における表面全面に自己組織化層 6 が形成された。

[0108] (比較例 2)

比較例 2 として、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各々の材料が実施例 1 とは異なる有機 T F T を作製した。具体的には、比較例 2 に係る有機 T F T は、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 を、I T O を材料として、スパッタ法により形成したこと以外は、実施例 1 と同様の方法により作製した。

[0109] 比較例 2 に係る有機 T F T では、ペンタフルオロベンゼンチオール分子が I T O と結合しないため、自己組織化層 6 が形成されなかった。

[0110] (実施例 1 の効果)

以上の方法によって作製された実施例 1 の各例におけるソース電極 4 の仕事関数を表 1 に示す。なお、表 1 において、S A M 層とは、ソース側自己組織化層 6 a を意味している。

[0111] [表 1]

	金:ITO比率	仕事関数[eV]
		SAM層形成前→SAM層形成後
実施例 1	0.5:0.5	4.94→ 5.08
	0.7:0.3	4.95→ 5.21

[0112] 表 1 に示すように、実施例 1 では、ソース電極 4 の仕事関数が、自己組織化層 6 の形成前よりも形成後において増加している。

[0113] ここで、実施例 1 におけるキャリア注入障壁について図 6 を参照して説明する。図 6 は、ソース電極 4、ドレイン電極 5 の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層 7 のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。また、図 6 (a) は比較例 2 に係る有機 T F T を示しており、図 6 (b) は実施例 1 に係る有機 T F T 2 0 0 を示している。

[0114] 図 6 (a) (b) に示すように、実施例 1 では、比較例 2 よりも、ソース電極 4 の仕事関数が増加することによって、その値は有機半導体層 7 の仕事関数の値に近づいている。このため、実施例 1 では、ソース電極 4 と有機半導体層 7 との間におけるキャリア注入障壁が減少している。

[0115] また、表 1 によれば、実施例 1 では、金 : ITO の比率が、0.5 : 0.5 であるものよりも、0.7 : 0.3 であるもののほうが、ソース電極 4 の仕事関数が増加している。このため、ソース電極 4 の材料について、結合材料 4 a と非結合材料 4 b との比率を変えることによって、その上部に形成するソース側自己組織化層 6 a の面密度を調節することができ、これによってソース電極 4 の仕事関数を精密に制御できることが確認できた。

[0116] 次に、実施例 1 および比較例 1、2 に係る有機 TFT について、ソース電極の仕事関数、およびオン時にソース電極ードレイン電極間に流れる電流値（オン電流値）を表 2 に示す。なお、オン電流値は、 $V_D = -40\text{ V}$ 、 $V_G = -30\text{ V}$ の時に、ソース電極ードレイン電極間に流れる電流値を測定したものである。

[0117] [表 2]

	金:ITO比率	自己組織化層6	仕事関数 [eV]	電流値 [μA]
実施例1	0.5:0.5	PFBT	5.08	46
	0.7:0.3	PFBT	5.21	52
比較例1	1.0:0.0	PFBT:BT=0.7:0.3	5.20	29
比較例2	0.0:1.0	PFBT	4.92	18

[0118] 表 2 によれば、実施例 1 において、ソース電極 4 の仕事関数を精密に制御することによって、上段よりも下段に示す例の方が、キャリア注入障壁を低減させていると考えられる。

[0119] また、表 2 によれば、比較例 1 では、ソース電極 4 上に自己組織化層 6 が形成されているため、そのソース電極 4 の仕事関数が、自己組織化層 6 を有さない比較例 2 と比べて向上している。比較例 1 におけるソース電極の仕事関数は、実施例 1 の下段に示す例とほぼ同等の値を有する。

[0120] ここで、実施例 1 と比較例 1 とを比較すると、実施例 1 のオン電流の方が、比較例 1 のオン電流値よりも向上している。これは、比較例 1 では、ソー

ス電極 4 およびドレイン電極 5 の表面全面が自己組織化層 6 により覆われていることにより、キャリア注入のための物理的な抵抗が存在するためと考えられる。

[0121] また、比較例 2 は、自己組織化層 6 を有さないサンプルであるため、物理的な抵抗値が小さいと考えられるが、その電流量は比較例 1 と比べても小さい。

[0122] 一方、実施例 1 に係る有機 T F T は、比較例 1、2 と同じ電圧がかかっているにもかかわらず、より大きな電流量が測定されている。このため、実施例 1 に係る有機 T F T では、ソース側自己組織化層 6 a の面密度、すなわち、ソース側自己組織化層 6 a による電極の被覆率が調節されることによって、キャリア注入のための物理的な抵抗が抑制されていることが分かる。

[0123] なお、図 6 (a) (b) に示すように、実施例 1 におけるドレイン電極 5 側において、ソース側自己組織化層 6 a と同様の構成を有するドレイン側自己組織化層 6 b が設けられることにより、ドレイン電極 5 の仕事関数が増加している。しかしながら、有機半導体層 7 からドレイン電極 5 に対してキャリアが移動する際の障壁の増減は、ソース電極 4 側におけるキャリア注入障壁の増減とは逆である。このため、比較例 2 と比べると、実施例 1 では有機半導体層 7 からドレイン電極 5 へホールが移動する際の障壁がむしろ増大している。

[0124] ただし、有機 T F T 2 0 0 の性能向上に関しては、ドレイン電極 5 側よりも、ソース電極 4 側におけるキャリア注入効率の方が大きな影響を有する。また、ドレイン側自己組織化層 6 b においても電極の被覆率を調節することによって、物理的な抵抗が抑制されている。したがって、実施例 1 では、全体として有機 T F T 2 0 0 の性能が向上している。

[0125] 以下、実施例 1 と異なる構成を有する実施例 2 ～ 6 について説明する。なお、実施例 2 ～ 6 は、ソース側自己組織化層 6 a およびドレイン側自己組織化層 6 b の各々によるソース電極 4 およびドレイン電極 5 の被覆率を調節することによって物理的な抵抗を抑制している点において、実施例 1 と同様で

あるため、この点に関する説明を省略する。

[0126] (実施例 2)

次に、実施例 2 により作製される TFT200 の構成について、図 7 を参照して説明する。図 7 は、実施例 2 に係る TFT200 の構成と、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各々における自己組織化層 6 とを、それぞれ示す断面図である。

[0127] 図 7 に示すように、実施例 2 では、ソース側自己組織化層 6a とドレイン側自己組織化層 6b とが、互いに異なる材料から形成されている。具体的には、ソース側自己組織化層 6a の自己組織化単分子は、実施例 1 と同様に、ソース電極 4 側に正、有機半導体層 7 側に負の電荷を持つ双極子モーメントを有している。一方、ドレイン側自己組織化層 6b の自己組織化単分子は、ドレイン電極 5 側に負、有機半導体層 7 側に正の電荷を持つ双極子モーメント（ソース側自己組織化層 6a の双極子モーメントとは逆方向）を有している。

[0128] また、ソース電極 4 は、ソース側自己組織化層 6a の自己組織化単分子が結合する結合材料 4a と、結合できない非結合材料 4b とから構成されている。同様に、ドレイン電極 5 は、ドレイン側自己組織化層 6b の自己組織化単分子が結合する結合材料 5a と、結合できない非結合材料 5b とから構成されている。なお、結合材料 4a と結合材料 5a、および、非結合材料 4b と非結合材料 5b は、それぞれ同じ材料であるとする。

[0129] すなわち、実施例 2 は、ソース側自己組織化層 6a およびドレイン側自己組織化層 6b の各々を構成する自己組織化単分子が、互いに逆の双極子モーメントを有する点において、実施例 1 と異なる。

[0130] 以下に、実施例 2 に係る有機 TFT200 の製造方法の例について図 5 を参照して説明する。なお、図 5 (c) に示すソース電極 4 とドレイン電極 5 を形成する工程まで実施例 1 と同様であるため、当該工程までの説明を省略する。なお、結合材料 4a、5a となる金と、非結合材料 4b、5b となる ITO との比率は、0.3 : 0.7 とした。

[0131] ソース電極 4 とドレイン電極 5 を形成した後、ソース電極 4 の上面部分に開口部を有する、フッ素コーティングされたメタルマスクによって基板 11 を覆った。続いて、窒素雰囲気下で 10 mM の濃度のペンタフルオロベンゼンチオール溶液（無水エタノール溶媒）をメタルマスクの開口部分に滴下し、そのまま 10 分間静置した。その後、メタルマスクを取り外し、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に 5 分浸漬する作業を 3 回繰り返した。最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ソース電極 4 上をペンタフルオロベンゼンチオール（PFBT）の自己組織化単分子膜からなるソース側自己組織化層 6a で修飾した。

[0132] 次に、ドレイン電極 5 の上面部分に開口部を有する、フッ素コーティングされたメタルマスクによって基板 11 を覆った。続いて、窒素雰囲気下で 10 mM の濃度の、ペンタフルオロベンゼンチオールと逆向きの双極子モーメントを有する 4-メチルベンゼンチオールの溶液（無水エタノール溶媒）を、メタルマスクの開口部分に滴下し、そのまま 10 分間静置した。その後、メタルマスクを取り外し、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に 5 分浸漬する作業を 3 回繰り返した。最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ドレイン電極 5 上を 4-メチルベンゼンチオールの自己組織化単分子膜からなるドレイン側自己組織化層 6b で修飾した（図 5（d））。

[0133] 最後に、図 5（e）に示すように、p 型の有機半導体材料ペンタセンを用いて 100 nm の有機半導体層 7 を形成した。有機半導体層 7 は、基板温度 50℃ の条件で、チャンネル部 20 と自己組織化層 6 を囲う開口部を有するマスクを介し、真空蒸着法によって形成した。

[0134] 以上の方法によって実施例 2 に係る TFT200 が作製された。

[0135] （実施例 2 の効果）

実施例 1 および実施例 2 の各々に係る有機 TFT200 におけるオン電流を表 3 に示す。なお、オン電流値は、 $V_D = -40\text{ V}$ 、 $V_G = -30\text{ V}$ の時に、ソース電極ードレイン電極間に流れる電流値を測定したものである。

[0136] [表3]

	ソース側自己組織化層6a	ドレイン側自己組織化層6b	電流値[μ A]
実施例1	PFBT	PFBT	52
実施例2	PFBT	MBT	68

[0137] 表3に示すように、実施例2のサンプルは、実施例1のサンプルよりもさらに大きなオン電流値を得ることができた。

[0138] この理由について図8を参照して説明する。図8は、ソース電極4、ドレイン電極5の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層7のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。また、図8(a)は実施例1に係る有機TFOT200を示しており、図8(b)は実施例2に係る有機TFOT200を示している。

[0139] 図8(a)(b)に示すように、実施例2におけるソース電極4側では、実施例1と同様、ソース側自己組織化層6aの面密度を調節することにより、ソース電極4の仕事関数が精密に制御されている。よって、ソース電極4と有機半導体層7との間におけるキャリア注入障壁が減少している。

[0140] 一方、実施例2におけるドレイン電極5側では、実施例1とは異なり、ドレイン側自己組織化層6bの自己組織化単分子が、ソース側自己組織化層6aの自己組織化単分子とは逆の方向の双極子モーメントを有している。このため、実施例2では、実施例1とは異なり、ドレイン電極5側における障壁を減少させることができる。

[0141] したがって、実施例2では、ソース電極4側のキャリア注入特性だけでなく、ドレイン電極5側のキャリア注入特性についても向上させることができるため、実施例1よりも同じ電圧でより大きな電流量を得ることができる。

[0142] (実施例3)

次に、実施例3により作製されるTFOT200の構成について図9を参照して説明する。図9は、実施例3に係るTFOT200の構成と、ソース電極

4 およびドレイン電極 5 の各々における自己組織化層 6 とを、それぞれ示す断面図である。

[0143] 図 9 に示すように、実施例 3 では、ソース側自己組織化層 6 a およびドレイン側自己組織化層 6 b の各々を構成する自己組織化単分子が、実施例 1 と同様に、ソース電極 4 側に正、有機半導体層 7 側に負の電荷を持つ双極子モーメントを有している。

[0144] 一方、実施例 3 では、ソース電極 4 における結合材料 4 a / 非結合材料 4 b の組成比と、ドレイン電極 5 における結合材料 5 a / 非結合材料 5 b の組成比とが異なっている。具体的には、ソース電極 4 の混合材料は、実施例 1 と同様の組成比を有しているが、ドレイン電極 5 の混合材料は、実施例 1 と比べて、結合材料 5 a の割合が少なく、非結合材料 5 b の割合が多くなっている。

[0145] すなわち、実施例 3 は、ドレイン側自己組織化層 6 b の面密度を低減させることによって、ドレイン側自己組織化層 6 b における双極子の効果を弱めている点において、実施例 1 と異なる。

[0146] 以下に、実施例 3 に係る有機 TFT 200 の製造方法の例について、図 5 を参照して説明する。なお、図 5 (a) に示すゲート絶縁膜 3 上に開口部を有するフォトリソ膜 1 2 を形成する工程までは実施例 1 と同様であるため、当該工程までの説明を省略する。

[0147] 図 5 (a) に示すフォトリソ膜 1 2 を形成した後、ソース電極 4 の成膜する部分に開口部を有し、かつ、ドレイン電極 5 の上面部分には開口部を有さないメタルマスクによって基板 1 1 を覆い、結合材料 4 a となる金 (Au) と、非結合材料 4 b となるインジウム・スズ酸化物 (ITO) とを、二元同時スパッタリングによって比率が 0.7 : 0.3 となるように薄膜を形成した。メタルマスクを取り外した後、ドレイン電極 5 の成膜する部分に開口部を有し、かつソース電極 4 の上面部分に開口部を有さないメタルマスクによって基板 1 1 を覆い、結合材料 5 a となる金 (Au) と、非結合材料 5 b となるインジウム・スズ酸化物 (ITO) とを、二元同時スパッタリング

によって0.3 : 0.7の比率で成膜した。

[0148] メタルマスクを取り外した後、フォトレジスト膜12を除去するため、N-メチルピロリドン溶媒中に基板11を浸漬するリフトオフ工程を行い、フォトレジスト膜12上に積層されていた不要なITO及び金からなる薄膜13を除去した。これにより、図5の(c)に示すように、ゲート絶縁膜3上に、金とITOの組成比がそれぞれ異なるソース電極4とドレイン電極5とを形成した。

[0149] 以下、図5(d)以降に示す自己組織化層6および有機半導体層7を形成する工程は実施例1と同様であるため、ここでは省略する。

[0150] 以上の方法によって実施例3に係るTFOT200が作製された。

[0151] (実施例3の効果)

実施例1および実施例3の各々に係る有機TFOT200におけるオン電流を表4に示す。なお、オン電流値は、 $V_D = -40\text{ V}$ 、 $V_G = -30\text{ V}$ の時に、ソース電極ードレイン電極間に流れる電流値を測定したものである。

[0152] [表4]

	金:ITO比率 (ソース電極)	金:ITO比率 (ドレイン電極)	電流値 [μA]
実施例1	0.7:0.3	0.7:0.3	52
実施例3	0.7:0.3	0.3:0.7	60

[0153] 表4に示すように、実施例3のサンプルは、実施例1のサンプルよりもさらに大きなオン電流値を得ることができた。

[0154] この理由について図10を参照して説明する。図10は、ソース電極4、ドレイン電極5の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層7のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。また、図10(a)は実施例1に係る有機TFOT200を示しており、図10(b)は実施例3に係る有機TFOT200を示している。

[0155] 図10(a)(b)に示すように、実施例3におけるソース電極4側では、実施例1と同様、自己組織化層6aの面密度を調節することにより、ソース電極4の仕事関数が精密に制御されている。よって、ソース電極4と有機半導体層7との間におけるキャリア注入障壁が減少している。

[0156] また、実施例3におけるドレイン電極5側では、実施例1と同様、有機半導体層7とドレイン電極5との間における障壁が比較例2よりも増加している。しかしながら、実施例3では、ドレイン側自己組織化層6bの面密度を減少させることによって、自己組織化単分子の双極子の効果を弱めている。このため、有機半導体層7とドレイン電極5との間における障壁は、実施例1よりも減少している。

[0157] したがって、実施例3では、ソース側自己組織化層6aとドレイン側自己組織化層6bにおける双極子の向きが同じでありつつ、実施例1と比べて、有機半導体層7からドレイン電極5へのキャリア注入特性を改善することができる。

[0158] また、実施例3によれば、ソース側自己組織化層6aとドレイン側自己組織化層6bとに同じ材料を用いることで、これらを同時に作製できるため、作製コストを減らすことができる。

[0159] (実施例4)

次に、実施例4により作製されるTFOT200の構成について図11を参照して説明する。図11は、実施例3に係るTFOT200の構成と、ソース電極4およびドレイン電極5の各々における自己組織化層6とを、それぞれ示す断面図である。

[0160] 図11に示すように、実施例4では、ソース電極4とドレイン電極5とが共通の混合材料から形成されている。ここでは、ソース電極4およびドレイン電極5の各々の混合材料が、第1電極材料8aと第2電極材料8bとを混合したものであるとする。

[0161] また、実施例4では、ソース側自己組織化層6aと、ドレイン側自己組織化層6bとが、互いに異なる相手に結合する自己組織化単分子から形成され

ている。具体的には、ソース側自己組織化層 6 a の自己組織化単分子は、第 1 電極材料 8 a に結合でき、かつ、第 2 電極材料 8 b には結合できない。ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子は、第 1 電極材料 8 a に結合できず、かつ、第 2 電極材料 8 b に結合できる。

[0162] また、実施例 4 においては、ソース側自己組織化層 6 a と、ドレイン側自己組織化層 6 b の各々の自己組織化単分子は、互いに逆の方向の双極子モーメントであって、各電極と有機半導体層 7 との間におけるキャリア転送の障壁を低減させるために適した方向の双極子モーメントを有している。

[0163] すなわち、実施例 4 では、ソース側自己組織化層 6 a およびドレイン側自己組織化層 6 b の各々の自己組織化単分子について、各電極に対する化学結合基を異ならせることにより、各電極に適した双極子を有する材料を使い分けている点において、実施例 1 と異なる。

[0164] 以下に、実施例 4 に係る有機 TFT 200 の製造方法の例について図 5 を参照して説明する。

[0165] まず、図 5 (c) に示すソース電極 4 およびドレイン電極 5 を形成する工程までは実施例 1 と同様に行った。ここで、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 を形成する材料について、第 1 電極材料 8 a としての金と、第 2 電極材料 8 b としての ITO の比率を 0.5 : 0.5 にした。

[0166] ソース電極 4 とドレイン電極 5 を形成した後、ソース電極 4 の上面部分に開口部を有するメタルマスクによって基板 11 を覆った。続いて、ディスペンサによって窒素雰囲気下で 10 mM の濃度のペンタフルオロベンゼンチオール溶液（無水エタノール溶媒）をメタルマスクの開口部分に滴下した。その後、メタルマスクを取り外し、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に 5 分浸漬する作業を 3 回繰り返した。最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ソース電極 4 の金電極部分をペンタフルオロベンゼンチオール（PFBT）の自己組織化単分子膜からなるソース側自己組織化層 6 a で修飾した。

[0167] 次に、ドレイン電極 5 の上面部分に開口部を有するメタルマスクによって

基板 11 を覆った。続いて、ディスペンサによって窒素雰囲気下で 10 mm の濃度のアミノフェニルトリメトキシシラン (APhS) 溶液を、メタルマスクの開口部分に滴下した。その後、メタルマスクを取り外し、アセトン溶媒中に 5 分浸漬する作業を 3 回繰り返し、最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ドレイン電極 5 の ITO 電極部分をアミノフェニルトリメトキシシランの自己組織化単分子膜からなるドレイン側自己組織化層 6b で修飾した (図 5 (d) 参照)。

[0168] 以下、図 5 (e) 以降に示す有機半導体層 7 を形成する工程は実施例 1 と同様であるため、ここでは省略する。

[0169] 以上の方法によって実施例 4 に係る TFT200 が作製された。

[0170] (実施例 4 の効果)

実施例 1 および実施例 4 の各々に係る有機 TFT200 におけるオン電流を表 5 に示す。なお、オン電流値は、 $V_D = -40\text{ V}$ 、 $V_G = -30\text{ V}$ の時に、ソース電極ードレイン電極間に流れる電流値を測定したものである。

[0171] [表5]

	金:ITO比率	ソース側自己組織化層6a /ドレイン側自己組織化層6b	電流値 [μA]
実施例1	0.5:0.5	PFBT/PFBT	46
実施例4	0.5:0.5	PFBT/APhS	65

[0172] 表 5 に示すように、実施例 4 のサンプルは、実施例 1 のサンプルよりもさらに大きなオン電流値を得ることができた。

[0173] この理由について図 12 を参照して説明する。図 12 は、ソース電極 4、ドレイン電極 5 の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層 7 のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。また、図 12 (a) は実施例 1 に係る有機 TFT200 を示しており、図 12 (b) は実施例 4 に係る有機 TFT200 を示している。

[0174] 図12(a)(b)に示すように、実施例4におけるソース電極4側では、実施例1と同様、ソース側自己組織化層6aの面密度を調節することにより、ソース電極4の仕事関数が精密に制御されている。よって、ソース電極4と有機半導体層7との間におけるキャリア注入障壁が減少している。

[0175] 一方、実施例4では、実施例1とは異なり、ドレイン側自己組織化層6bの自己組織化単分子が、ソース側自己組織化層6aの自己組織化単分子とは逆の方向の双極子モーメントを有している（実施例2と同様）。このため、実施例4では、実施例1とは異なり、ドレイン電極5側における障壁を減少させることができる。

[0176] したがって、実施例4では、ソース電極4側のキャリア注入特性だけでなく、ドレイン電極5側のキャリア注入特性についても向上させることができるため、実施例1よりも同じ電圧でより大きな電流量を得ることができる。

[0177] また、実施例4では、ソース電極4及びドレイン電極5を同時に作製可能であるため、製造コストを抑えることができる。

[0178] なお、実施例4では、ドレイン側自己組織化層6bの自己組織化単分子として、アミノフェニルトリメトキシシランを用いたが、表面となる末端官能基の表面エネルギーがより小さい自己組織化単分子を用いることがより望ましい。なぜならば、一般に、表面エネルギーが小さい表面上に堆積した有機半導体層7のグレインサイズは大きくなる傾向にあり、グレインサイズが大きい有機半導体層7は、電流量が大きくなる傾向にあるためである。末端官能基の表面エネルギーがより小さい自己組織化単分子の具体例については、上記（自己組織化層6）の項に例示されている。

[0179] また、実施例4では、ソース電極4およびドレイン電極5の各材料について、第1電極材料8aと第2電極材料8bとの比率を0.5:0.5としているが、適切な比率を適宜設定可能である。

[0180] （実施例5）

次に、実施例5により作製されるTF T 2 0 0の構成について、図13を参照して説明する。図13は、実施例5に係るTF T 2 0 0の構成と、ソー

ス電極 4 およびドレイン電極 5 の各々における自己組織化層 6 とを、それぞれ示す断面図である。

[0181] 図 13 に示すように、実施例 5 では、実施例 4 と同様に、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各々の混合材料は、第 1 電極材料 8 a と第 2 電極材料 8 b とを混合したものであるとする。

[0182] また、実施例 5 では、実施例 4 と同様に、ソース側自己組織化層 6 a と、ドレイン側自己組織化層 6 b とは、互いに異なる相手に結合する自己組織化単分子から形成されている。具体的には、ソース側自己組織化層 6 a の自己組織化単分子は、第 1 電極材料 8 a に結合でき、かつ、第 2 電極材料 8 b には結合できない。ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子は、第 1 電極材料 8 a に結合できず、かつ、第 2 電極材料 8 b に結合できる。

[0183] ここで、実施例 5 は、以下の 2 つの点で実施例 4 と異なる。

[0184] 第 1 に、実施例 4 では、ソース側自己組織化層 6 a とドレイン側自己組織化層 6 b の各々の自己組織化単分子が、互いに逆の方向の双極子モーメントを有しているのに対して、実施例 5 では、同じ方向の双極子モーメントを有している。実施例 5 における双極子の方向は、実施例 1 と同様に、ソース電極 4 側のキャリア注入障壁は減少するが、ドレイン電極 5 側の障壁が増加する方向である。

[0185] 第 2 に、実施例 4 では、第 1 電極材料 8 a と第 2 電極材料 8 b との割合が同じであるのに対し、実施例 5 では、第 1 電極材料 8 a よりも第 2 電極材料 8 b の割合を小さくしている。すなわち、ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子が結合する第 2 電極材料 8 b の割合が、ドレイン側自己組織化層 6 b の自己組織化単分子が結合しない第 1 電極材料 8 a の割合よりも小さくなる。これによって、実施例 5 では、ドレイン側自己組織化層 6 b の面密度を実施例 1 よりも低くしており、これによって、ドレイン側自己組織化層 6 b における双極子の効果を弱めている。

[0186] 以下に、実施例 5 に係る有機 TFT 200 の製造方法の例について、図 5 を参照して説明する。

[0187] まず、図5(c)に示すソース電極4およびドレイン電極5を形成する工程までは実施例1と同様に行った。ここで、ソース電極4およびドレイン電極5を形成する材料について、第1電極材料8aとしての金と、第2電極材料8bとしてのITOの比率を0.7:0.3にした。

[0188] ソース電極4とドレイン電極5を形成した後、ソース電極4の上面部分に開口部を有するメタルマスクによって基板11を覆った。続いて、ディスペンサによって窒素雰囲気下で10mMの濃度のペンタフルオロベンゼンチオール溶液（無水エタノール溶媒）をメタルマスクの開口部分に滴下した。その後、メタルマスクを取り外し、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に5分浸漬する作業を3回繰り返した。最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ソース電極4の金電極部分をペンタフルオロベンゼンチオール（PFBT）の自己組織化単分子膜からなるソース側自己組織化層6aで修飾した。

[0189] 次に、ドレイン電極5の上面部分に開口部を有するメタルマスクによって基板11を覆った。続いて、ディスペンサによって窒素雰囲気下で10mMの濃度の（4-パーフルオロメチルベンゼン）トリエトキシシラン（PFMBs）溶液を、メタルマスクの開口部分に滴下した。その後、メタルマスクを取り外し、アセトン溶媒中に5分浸漬する作業を3回繰り返し、最後に窒素ブローで乾燥させる工程を経ることで、ドレイン電極5のITO電極部分を（4-パーフルオロメチルベンゼン）トリエトキシシラン（PFMBs）の自己組織化単分子膜からなるドレイン側自己組織化層6bで修飾した（図5(d)参照）。

[0190] 以下、図5(e)以降に示す有機半導体層7を形成する工程は実施例1と同様であるため、ここでは省略する。

[0191] 以上の方法によって実施例5に係るTFOT200が作製された。

[0192] （比較例3）

（4-パーフルオロメチルベンゼン）トリエトキシシラン（PFMBs）の自己組織化単分子膜からなるドレイン側自己組織化層6bを形成しなかつ

たこと以外は、実施例 5 と同様にして、比較例 3 の有機薄膜トランジスタを形成した。

[0193] (実施例 5 の効果)

実施例 1、5、および比較例 3 の各々に係る有機 TFT 200 におけるオン電流を表 6 に示す。なお、オン電流値は、 $V_D = -40\text{ V}$ 、 $V_G = -30\text{ V}$ の時に、ソース電極ードレイン電極間に流れる電流値を測定したものである。

[0194] [表6]

	金:ITO比率	ソース側自己組織化層6a /ドレイン側自己組織化層6b	電流値[μA]
実施例1	0.7:0.3	PFBT/PFBT	52
実施例5	0.7:0.3	PFBT/PFMBS	62
比較例3	0.7:0.3	PFBT/なし	30

[0195] 表 6 に示すように、実施例 5 のサンプルが実施例 1 よりも大きなオン電流値を得ることができた。また、実施例 5 のサンプルは比較例 3 と比べてもより大きなオン電流値を得ることができた。

[0196] この理由について図 14 を参照して説明する。図 14 は、ソース電極 4、ドレイン電極 5 の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機半導体層 7 のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。また、図 14 (a) は実施例 1 に係る有機 TFT 200 を示しており、図 14 (b) は実施例 5 に係る有機 TFT 200 を示している。

[0197] 図 14 (a) (b) に示すように、実施例 5 におけるソース電極 4 側では、実施例 1 と同様、ソース側自己組織化層 6 a の面密度を調節することにより、ソース電極 4 の仕事関数が精密に制御されている。よって、ソース電極 4 と有機半導体層 7 との間におけるキャリア注入障壁が減少している。

[0198] また、実施例 5 におけるドレイン電極 5 側では、実施例 1 と同様、有機半

導体層 7 とドレイン電極 5 との間における障壁が増加している。しかしながら、実施例 5 では、ドレイン側自己組織化層 6 b の面密度を減少させることによって、自己組織化単分子の双極子の効果を弱めている。このため、有機半導体層 7 とドレイン電極 5 との間における障壁は、実施例 1 よりも減少している。

[0199] したがって、実施例 5 では、ソース側自己組織化層 6 a とドレイン側自己組織化層 6 b における双極子の向きが同じでありつつ、実施例 1 と比べて、有機半導体層 7 からドレイン電極 5 へのキャリア注入特性を改善することができる。

[0200] また、実施例 5 では、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 に同じ材料を用いることで、これらを同時に作製できるため、作製コストを減らすことができる。

[0201] 次に、実施例 5 に係る有機 T F T 2 0 0 と比較例 3 に係る有機 T F T について、ドレイン電極 5 上の有機半導体層 7 のグレインサイズを A F M 観察により測定した。その結果、実施例 5 における有機半導体層 7 のグレインサイズの方が、比較例 3 のものよりも大きいことを確認した。

[0202] これは、ドレイン電極 5 上に直接でなく、自己組織化層 6 上に有機半導体層 7 が堆積することにより、有機半導体層 7 のグレインサイズが大きくなっていると考えられる。これは電流量を大きくできる効果がある。よって、実施例 5 では、ドレイン側自己組織化層 6 b を有することも、電流量増大の要因になっていることが分かった（他の実施例 1 ～ 4 も同様）。

[0203] （実施例 6）

次に、実施例 6 により作製される T F T 2 0 0 の構成について、図 1 5 を参照して説明する。図 1 5 は、実施例 6 に係る T F T 2 0 0 の構成と、ソース側自己組織化層 6 a とを、それぞれ示す断面図である。

[0204] 図 1 5 に示すように、実施例 6 では、ソース側自己組織化層 6 a は、第 1 の自己組織化単分子 6 a - 1 と、第 2 の自己組織化単分子 6 a - 2 とから構成されている。

[0205] また、実施例6では、ソース電極4が、3種類の電極材料から構成されている。具体的には、ソース電極4は、自己組織化単分子が結合できる2種の結合材料4a（第1の自己組織化単分子6a-1が結合できる結合材料4a-1、および、第2の自己組織化単分子6a-2が結合できる結合材料4a-2）と、いずれの自己組織化単分子も結合できない非結合材料4bからなる。

[0206] すなわち、実施例6では、ソース電極4の表面に対して、第1の自己組織化単分子6a-1と第2の自己組織化単分子6a-2とがそれぞれ結合し、これによってソース側自己組織化層6aが形成されている。

[0207] なお、ドレイン電極5およびドレイン側自己組織化層6bの構成は、図示していないが、ソース電極4およびソース側自己組織化層6aと同様の構成を有するものとする。

[0208] 以下に、実施例6に係る有機TFTOの製造方法の例について、図5を参照して説明する。なお、図5（a）に示すゲート絶縁膜3上に開口部を有するフォトリソ膜12を形成する工程までは実施例1と同様であるため、当該工程までの説明を省略する。

[0209] 図5（a）に示すフォトリソ膜12を形成した後、金、インジウム・スズ酸化物（ITO）、およびアルミニウムを、三元同時スパッタリングによって、比率が0.6：0.3：0.1となるように薄膜を形成した。

[0210] その後、フォトリソ膜12を除去するため、窒素雰囲気中でN-メチルピロリドン溶媒中に基板11を浸漬するリフトオフ工程を行い、フォトリソ膜12上に積層されていた不要なITO及び金からなる薄膜13を除去した。これにより、図5の（c）に示すように、ゲート絶縁膜3上に、ソース電極4およびドレイン電極5を形成した。

[0211] 続いて、窒素雰囲気下で、ペンタフルオロベンゼンチオールおよびn-オクタデシルフォスホンニックアシッドを10mMの濃度でそれぞれ含む溶液（無水エタノール溶媒）を作製し、この中に基板を浸した。3時間静置した後、エタノールで基板をリンスし、エタノール溶媒中に5分浸漬する作業を

3回繰り返して、最後に窒素ブローで乾燥させた。これらの工程を経ることで、金の電極部分をペンタフルオロベンゼンチオール自己組織化単分子膜からなる自己組織化層（例えば6a-1）で修飾し、アルミニウムの電極部分をn-オクタデシルフォスホンニックアシッド自己組織化単分子膜からなる自己組織化層（例えば6a-2）で修飾した（図5（d））。

[0212] 最後に図5（e）に示すように、p型の有機半導体材料ペンタセンを用いて100nmの有機半導体層7を形成することで、ペンタセンの有機薄膜トランジスタ200を作製した。

[0213] 以上の方法によって実施例6に係るTF T 200が作製された。

[0214] （実施例6の効果）

実施例6では、ソース電極4が3種類の電極材料から構成されている。これらの材料の混合比を調節することによって、ソース側自己組織化層6aの全体の面密度と、2種類のソース側自己組織化層6a-1、6a-2の組成比とを共に制御している。

[0215] 特に、実施例6では、ソース側自己組織化層6aを、異なる機能を持った2種類の自己組織化単分子から構成しており、これら2種類の自己組織化単分子の組成比を制御している。これら2種類の自己組織化単分子とは、仕事関数を制御するための自己組織化単分子、および、有機半導体層7のグレインを大きくできるような表面エネルギーの小さな自己組織化単分子である。ここで、表面エネルギーが小さいものの上に有機半導体層7が形成されると一般に有機半導体層7の結晶グレインは大きくなり、また、有機半導体層7のグレインが大きいと一般に電流量が増える。よって、これら2種類の自己組織化単分子の組成比を好ましい値に制御することによって、電流量をさらに大きくすることができる。

[0216] したがって、実施例6によれば、キャリア注入のための物理的な抵抗を抑えつつ、ソース電極4の仕事関数を向上させることができ、さらに有機半導体層のグレインを大きくすることができるため、電圧を抑えたまま、大きな電流量を得ることができる。

[0217] なお、実施例 6 において、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各々は 3 種の材料から構成されるが、本発明はこれに限られず、より多くの種類の材料から構成されてもよい。これに伴い、ソース側自己組織化層 6 a およびドレイン側自己組織化層 6 b の各々を、2 種類よりも多くの種類の自己組織化単分子から構成してもよい。また、ソース側自己組織化層 6 a およびドレイン側自己組織化層 6 b をそれぞれ構成する自己組織化単分子についても、所望の機能に基づいて適宜選択可能である。

[0218] (その他)

なお、上述した実施例 1 ～ 6 はあくまで例示的なものであり、これらに示した構成を適宜組み合わせることによって、電極の仕事関数を所望の値に制御することが可能である。

[0219] また、上述の実施形態では、主に p 型の有機半導体層を用いた有機 T F T について説明しているが、本発明はこれに限られず、n 型の有機半導体層を用いた有機 T F T に対しても適用可能である。

[0220] 例えば、有機 T F T 1 0 0 が n 型有機薄膜トランジスタの場合、キャリアである電子を、ソース電極 4 から有機半導体層 7 へと注入する。このため、有機 T F T 1 0 0 が n 型有機薄膜トランジスタの場合においては、上記 p 型の場合と逆の電荷を持つような双極子モーメントを有する自己組織化単分子を用いることによって、キャリア注入障壁を減少することができる。

[0221] また、上述の実施形態では、ソース電極 4 およびドレイン電極 5 の各々の上に自己組織化層 6 が形成されているが、本発明はこれに限られず、少なくとも一方の電極上に自己組織化層 6 が形成されていればよい。

[0222] [実施形態 3]

図 1 6 は、上記実施形態 2 の有機薄膜トランジスタを用いた有機 E L 画素 3 0 0 の回路図である。有機 E L 画素 3 0 0 は、スイッチング用トランジスタ 3 1、キャパシタンス 3 2、駆動用トランジスタ 3 3、有機 E L 素子 3 4 から構成され、データライン 2 1、スキャンライン 2 2、キャパシタンスライン 2 3、カソード電源ライン 2 4、アノード電源ライン 2 5 と接続されて

いる。

[0223] 本実施形態に係る有機EL画素300において、スイッチング用トランジスタ31と駆動用トランジスタ33は、上述した有機TFT200と同様の構成を有するものである。他の構成部材については、一般的な有機EL画素において用いられるものと同様の構成である。

[0224] 本実施形態に係る有機EL画素300によれば、スイッチング用トランジスタ31および駆動用トランジスタ33に流れる電流量を大きくできるため、従来と同じ電圧であっても有機EL素子34の輝度をより向上させることができる。

[0225] また、本実施形態に係る有機EL画素300を多数接続することによって、性能を向上させた有機ELディスプレイなどを提供することができる。

[0226] 〔実施形態4〕

上述した実施形態1の電極構成は、有機EL素子にも応用可能である。そこで、本実施形態では、本発明に係る有機EL素子の一形態と、それを備えた有機EL画素および有機ELディスプレイの一形態を説明する。

[0227] (有機EL素子の構成)

図17は、本実施形態の有機EL素子400の断面図である。

[0228] 本実施形態の有機EL素子400は、透明基板41と、実施形態1の電極構成を適用した透明電極である陽極（第一電極）42と、反射電極である陰極（第二電極）43と、陽極42と陰極43との間に配された、発光層を有した有機層44とを有している。

[0229] このような構成の有機EL素子400の陽極42と陰極43との間に数ボルトの電圧を印加することによって、陽極42から有機層に注入された正孔と、陰極43から有機層に注入された電子とが発光層内で再結合する。発光層内で正孔と電子とが再結合すると、エキシトンが生成され、当該エキシトンが基底状態に戻る際に発光する。

[0230] なお、本実施形態の有機EL素子400は、有機層（発光層）が発した光を、陽極および透明基板側から取り出すタイプはボトムエミッション型であ

る。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、有機層（発光層）が発した光を陰極側から取り出すトップエミッション型であってもよい。

[0231] 有機層には、発光層以外に、正孔輸送層、および電子輸送層等を有していてもよい。

[0232] 図18は、図17の陽極42部分の拡大断面図である。本実施形態の有機EL素子400は、図17および図18に示すように、陽極42が、電極材料層45と、自己組織化層46との2層構造となっている。

[0233] 電極材料層45は、上述した実施形態2のソース電極4（図2）と同様に、その有機層44側の表面が、自己組織化層46を構成する自己組織化単分子が結合できる電極材料45aと、当該自己組織化単分子が結合できない電極材料45bとを含んだ混合材料から構成される。

[0234] すなわち、自己組織化層46を構成する自己組織化単分子は、陽極42の表面のうち、当該自己組織化単分子が結合できる材料45aからなる部分に結合している。

[0235] 陽極42の表面のうち、自己組織化単分子が結合できない材料45bからなる部分には、自己組織化層46の自己組織化単分子が存在しない。よって、有機層44は、自己組織化層46における自己組織化単分子が存在しない間隙を介して、電極材料層45（具体的には電極材料45b）に直接接触している。

[0236] なお、本実施形態では、陽極42に本実施形態1の電極構成を採用した形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、本実施形態1の電極構成を陰極に適用してもよく、あるいは、陽極と陰極の双方に適用することも可能である。

[0237] 以下、各部材の詳細について説明する。

[0238] （透明基板41）

透明基板41は、上述した実施形態2の基板1と同じ材料を用いることができる。例えば、ガラスもしくは石英などの絶縁物を用いることができる。

また、フレキシブルな有機EL素子を作製する場合には、透明基板41は、ポリカーボネート、ポリメチルメタクリレート、ポリエーテルスルホン（PES）、ポリエチレンナフタレート（PEN）、ポリエーテルエーテルケトン（PEEK）、もしくはポリイミド（PI）等のプラスチック材料等を用いることができる。

[0239] (陽極42)

陽極42は、上述したように、電極材料層45と、自己組織化層46との2層構造となっている。

[0240] 電極材料層45は、上述した実施形態2のソース電極4およびドレイン電極5と同一の材料を用いることができる。

[0241] 電極材料層45は、各種導電性材料の混合材料から構成される。各種導電性材料としては、金、銀、銅、チタン、もしくはアルミニウム等の金属材料やこれらを含む合金、インジウム・スズ酸化物（ITO）、もしくはインジウム・亜鉛酸化物（IZO）等の導電性酸化物材料、シリコンもしくはガリウム砒素やこれら材料にホウ素やリン等のドーパントを高濃度で注入し導電性を高めるなどした各種の半導体材料、または、PEDOT:PSS等の導電性有機材料などが挙げられる。

[0242] なお、電極材料層45を構成する混合材料として、いずれの材料を組み合わせたものを用いるかについては、各電極上の自己組織化層6の自己組織化単分子が結合可能である材料と、結合できない材料とから適宜選択すればよい。

[0243] 電極材料層45の形成方法としては、上述した実施形態2のソース電極4およびドレイン電極5の形成方法と同じく、例えば、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気下の真空状態で、メタルマスクを用いた多元同時真空蒸着法または多元スパッタリング法等の物理気相成長法によって形成する方法が挙げられる。また、例えば、各電極材料からなるナノ粒子を作製し、これらを混ぜて混合電極材料インクを調整した後、インクジェット法またはスクリーン印刷法等の印刷法で塗布し、不活性雰囲気下で焼成処理を行うことによって形

成してもよい。

[0244] なお、電極材料層 4 5 を構成する混合材料における「混合」とは、各導電性材料の粒子が適度に混ざり合っている状態であることが好ましい。また、各導電性材料の混合程度は、各電極の表面において、各導電性材料からなる表面が現れている程度であればよい。

[0245] 自己組織化層 4 6 は、上述した実施形態 2 の自己組織化層 6 と同じ材料を用いることができ、同じ形成方法にて形成することができる。

[0246] (陰極 4 3)

陰極 4 3 は、陽極 4 2 と同じ混合材料から構成することができる。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、混合材料を構成する複数の材料が、陽極 4 2 のそれと異なるものであってもよいし、混合材料ではなく別の単一の電極材料から構成してもよい。

[0247] (有機層 4 4)

有機層 4 4 は、少なくとも有機発光材料からなる有機発光層（発光層）を有している。

[0248] この有機発光層は、有機発光層単層であっても、有機発光層と電荷輸送層の多層構造であってもよく、具体的には、下記の 1)～9) に示すような構成を例示することができる。

- 1) 有機発光層
- 2) 正孔輸送層／有機発光層
- 3) 有機発光層／電子輸送層
- 4) 正孔輸送層／有機発光層／電子輸送層
- 5) 正孔注入層／正孔輸送層／有機発光層／電子輸送層
- 6) 正孔注入層／正孔輸送層／有機発光層／電子輸送層／電子注入層
- 7) 正孔注入層／正孔輸送層／有機発光層／正孔防止層／電子輸送層
- 8) 正孔注入層／正孔輸送層／有機発光層／正孔防止層／電子輸送層／電子注入層
- 9) 正孔注入層／正孔輸送層／電子防止層／有機発光層／正孔防止層／電子

輸送層／電子注入層

しかし、本発明はこれらにより限定されるものではない。また、有機発光層、正孔注入層、正孔輸送層、正孔防止層、電子防止層、電子輸送層、および、電子注入層の各層は、単層構造でも多層構造でもよい。

[0249] 有機発光層は、以下に例示する有機発光材料のみから構成されていてもよく、発光性のドーパントとホスト材料の組み合わせから構成されていてもよく、任意に正孔輸送材料、電子輸送材料、添加剤（ドナー、アクセプター等）等を含んでいてもよく、また、これらの材料が高分子材料（結着用樹脂）又は無機材料中に分散された構成であってもよい。発光効率・寿命の観点からは、ホスト材料中に発光性のドーパントが分散されたものが好ましい。

[0250] 有機発光材料としては、有機EL用の公知の発光材料を用いることができる。このような発光材料は、低分子発光材料、高分子発光材料等に分類され、これらの具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。また、上記発光材料は、蛍光材料、燐光材料等に分類されるものでもよく、低消費電力化の観点で、発光効率の高い燐光材料を用いることが好ましい。

[0251] ここで、具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。

[0252] 低分子有機発光材料としては、例えば、4, 4'-ビス(2, 2'-ジフェニルビニル)-ビフェニル(DPVBi)等の芳香族ジメチリデン化合物、5-メチル-2-[2-[4-(5-メチル-2-ベンゾオキサゾリル)フェニル]ビニル]ベンゾオキサゾール等のオキサジアゾール化合物、3-(4-ビフェニルイル)-4-フェニル-5-tert-ブチルフェニル-1, 2, 4-トリアゾール(TAZ)等のトリアゾール誘導体、1, 4-ビス(2-メチルスチリル)ベンゼン等のスチリルベンゼン化合物、チオピラジンジオキシド誘導体、ベンゾキノン誘導体、ナフトキノン誘導体、アントラキノン誘導体、ジフェノキノン誘導体、フルオレノン誘導体等の蛍光性有機材料、および、アゾメチン亜鉛錯体、(8-ヒドロキシキノリナト)アルミニウム

ム錯体 (Alq_3) 等の蛍光発光有機金属錯体等が挙げられる。

[0253] 高分子発光材料としては、例えば、ポリ(2-デシルオキシ-1,4-フェニレン)(DO-PPP)、ポリ[2,5-ビス-[2-(N,N,N-トリエチルアンモニウム)エトキシ]-1,4-フェニル-アルト-1,4-フェニレン]ジプロマイド(PPP-NEt₃⁺)、ポリ[2-(2'-エチルヘキシルオキシ)-5-メトキシ-1,4-フェニレンビニレン](MEH-PPV)、ポリ[5-メトキシ-(2-プロパノキシサルフォニド)-1,4-フェニレンビニレン](MPS-PPV)、ポリ[2,5-ビス-(ヘキシルオキシ)-1,4-フェニレン-(1-シアノビニレン)](CN-PPV)等のポリフェニレンビニレン誘導体、ポリ(9,9-ジオクチルフルオレン)(PDAF)等のポリスピロ誘導体が挙げられる。

[0254] 有機発光層に任意に含まれる発光性のドーパントとしては、有機EL用の公知のドーパント材料を用いることができる。このようなドーパント材料としては、例えば、スチリル誘導体、ペリレン、イリジウム錯体、クマリン誘導体、ルモーゲンFレッド、ジシアノメチレンピラン、フェノキサゾン、ポリフィリン誘導体等の蛍光発光材料、ビス[(4,6-ジフルオロフェニル)-ピリジナト-N, C2']ピコリネート イリジウム(III)(FIrpic)、トリス(2-フェニルピリジル)イリジウム(III)(Ir(ppy)₃)、トリス(1-フェニルイソキノリン)イリジウム(III)(Ir(piq)₃)等の燐光発光有機金属錯体等が挙げられる。

[0255] また、ドーパントを用いる時のホスト材料としては、有機EL用の公知のホスト材料を用いることができる。このようなホスト材料としては、上述した低分子発光材料、高分子発光材料、4,4'-ビス(カルバゾール)ビフェニル、9,9-ジ(4-ジカルバゾール-ベンジル)フルオレン(CPF)等のカルバゾール誘導体等が挙げられる。

[0256] また、電荷注入輸送層は、電荷(正孔、電子)の電極からの注入と有機発光層への輸送(注入)をより効率よく行う目的で、電荷注入層と電荷輸送層に分類され、以下に例示する電荷注入輸送材料のみから構成されていてもよ

く、任意に添加剤（ドナー、アクセプター等）等を含んでいてもよく、これらの材料が高分子材料（結着用樹脂）又は無機材料中に分散された構成であってもよい。

[0257] 電荷注入輸送材料としては、有機EL用、有機光導電体用の公知の電荷輸送材料を用いることができる。このような電荷注入輸送材料は、正孔注入輸送材料および電子注入輸送材料に分類され、これらの具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。

[0258] 正孔注入・正孔輸送材料としては、例えば、酸化バナジウム (V_2O_5)、酸化モリブデン (MoO_3) 等の酸化物、無機p型半導体材料、ポルフィリン化合物、N, N'-ビス(3-メチルフェニル)-N, N'-ビス(フェニル)-ベンジジン (TPD)、N, N'-ジ(ナフタレン-1-イル)-N, N'-ジフェニル-ベンジジン (NPD) 等の芳香族第三級アミン化合物、ヒドラゾン化合物、キナクリドン化合物、スチリルアミン化合物等の低分子材料、ポリアニリン (PANI)、ポリアニリン-樟脳スルホン酸 (PANI-CSA)、3,4-ポリエチレンジオキシチオフェン/ポリスチレンサルフォネイト (PEDOT/PSS)、ポリ(トリフェニルアミン)誘導体 (Poly-TPD)、ポリビニルカルバゾール (PVCl)、ポリ(p-フェニレンビニレン) (PPV)、ポリ(p-ナフタレンビニレン) (PNV) 等の高分子材料等が挙げられる。

[0259] また、陽極からの正孔の注入・輸送をより効率よく行う点で、正孔注入層として用いる材料としては、正孔輸送層に使用する正孔注入輸送材料より最高被占分子軌道 (HOMO) のエネルギー準位が低い材料を用いることが好ましく、正孔輸送層としては、正孔注入層に使用する正孔注入輸送材料より正孔の移動度が、高い材料を用いることが好ましい。

[0260] また、より正孔の注入・輸送性を向上させるため、上記正孔注入・輸送材料にアクセプターをドーピングすることが好ましい。アクセプターとしては、有機EL用の公知のアクセプター材料を用いることができる。これらの具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものでは

ない。

[0261] アクセプター材料としては、Au、Pt、W、Ir、 POCl_3 、 AsF_6 、Cl、Br、I、酸化バナジウム (V_2O_5)、酸化モリブデン (MoO_3) 等の無機材料、TCNQ (7, 7, 8, 8, -テトラシアノキノジメタン)、 TCNQF_4 (テトラフルオロテトラシアノキノジメタン)、TCNE (テトラシアノエチレン)、HCNB (ヘキサシアノブタジエン)、DDQ (ジシクロジシアノベンゾキノン) 等のシアノ基を有する化合物、TNF (トリニトロフルオレノン)、DNF (ジニトロフルオレノン) 等のニトロ基を有する化合物、フルオラニル、クロラニル、ブロマニル等の有機材料が挙げられる。この内、TCNQ、 TCNQF_4 、TCNE、HCNB、DDQ等のシアノ基を有する化合物がよりキャリア濃度を効果的に増加させることが可能であるためより好ましい。

[0262] 電子注入・電子輸送材料としては、例えば、n型半導体である無機材料、オキサジアゾール誘導体、トリアゾール誘導体、チオピラジンジオキシド誘導体、ベンゾキノン誘導体、ナフトキノン誘導体、アントラキノン誘導体、ジフェノキノン誘導体、フルオレノン誘導体、ベンゾジフラン誘導体等の低分子材料；ポリ(オキサジアゾール) (Poly-OXZ)、ポリスチレン誘導体 (PSS) 等の高分子材料が挙げられる。特に、電子注入材料としては、特にフッ化リチウム (LiF)、フッ化バリウム (BaF_2) 等のフッ化物、酸化リチウム (Li_2O) 等の酸化物等が挙げられる。

[0263] 電子の陰極からの注入・輸送をより効率よく行う点で、電子注入層として用いる材料としては、電子輸送層に使用する電子注入輸送材料より最低空分子軌道 (LUMO) のエネルギー準位が高い材料を用いることが好ましく、電子輸送層として用いる材料としては、電子注入層に使用する電子注入輸送材料より電子の移動度が高い材料を用いることが好ましい。

[0264] また、より電子の注入・輸送性を向上させるため、上記電子注入・輸送材料にドナーをドーピングすることが好ましい。ドナーとしては、有機EL用の公知のドナー材料を用いることができる。これらの具体的な化合物を以下に例

示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。

[0265] ドナー材料としては、アルカリ金属、アルカリ土類金属、希土類元素、Al、Ag、Cu、In等の無機材料、アニリン類、フェニレンジアミン類、ベンジジン類（N，N，N'，N'-テトラフェニルベンジジン、N，N'-ビス（3-メチルフェニル）-N，N'-ビス（フェニル）-ベンジジン、N，N'-ジ（ナフタレン-1-イル）-N，N'-ジフェニル-ベンジジン等）、トリフェニルアミン類（トリフェニルアミン、4，4'，4''-トリス（N，N'-ジフェニル-アミノ）-トリフェニルアミン、4，4'，4''-トリス（N-3-メチルフェニル-N-フェニル-アミノ）-トリフェニルアミン、4，4'，4''-トリス（N-（1-ナフチル）-N-フェニル-アミノ）-トリフェニルアミン等）、トリフェニルジアミン類（N，N'-ジ（4-メチル-フェニル）-N，N'-ジフェニル-1，4-フェニレンジアミン）等の芳香族3級アミンを骨格にもつ化合物、フェナントレン、ピレン、ペリレン、アントラセン、テトラセン、ペンタセン等の縮合多環化合物（ただし、縮合多環化合物は置換基を有してもよい）、TTF（テトラチアフルバレン）類、ジベンゾフラン、フェノチアジン、カルバゾール等の有機材料がある。この内特に、芳香族3級アミンを骨格にもつ化合物、縮合多環化合物、アルカリ金属がよりキャリア濃度を効果的に増加させることが可能であるためより好ましい。

[0266] 有機層44の膜厚は、通常1～1000nm程度であるが、10～200nmが好ましい。膜厚が10nm未満であると、本来必要とされる物性（電荷の注入特性、輸送特性、閉じ込め特性）を得ることが困難である。また、ゴミ等の異物による画素欠陥が生じるおそれがある。また、膜厚が200nmを超えると有機層44の抵抗成分により駆動電圧の上昇が生じ、消費電力の上昇に繋がる。

[0267] ここで、図19に基づいて、キャリアである正孔が陽極42から有機層44へ注入される際のキャリア注入障壁について説明する。

[0268] 図19は、陽極42の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならび

に有機層 4 4 のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。図 1 9 (a) は、自己組織化層が形成されていない従来例に係る有機 E L 素子を示しており、(b) は、本実施形態に係る有機 E L 素子の一例を示している。

[0269] 図 1 9 (a) (b) に示すように、キャリア（正孔）を陽極 4 2 から有機層 4 4 へ注入するための注入障壁は、陽極の仕事関数と、有機層の仕事関数の差によって定まる。

[0270] 本実施形態の一例では、自己組織化層 4 6 の自己組織化単分子が、電極材料層 4 5 に正の電荷、有機層 4 4 側に負の電荷を持つような双極子モーメントを有する。このため、自己組織化層 4 6 による電気 2 重層の効果によって、電極材料層 4 5 の仕事関数が増加する。これによって、図 1 9 (b) に示すように、電極材料層 4 5 の仕事関数が有機層 4 4 の仕事関数に近づくため、電極材料層 4 5 側のキャリア注入障壁は減少する。

[0271] なお、キャリア注入障壁の減少または増大の程度は、自己組織化単分子の持つ双極子モーメントの大きさ、自己組織化単分子の密度、及び自己組織化層 4 6 の誘電率に比例する。これらのパラメータを考慮して、エネルギー障壁を低減できるような自己組織化単分子を選択する必要がある。

[0272] また、自己組織化層 4 6 を構成する自己組織化単分子は、自己組織化層 4 6 が有機層 4 4 に与える影響の観点に基づいて選んでもよい。

[0273] なお、自己組織化層 4 6 の材料は、本明細書に挙げた自己組織化層 6 の具体例に限定されることなく、適宜選択可能である。また形成方法も自己組織化層 6 と同じ形成方法を用いることができる。

[0274] 以上の構成によれば、陽極と有機層との間の障壁が減少し、加えて、この部分の抵抗も小さく抑えられるため、キャリア注入効率が向上する。

[0275] (有機 E L 画素の構成)

図 2 0 の (a) は、本実施形態の有機 E L 素子 4 0 0 を用いた有機 E L 画素 4 1 0 の回路図である。図 2 0 の (a) の回路構成は、図 1 6 の回路構成と同じである。

[0276] 上記有機ＥＬ画素４１０は、スイッチング用トランジスタ３１、キャパシタンス３２、駆動用トランジスタ３３、有機ＥＬ素子４００から構成され、データライン２１、スキャンライン２２、キャパシタンスライン２３、カソード電源ライン２４、アノード電源ライン２５と接続されている。

[0277] なお、有機ＥＬ画素４１０において、スイッチング用トランジスタ３１と駆動用トランジスタ３３は、上述した実施形態２の有機ＴＦＴ２００（例えば図７）と同様の構成を有するものである。

[0278] また、図２０の（ｂ）は、図２０の（ａ）の破線囲みで示した部分の部分断面図である。図２０の（ｂ）では、左側に駆動用トランジスタ３３、右側に本実施形態の有機ＥＬ素子４００を示している。駆動用トランジスタ３３と本実施形態の有機ＥＬ素子４００とは、透明基板４１を共用している。

[0279] 本実施形態に係る有機ＥＬ画素４１０によれば、有機ＥＬ素子４００の発光効率が高いだけでなく、スイッチング用トランジスタ３１および駆動用トランジスタ３３に流れる電流量を大きくできるため、従来と同じ電圧であっても有機ＥＬ素子４００の輝度をより向上させることができる。

[0280] （有機ＥＬディスプレイの構成）

本実施形態の有機ＥＬディスプレイ（装置）の回路構成を、図２１に示す。図２１では、本実施形態に係る有機ＥＬ画素４１０を多数接続してなるディスプレイを有している。このディスプレイを具備することによって、性能を向上させた有機ＥＬディスプレイを提供することができる。

[0281] （実施形態４の実施例）

以下、実施例７に基づいて本発明の実施形態４をより詳細に説明するが、本発明は以下の実施例に限定されるものではない。

[0282] （実施例７）

本実施例７では、図１７に示す透明基板４１としてのガラス基板に、自己組織化単分子が結合可能な材料である光半透過性の金と、自己組織化単分子が結合できない材料であるＩＴＯとを、二元同時スパッタリングによって成膜し、陽極４２の電極材料層４５を形成した。

[0283] この電極材料層 4 5 の上に、自己組織化単分子材料であるペンタフルオロベンゼンチオール（P E B T）の自己組織化層 4 6 を、P F B T のエタノール溶液中に電極材料層 4 5 を形成した基板 4 1 を浸すことで形成して、電極材料層 4 5 と自己組織化層 4 6 とを有する陽極 4 2 を完成させた。

[0284] この陽極 4 2 の上に、正孔輸送層としてトリフィニルジアミン（T P D）を、発光層兼電子輸送層としてトリス（8－キノリノラト）アルミニウム（A l q 3）を、この順でそれぞれ真空蒸着し、正孔輸送層、発光層兼電子輸送層が積層した有機層 4 4 を成膜した。

[0285] 最後に真空蒸着により、陰極 4 3 としてアルミニウムを成膜した。以上により、本実施例 7 の有機 E L 素子 4 0 0 を完成させた。

[0286] （比較例 4）

比較例 4 として、実施例 7 の陽極 4 2 に変えて、金のみからなる電極材料層とし、自己組織化単分子材料としてペンタフルオロベンゼンチオール（P F B T）とベンゼンチオール（B T）の混合物から形成したこと以外は、実施例 7 と同様の方法により形成した。なお、ペンタフルオロベンゼンチオールとベンゼンチオールの比率は、0.7 : 0.3 とした。

[0287] 比較例 4 に係る有機 E L 素子では、ペンタフルオロベンゼンチオールとベンゼンチオールは共に金と結合するため、陽極（電極材料層）における表面全面に自己組織化層 4 6 が形成された。

[0288] （比較例 5）

比較例 5 として、実施例 7 の陽極 4 2 に変えて、I T O のみからなる電極材料層としたこと以外は、実施例 7 と同様の方法により作製した。

[0289] 比較例 5 に係る有機 E L 素子では、ペンタフルオロベンゼンチオール分子が I T O と結合しないため、自己組織化層 4 6 が形成されなかった。

[0290] （実施例 7 の効果）

以上の方法によって作製された実施例 7 における陽極の仕事関数、及び、有機 E L 素子の 10 V 印加時の電流値を比較した結果を表 7 に示す。

[0291]

[表7]

	金:ITO 比率	自己組織化層	仕事関数[eV]	電流値(10V 印加時)[μ A]
実施例 7	0.7:0.3	PFBT	5.21	13
比較例 4	1.0:0.0	PFBT:BT=0.7:0.3	5.20	8
比較例 5	0.0:1.0	なし	4.92	4

[0292] 表 7 に示すように、実施例 7 と比較例 4 の仕事関数はほぼ同等であるが、実施例 7 の電流値のほうが比較例 4 の電流値より大きい。比較例 4 では電極材料層の表面全体が自己組織化層に覆われているため、キャリア注入のための物理的な抵抗が存在するためと考えられる。

[0293] また表 7 に示すように、実施例 7 と比較例 5 では、比較例 5 では自己組織化層を有さないため物理的な抵抗値が小さいと考えられるが、電流値は小さい。実施例 7 では自己組織化層の陽極被覆率が調整されることにより物理的な抵抗が抑制されることに加え、仕事関数が有機層への注入障壁を減少させる形に制御されているためだと考えられる。

[0294] (実施例 8)

実施例 8 では、図 20 の (b) に示す素子構造を作製した。なお、本実施例 8 では、図 20 の (b) の右側にある有機 EL 素子の陽極だけでなく、左側にある駆動用トランジスタ 33 のソース電極とドレイン電極にも、本発明の特徴的な電極構造を採用し、電極材料層と自己組織化層とを備えた構成とした。駆動用トランジスタ 33 の作製方法は、上記実施例 1 と同じである。

[0295] [実施形態 5]

上述した実施形態 1 の電極構成は、有機太陽電池にも応用可能である。そこで、本実施形態では、本発明に係る有機太陽電池の一形態を説明する。

[0296] 図 22 は、上述した実施形態 1 の電極構成を陽極に適用した有機太陽電池 500 の断面図である。

[0297] 有機太陽電池 500 は、基板 51 の一方面上に、陽極 52、光電変換層を構成する有機層 54、陰極 53 が順次積層されている。

[0298] 図 2 3 は、図 2 2 の陽極 5 2 部分の拡大断面図である。本実施形態では、図 2 2 および図 2 3 に示すように、陽極 5 2 が、電極材料層 5 5 と、自己組織化層 5 6 との 2 層構造となっている。

[0299] 電極材料層 5 5 は、上述した実施形態 2 のソース電極 4（図 2）と同様に、その有機層 5 4 側の表面が、自己組織化層 5 6 を構成する自己組織化単分子が結合できる電極材料 5 5 a と、当該自己組織化単分子が結合できない電極材料 5 5 b とを含んだ混合材料から構成される。

[0300] すなわち、自己組織化層 5 6 を構成する自己組織化単分子は、陽極 5 2 の表面のうち、当該自己組織化単分子が結合できる電極材料 5 5 a からなる部分に結合している。

[0301] 陽極 5 2 の表面のうち、自己組織化単分子が結合できない電極材料 5 5 b からなる部分には、自己組織化層 5 6 の自己組織化単分子が存在しない。よって、有機層 5 4 は、自己組織化層 5 6 における自己組織化単分子が存在しない間隙を介して、陽極 5 2 に直接接触している。

[0302] なお、本実施形態では、陽極 5 2 に本実施形態 1 の電極構成を採用した形態について説明するが、本発明はこれに限定されるものではなく、本実施形態 1 の電極構成を陰極に適用してもよく、あるいは、陽極と陰極の双方に適用することも可能である。

[0303] （基板 5 1）

上記基板 5 1 は、順次積層された陽極 1 2、有機層 5 4 及び陰極 5 3 を保持する部材である。例えば、ガラス基板や樹脂基板等が用いられる。なお、この基板 1 1 は、必須ではなく、例えば、光電変換部を有する有機層 5 4 の両面に陽極 1 2 及び陰極 1 3 を形成することで有機太陽電池 5 0 0 が構成されてもよい。

[0304] （有機層 5 4）

有機層 5 4 は、少なくとも有機光電変換材料からなる有機光電変換層を有している。この有機光電変換層は、有機光電変換層単層であっても、有機光電変換層と電荷輸送層の多層構造であってもよく、具体的には、下記の 1）

～４）に示すような構成を例示することができる。

- １）有機光電変換層
- ２）正孔輸送層／有機光電変換層
- ３）有機光電変換層／電子輸送層
- ４）正孔輸送層／有機光電変換層／電子輸送層

しかし、本発明はこれに限定されるものではない。また、有機光電変換層、正孔輸送層、電子輸送層の各層は、単層構造でも、多層構造でもよい。

[0305] 有機光電変換層として、例えば、 p 型半導体材料からなる p 層と、 n 型半導体材料からなる n 層を順次積層した pn 接合型や、 p 層と n 層の間に p 層 n 層両方の半導体材料を混合してなる i 層を導入する pin 型、 p 型半導体材料と n 型半導体材料を一様に混合したバルクヘテロジャンクション型がある。

[0306] また、有機光電変換層は、以下に例示する有機光電変換材料のみから構成されていてもよく、任意に正孔輸送材料、電子輸送材料、添加剤（ドナー、アクセプター等）等を含んでいてもよく、また、これらの材料が高分子材料（結着用樹脂）または無機材料中に分散された構成であってもよい。

[0307] 有機光電変換材料としては、有機太陽電池用の公知の光電変換材料を用いることができる。このような光電変換材料は、低分子有機光電変換材料、高分子有機光電変換材料等に分類される。これらの具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。

[0308] 低分子有機光電変換材料としては、例えば、銅フタロシアニン等のフタロシアニン化合物、ペンタセン誘導体、ペリレン誘導体、 C_{60} や C_{70} 等のフラーレン類、フェニル C_{61} ブチリックアシッドメチルエステル（PCBM）等のフラーレン誘導体が挙げられ、高分子有機光電変換材料としては、例えば、ポリ（３－ヘキシルチオフェン）（P3HT）等のチオフェン誘導体、ポリ〔２－（２’－エチルヘキシルオキシ）－５－メトキシ－１，４－フェニレンビニレン〕（MEH－PPV）等のポリフェニレンビニレン誘導体、が挙げられる。

[0309] 電荷輸送層は、電荷（正孔、電子）の有機光電変換層からの輸送（注入）と、電極からの取り出し（電極への注入）をより効率よく行う目的で用いられる。電荷輸送層は、以下に例示する電荷輸送材料のみから構成されていてもよく、任意に添加剤（ドナー、アクセプター等）等を含んでいてもよく、これらの材料が高分子材料（結着用樹脂）または無機材料中に分散された構成であってもよい。

[0310] 電荷輸送材料としては、有機太陽電池用の公知の電荷輸送材料を用いることができる。このような電荷輸送材料は、正孔輸送材料および電子輸送材料に分類され、これらの具体的な化合物を以下に例示するが、本発明はこれらの材料に限定されるものではない。

[0311] 正孔輸送材料としては、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共重合体（PEDOT：PSS）等が挙げられ、電子輸送材料としては、例えば、 TiO_x 、 ZnO 、ナフタレンテトラカルボン酸二無水物（NTCDA）等が挙げられる。

[0312] 図22において、基板51を介して陽極52から入射された光は、有機層54における光電変換層（電子受容体あるいは電子供与体）で吸収され、エキシトンが生成される。このエキシトンが電子供与体と電子受容体の界面に移動して、正孔と電子のペアに分離する（電荷分離状態）。発生した電荷は内部電界によって、電子は電子受容体間を通り、また正孔は、電子供与体間を通り、それぞれ異なる電極へ運ばれ、光電流が検出される。

[0313] なお、図22には記載していないが、正孔ブロック層、電子ブロック層、電子注入層、正孔注入層、あるいは平滑化層等の他の層を有していてもよい。

[0314] 有機層54の膜厚は、5～5000nm程度とすることができるが、50～1000nmが好ましい。膜厚が50nm未満であると、太陽光を十分に吸収することができない。また、膜厚が1000nmを超えると、有機層54の抵抗成分により、効率が低下してしまう。

[0315] （陽極52）

陽極 5 2 は、上述したように、電極材料層 5 5 と、自己組織化層 5 6 との 2 層構造となっている。

[0316] 電極材料層 5 5 は、上述した実施形態 2 のソース電極 4 およびドレイン電極 5 と同一の材料を用いることができる。

[0317] 電極材料層 5 5 は、各種導電性材料の混合材料から構成される。各種導電性材料としては、金、銀、銅、チタン、もしくはアルミニウム等の金属材料やこれらを含む合金、インジウム・スズ酸化物（ITO）、もしくはインジウム・亜鉛酸化物（IZO）等の導電性酸化物材料、シリコンもしくはガリウム砒素やこれら材料にホウ素やリン等のドーパントを高濃度で注入し導電性を高めるなどした各種の半導体材料、または、PEDOT:PSS等の導電性有機材料などが挙げられる。

[0318] なお、電極材料層 5 5 を構成する混合材料として、いずれの材料を組み合わせたものを用いるかについては、各電極上の自己組織化層 6 の自己組織化単分子が結合可能である材料と、結合できない材料とから適宜選択すればよい。

[0319] 電極材料層 5 5 の形成方法としては、上述した実施形態 2 のソース電極 4 およびドレイン電極 5 の形成方法と同じく、例えば、窒素やアルゴン等の不活性雰囲気下の真空状態で、メタルマスクを用いた多元同時真空蒸着法または多元スパッタリング法等の物理気相成長法によって形成する方法が挙げられる。また、例えば、各電極材料からなるナノ粒子を作製し、これらを混ぜて混合電極材料インクを調整した後、インクジェット法またはスクリーン印刷法等の印刷法で塗布し、不活性雰囲気下で焼成処理を行うことによって形成してもよい。

[0320] なお、電極材料層 5 5 を構成する混合材料における「混合」とは、各導電性材料の粒子が適度に混ざり合っている状態であることが好ましい。また、各導電性材料の混合程度は、各電極の表面において、各導電性材料からなる表面が現れている程度であればよい。

[0321] 自己組織化層 5 6 は、上述した実施形態 2 の自己組織化層 6 と同じ材料を

用いることができ、同じ形成方法にて形成することができる。

[0322] (陰極 5 3)

陰極 5 3 は、陽極 5 2 と同じ混合材料から構成することができる。しかしながら、本発明はこれに限定されるものではなく、混合材料を構成する複数の材料が、陽極 5 2 のそれと異なるものであってもよいし、混合材料ではなく別の単一の電極材料から構成してもよい。

[0323] ここで、図 2 4 に基づいて、キャリアである正孔が陽極 5 2 から有機層 5 4 へ注入される際のキャリア注入障壁について説明する。

[0324] 図 2 4 は、陽極 5 2 の各々の仕事関数を規定するエネルギー準位、ならびに有機層 5 4 のキャリア注入に係る分子軌道のエネルギー準位を示すバンドダイアグラムである。図 2 4 (a) は、自己組織化層が形成されていない従来例に係る構成を示しており、(b) は、本実施形態に係る構成の一例を示している。

[0325] 図 2 4 (a) (b) に示すように、キャリア（正孔）を有機層 5 4 から陽極 5 2 に取り出すための障壁は、陽極の仕事関数と、有機層の仕事関数の差によって定まる。

[0326] 本実施形態の一例では、自己組織化層 5 6 の自己組織化単分子が、電極材料層 5 5 に負の電荷、有機層 5 4 側に正の電荷を持つような双極子モーメントを有する。このため、自己組織化層 5 6 による電気 2 重層の効果によって、電極材料層 5 5 の仕事関数が減少する。これによって、図 2 4 (b) に示すように、有機層 5 4 から電極材料層 5 5 側へのキャリア注入障壁は減少する。

[0327] なお、キャリア注入障壁の減少または増大の程度は、自己組織化単分子の持つ双極子モーメントの大きさ、自己組織化単分子の密度、及び自己組織化層 5 6 の誘電率に比例する。これらのパラメータを考慮して、エネルギー障壁を低減できるような自己組織化単分子を選択する必要がある。

[0328] また、自己組織化層 5 6 を構成する自己組織化単分子は、自己組織化層 5 6 が有機層 5 4 に与える影響の観点に基づいて選んでもよい。

[0329] なお、自己組織化層 5 6 の材料は、本明細書に挙げた自己組織化層 6 の具体例に限定されることなく、適宜選択可能である。また形成方法も自己組織化層 6 と同じ形成方法を用いることができる。

[0330] 以上の構成によれば、陽極と有機層との間の障壁が減少し、加えて、この部分の抵抗も小さく抑えられるため、キャリア注入効率が向上する。

[0331] (実施形態 5 の実施例)

(実施例 9)

本実施例 9 では、図 2 2 に示す基板 5 1 としてのガラス基板に、自己組織化単分子が結合可能な材料である金と、自己組織化単分子が結合できない材料である金とを、二元同時スパッタリングによって成膜し、陽極 5 2 の電極材料層 5 5 を形成した。

[0332] この電極材料層 5 5 の上に、自己組織化単分子材料であるジメチルアミノベンゼンチオール (D A B T) の自己組織化層 4 6 を、P F B T のエタノール溶液中に電極材料層 5 5 を形成した基板 5 1 を浸すことで形成して、電極材料層 5 5 と自己組織化層 5 6 とを有する陽極 5 2 を完成させた。なお、ジメチルアミノベンゼンチオール (D A B T) は、実施例 1 や 8 などを用いているペンタフルオロベンゼンチオール (P E B T) とは双極子の向きが反対である。

[0333] この陽極 5 2 の上に、p 型有機半導体として銅フタロシアニンを、n 型有機半導体として C 6 0 フラーレンをこの順でそれぞれ真空蒸着し、p 型有機半導体と n 型有機半導体とが積層した有機層 5 4 を成膜した。

[0334] 最後に真空蒸着により、陰極 5 3 として光半透過性のアルミニウムを真空蒸着で成膜した。以上により、本実施例 8 の有機太陽電池 5 0 0 を完成させた。

[0335] (比較例 6)

比較例 4 として、実施例 9 の陽極 5 2 に変えて、金のみからなる電極材料層とし、自己組織化単分子材料としてジメチルアミノベンゼンチオール (D A B T) とベンゼンチオール (B T) の混合物から形成したこと以外は、実

施例 9 と同様の方法により形成した。なお、ジメチルアミノベンゼンチオールとベンゼンチオールの比率は、0.7 : 0.3 とした。

[0336] 比較例 6 に係る有機太陽電池では、ジメチルアミノベンゼンチオールとベンゼンチオールは共に金と結合するため、陽極（電極材料層）における表面全面に自己組織化層 5 6 が形成された。

[0337] （比較例 7）

比較例 7 として、実施例 9 の陽極 5 2 に変えて、ITO のみからなる電極材料層としたこと以外は、実施例 9 と同様の方法により作製した。

[0338] 比較例 7 に係る有機太陽電池では、ジメチルアミノベンゼンチオールが ITO と結合しないため、自己組織化層 5 6 が形成されなかった。

[0339] （実施例 9 の効果）

以上の方法によって作製された実施例 9 における陽極の仕事関数、及び、有機太陽電池の短絡電流量を比較した結果を表 8 に示す。

[0340] [表 8]

	金:ITO 比率	自己組織化層	仕事関数 [eV]	短絡電流値 [μ A]
実施例 9	0.7:0.3	DABT	4.61	15
比較例 6	1.0:0.0	DABT:BT=0.7:0.3	4.60	9
比較例 7	0.0:1.0	なし	4.92	5

[0341] 表 8 に示すように、実施例 9 と比較例 6 の仕事関数はほぼ同等であるが、実施例 9 の電流値のほうが比較例 6 の電流値より大きい。比較例 6 では電極材料層の表面全体が自己組織化層に覆われているため、キャリア取り出しのための物理的な抵抗が存在するためと考えられる。

[0342] また表 8 に示すように、実施例 9 と比較例 7 では、比較例 7 では自己組織化層を有さないため物理的な抵抗値が小さいと考えられるが、電流値は小さい。実施例 9 では自己組織化層の陽極被覆率が調整されることにより物理的な抵抗が抑制されることに加え、仕事関数が p 型半導体層との取り出し障壁を減少させる形に制御されているためだと考えられる。

[0343] なお、本発明は上述した各実施形態に限定されるものではない。当業者は、請求項に示した範囲内において、本発明をいろいろと変更できる。すなわち、請求項に示した範囲内において、適宜変更された技術的手段を組み合わせれば、新たな実施形態が得られる。すなわち、発明の詳細な説明の項においてなされた具体的な実施形態は、あくまでも、本発明の技術内容を明らかにするものであって、そのような具体例にのみ限定して狭義に解釈されるべきものではなく、本発明の精神と次に記載する請求の範囲内で、いろいろと変更して実施することができるものである。

[0344] (本発明の総括)

本発明の電極構成は、以上のように、

電極と当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、

上記電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0345] 上記の構成を具備する電極構成を、例えば有機トランジスタの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に採用することにより、ソース電極および／またはドレイン電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない構成が実現される。このように、電極上における自己組織化層の面密度が、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、電極の仕事関数を精密に制御し、電極と有機層との間におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0346] また、上記構成において、有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0347] したがって、本発明の電極構成を有機薄膜トランジスタに採用すれば、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機層（有機半導体層）との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させることが可能である。このため、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる高性能な有機薄膜トランジスタを提供することができる。

[0348] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタは、以上のように、
上記電極構成を有する有機薄膜トランジスタであって、
基板と、
上記基板上に形成されたゲート電極と、
上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、
上記ソース電極および上記ドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、
上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、
上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴と

している。

[0349] 上記構成において、ソース電極および／またはドレイン電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0350] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合した自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機薄膜トランジスタの製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0351] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して有機半導体層が形成されている。このため、有機半導体層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0352] したがって、本発明に係る有機薄膜トランジスタによれば、電極の仕事関数を精密に制御してキャリア注入障壁を低減させることと、電極と有機半導体層との間における物理的な抵抗を減少させることを両立させることが可能である。このため、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる高性能な有機薄膜トランジスタを実現することができる。

[0353] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記ソース電極および上記ドレイン電極はそれぞれ上記混合材料から構成され、

上記自己組織化層は、上記ソース電極と上記有機半導体層との間に形成さ

れた第1自己組織化層と、上記ドレイン電極と上記有機半導体層との間に形成された第2自己組織化層とを備えており、

上記第1自己組織化層の自己組織化単分子と、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子とは、上記双極子の向きが互いに同じ、または互いに異なることが好ましい。

[0354] 例えば、第1自己組織化層および第2自己組織化層において、双極子の向きが互いに同じである場合、第1自己組織化層および第2自己組織化層を同じ材料から構成することによって、コストを削減することもできる。また、当該双極子の向きがソース電極側においてキャリア注入障壁を低減させるものであれば、ドレイン電極側においてキャリア注入障壁は増加してしまうが、有機薄膜トランジスタの全体としての性能を向上させることができる。

[0355] 一方、第1自己組織化層および第2自己組織化層において、双極子の向きが互いに異なる場合、ソース電極およびドレイン電極の各々の側において、有機半導体層との間のエネルギー障壁を低減させる向きの（互いに逆向きの）双極子を利用することができる。これによって、有機薄膜トランジスタの性能をより向上させることができる。

[0356] なお、p型の有機薄膜トランジスタの場合、第1自己組織化層における双極子の向きは、正の電荷がソース電極側に位置し、負の電荷が半導体層側に位置することが好ましく、第2自己組織化層における双極子の向きは、負の電荷がドレイン電極側に位置し、正の電荷が半導体層側に位置することが好ましい。一方、n型の有機薄膜トランジスタの場合には、p型の場合と正負が逆であることが好ましい。

[0357] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタにおいて、上記ソース電極を構成する混合材料と、上記ドレイン電極を構成する混合材料とは、上記自己組織化単分子が結合する電極材料と結合しない電極材料との混合比率が、互いに異なることが好ましい。

[0358] 上記構成によれば、ソース電極とドレイン電極との各々において、自己組織化層の面密度を調節することによって、各電極の仕事関数をそれぞれ制御

することができる。これによって、両電極におけるキャリア注入障壁を好適に低減させ、有機薄膜トランジスタの性能をより向上させることができる。

[0359] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記第1自己組織化層および上記第2自己組織化層は、上記双極子の向きが互いに同じ自己組織化単分子から構成され、

上記ソース電極を構成する上記混合材料では、上記自己組織化単分子が結合する電極材料の割合が、当該自己組織化単分子が結合しない電極材料の割合よりも大きく、

上記ドレイン電極を構成する上記混合材料では、上記自己組織化単分子が結合する電極材料の割合が、当該自己組織化単分子が結合しない電極材料の割合よりも小さいことが好ましい。

[0360] 上記構成によれば、第1自己組織化層および第2自己組織化層を同じ材料から構成することによって、製造コストを削減することができる。また、上記構成によれば、ドレイン電極における第2自己組織化層の面密度が低くなるように調節される。このため、第1自己組織化層および第2自己組織化層における双極子の向きがソース電極側においてキャリア注入障壁を低減させるものである場合に、ドレイン電極側におけるキャリア注入障壁の増加を抑制することができ、有機薄膜トランジスタの全体としての性能をより向上させることができる。

[0361] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記ソース電極および上記ドレイン電極をそれぞれ構成する上記混合材料は、

上記第1自己組織化層の自己組織化単分子が結合し、かつ、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子が結合しない第1電極材料と、

上記第1自己組織化層の自己組織化単分子が結合せず、かつ、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子が結合する第2電極材料とを含んで成ること

が好ましい。

[0362] 上記構成によれば、ソース電極およびドレイン電極に対して、それぞれの電極に適した双極子を有する自己組織化単分子を用いて第1自己組織化層および第2自己組織化層を形成することができる。また、ソース電極およびドレイン電極を共通の材料から製造することも可能である。

[0363] 例えば、ソース電極およびドレイン電極を共通の材料から製造しつつ、ソース電極およびドレイン電極の各々に対して、キャリア注入障壁を低減させる向きの（互いに逆向きの）双極子を有する自己組織化単分子を利用することができる。これによって、製造コストを抑えつつ、有機薄膜トランジスタの性能をより向上させることができる。

[0364] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記第1自己組織化層および上記第2自己組織化層は、上記双極子の向きが互いに同じ自己組織化単分子から構成され、

上記各混合材料において、上記第1電極材料の割合は、上記第2電極材料の割合よりも大きいことが好ましい。

[0365] 上記構成によれば、ソース電極およびドレイン電極を共通の材料から構成することによって、製造コストを削減することができる。また、上記構成によれば、ドレイン電極における第2自己組織化層の面密度が低くなるように調節される。このため、第1自己組織化層および第2自己組織化層における双極子の向きがソース電極側においてキャリア注入障壁を低減させるものである場合に、ドレイン電極におけるキャリア注入障壁の増加を抑制することができ、有機薄膜トランジスタの全体としての性能をより向上させることができる。

[0366] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記少なくとも一方の電極上に形成された上記自己組織化層は、2種類以上の自己組織化単分子から構成され、

上記混合材料は、各自己組織化単分子が結合する電極材料と、いずれの自己組織化単分子も結合しない電極材料とが混合されていてもよい。

[0367] 上記構成によれば、異なる機能を有する自己組織化単分子を組み合わせる用いることにより、自己組織化層を構成することができる。例えば、電極の仕事関数を制御するために好適な自己組織化単分子と、表面エネルギーの小さな自己組織化単分子とを組み合わせる用いることによって、電極の仕事関数を制御しつつ、有機半導体層のグレインを大きくすることができる。これによって、本発明に係る有機薄膜トランジスタは、電圧を抑えたまま、より大きな電流量を確保することができる。

[0368] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの一形態は、上記の構成に加えて、

上記少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間のうち、少なくとも上記ソース電極と上記ドレイン電極との間隙部分に形成された、自己組織化単分子から構成される他の自己組織化層をさらに備えていることが好ましい。

[0369] 上記構成によれば、電極間のチャネル部分に他の自己組織化層が形成されるため、チャネル界面（有機半導体層とゲート絶縁膜の界面）でのキャリアトラップが抑えられ、これによって大きな電流量を確保することができる。ここで、他の自己組織化層を構成する自己組織化単分子の双極子の大きさは、キャリアトラップをより効果的に抑えるために、できるだけ小さいことが望ましい。なお、上記自己組織化層と、上記他の自己組織化層とは、互いに同じ種類の自己組織化単分子から構成されていてもよく、または、互いに異なる種類の自己組織化単分子から構成されていてもよい。

[0370] 本発明に係る有機EL画素は、上述したいずれかの有機薄膜トランジスタを備えることが好ましい。上記構成によれば発光効率の良好な有機EL画素を提供することができる。

[0371] 本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子は、以上のように、上記の電極構成を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、上

記の電極構成の上記有機層としての、発光層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記発光層を含む有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0372] 上記構成において、第一電極および／または第二電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0373] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合した自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子の製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0374] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して、発光層を含む有機層が形成されている。このため、当該有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物

理的な抵抗を減少させることができる。

[0375] したがって、本発明に係る有機エレクトロルミネッセンス素子によれば、電極の仕事関数を精密に制御して障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることを両立させることが可能である。このため、発光効率の良好な有機エレクトロルミネッセンス素子を実現することができる。

[0376] また、本発明には、上述した有機エレクトロルミネッセンス素子を備える装置も含まれる。上記構成によれば、有機エレクトロルミネッセンス素子は発光効率が良いため、低消費電力で高輝度を呈する表示装置や光源装置などの種々の装置を実現することができる。

[0377] 本発明に係る有機太陽電池は、以上のように、

上記の電極構成を備えた有機太陽電池であって、電極構成の上記有機層としての、光電変換層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機太陽電池であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴としている。

[0378] 上記構成において、第一電極および／または第二電極の電極表面のうち、ある電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合し、他の電極材料からなる部分には自己組織化単分子が結合していない。

[0379] 上記構成によれば、少なくとも一方の電極上には、ある電極材料に結合し

た自己組織化単分子によって自己組織化層が構成されている。すなわち、少なくとも一方の電極上における自己組織化層の面密度は、当該電極を構成する混合材料中の当該電極材料の割合によって制御される。このため、本発明に係る有機太陽電池の製造時、混合材料の組成を調節することによって、所望の面密度を有する自己組織化層を容易に形成することができる。これによって、少なくとも一方の電極の仕事関数を精密に制御し、当該電極におけるキャリア注入障壁を低減させることが可能である。

[0380] また、上記構成において、少なくとも一方の電極上には、自己組織化層を介して、光電変換層を含む有機層が形成されている。このため、当該有機層は、自己組織化層において自己組織化単分子が存在しない間隙を介することによって、上記電極の表面のうち、自己組織化単分子が結合しない電極材料からなる部分に接触可能である。これによって、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることができる。

[0381] したがって、本発明に係る有機太陽電池によれば、電極の仕事関数を精密に制御して障壁を低減させることと、電極と有機層との間における物理的な抵抗を減少させることとを両立させることが可能である。このため、キャリアの取り出し効率を高めた有機太陽電池を実現することができる。

[0382] また本発明の、電極構成の製造方法は、

電極と、当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えた電極構成の製造方法であって、

上記電極を、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、２種類以上の電極材料を混合することにより形成する工程と、

上記２種類以上の電極材料のうち、１種類以上の電極材料と結合し、かつ、１種類以上の他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、

他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を当該電極から除去する工程と、

を含むことを特徴としている。

[0383] 上記の構成によれば、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる有機薄膜トランジスタを好適に製造することができる。

[0384] また、本発明に係る有機薄膜トランジスタの製造方法は、
基板と、
上記基板上に形成されたゲート電極と、
上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、

上記ソース電極およびドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備える有機薄膜トランジスタの製造方法であって、

上記少なくとも一方の電極を、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料を混合することにより形成する工程と、

上記少なくとも一方の電極上に、上記2種類以上の電極材料のうち、1種類以上の電極材料と結合し、かつ、1種類以上の他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、

上記少なくとも一方の電極を洗浄することにより、上記他の電極材料上に塗布された上記自己組織化単分子を当該電極から除去する工程とを含むことを特徴としている。

[0385] 上記方法によれば、電圧を増加させることなく大きな電流を確保できる有機薄膜トランジスタを好適に製造することができる。

産業上の利用可能性

[0386] 本発明は、有機ELディスプレイなどに好適に利用することができる。

符号の説明

[0387] 1 基板

- 2 ゲート電極
- 3 ゲート絶縁膜
- 4 ソース電極（電極）
 - 4 a 結合材料（自己組織化単分子が結合する電極材料）
 - 4 b 非結合材料（自己組織化単分子が結合しない電極材料）
- 5 ドレイン電極（電極）
 - 5 a 結合材料（自己組織化単分子が結合する電極材料）
 - 5 b 非結合材料（自己組織化単分子が結合しない電極材料）
- 6 自己組織化層
 - 6 a ソース側自己組織化層（第1自己組織化層）
 - 6 b ドレイン側自己組織化層（第2自己組織化層）
- 7 有機半導体層（有機層）
 - 8 a 第1電極材料
 - 8 b 第2電極材料
- 1 1 基板
- 1 2 フォトレジスト膜
- 1 3 薄膜
- 2 0 チャネル部
- 2 1 データライン
- 2 2 スキャンライン
- 2 3 キャパシタンスライン
- 2 4 カソード電源ライン
- 2 5 アノード電源ライン
- 3 1 スイッチング用トランジスタ
- 3 2 キャパシタンス
- 3 3 駆動用トランジスタ
- 3 4 有機EL素子
- 4 1 透明基板

- 4 2 陽極
- 4 3 陰極
- 4 4 有機層
- 4 5 電極材料層
 - 4 5 a 電極材料（自己組織化単分子が結合する電極材料）
 - 4 5 b 電極材料（自己組織化単分子が結合しない電極材料）
- 4 6 自己組織化層
- 5 1 基板
 - 5 2 陽極
 - 5 3 陰極
 - 5 4 有機層
 - 5 5 電極材料層
 - 5 5 a 電極材料（自己組織化単分子が結合する電極材料）
 - 5 5 b 電極材料（自己組織化単分子が結合しない電極材料）
 - 5 6 自己組織化層
- 1 0 0、2 0 0 有機薄膜トランジスタ
- 3 0 0、4 1 0 有機E L画素
- 4 0 0 有機E L素子
- 5 0 0 有機太陽電池
- 6 0 0 電極構成
 - 6 0 2 電極
 - 6 0 4 有機層
 - 6 0 5 電極材料層
 - 6 0 5 a 電極材料（自己組織化単分子が結合する電極材料）
 - 6 0 5 b 電極材料（自己組織化単分子が結合しない電極材料）
 - 6 0 6 自己組織化層

請求の範囲

[請求項1] 電極と、当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えており、

上記電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料が混合された混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する自己組織化単分子は、上記電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴とする電極構成。

[請求項2] 請求項1に記載の電極構成を有する有機薄膜トランジスタであって、

基板と、

上記基板上に形成されたゲート電極と、

上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、

上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と

、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、

上記ソース電極および上記ドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と上記有機半導体層との間に形成された上記自己組織化層とを備えており、

上記少なくとも一方の電極は、上記混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴とする有機薄膜トランジスタ。

[請求項3] 上記ソース電極および上記ドレイン電極は、それぞれ上記混合材料から構成され、

 上記自己組織化層は、上記ソース電極と上記有機半導体層との間に形成された第1自己組織化層と、上記ドレイン電極と上記有機半導体層との間に形成された第2自己組織化層とを備えており、

 上記第1自己組織化層の自己組織化単分子と、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子とは、上記双極子の向きが互いに同じ、または互いに異なることを特徴とする請求項2に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項4] 上記ソース電極を構成する混合材料と、上記ドレイン電極を構成する混合材料とは、上記自己組織化単分子が結合する電極材料と結合しない電極材料との混合比率が、互いに異なることを特徴とする請求項3に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項5] 上記第1自己組織化層および上記第2自己組織化層は、上記双極子の向きが互いに同じ自己組織化単分子から構成され、

 上記ソース電極を構成する上記混合材料では、上記自己組織化単分子が結合する電極材料の割合が、当該自己組織化単分子が結合しない電極材料の割合よりも大きく、

 上記ドレイン電極を構成する上記混合材料では、上記自己組織化単分子が結合する電極材料の割合が、当該自己組織化単分子が結合しない電極材料の割合よりも小さいことを特徴とする請求項4に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項6] 上記ソース電極および上記ドレイン電極をそれぞれ構成する上記混合材料は、

 上記第1自己組織化層の自己組織化単分子が結合し、かつ、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子が結合しない第1電極材料と、

 上記第1自己組織化層の自己組織化単分子が結合せず、かつ、上記第2自己組織化層の自己組織化単分子が結合する第2電極材料とを

含んで成ること

を特徴とする請求項3または4に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項7] 上記第1自己組織化層および上記第2自己組織化層は、上記双極子の向きが互いに同じ自己組織化単分子から構成され、

上記各混合材料において、上記第1電極材料の割合は、上記第2電極材料の割合よりも大きいこと

を特徴とする請求項6に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項8] 上記少なくとも一方の電極上に形成された上記自己組織化層は、2種類以上の自己組織化単分子から構成され、

上記混合材料は、上記2種類以上の自己組織化単分子がそれぞれ結合する各電極材料と、上記2種類以上の自己組織化単分子がいずれも結合しない電極材料とが混合されてなることを特徴とする請求項2～7のいずれか1項に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項9] 上記ソース電極と上記ドレイン電極との間隙部分に形成された、自己組織化単分子から構成される他の自己組織化層をさらに備えていることを特徴とする請求項2～8のいずれか1項に記載の有機薄膜トランジスタ。

[請求項10] 請求項2～9のいずれか1項に記載の有機薄膜トランジスタを備えることを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス画素。

[請求項11] 請求項1に記載の電極構成を備えた有機エレクトロルミネッセンス素子であって、上記有機層としての、発光層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機エレクトロルミネッセンス素子であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記発光層を含む有機層との間に形成された上記自己組織化層を備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、上記混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴とする有機エレクトロルミネッセンス素子。

[請求項12] 請求項11に記載の有機エレクトロルミネッセンス素子を備えることを特徴とする装置。

[請求項13] 請求項1に記載の電極構成を備えた有機太陽電池であって、上記有機層としての、光電変換層を含む有機層を、第一電極と第二電極との間に有している有機太陽電池であって、

上記第一電極および上記第二電極のうち少なくとも一方の電極と上記光電変換層を含む有機層との間に形成された上記自己組織化層とを備えており、

上記少なくとも一方の電極は、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、上記混合材料から構成されており、

上記自己組織化層を構成する上記自己組織化単分子は、上記少なくとも一方の電極の表面において、上記混合材料のうち、1種類以上の電極材料に結合しており、かつ、1種類以上の他の電極材料には結合していないことを特徴とする有機太陽電池。

[請求項14] 電極と、当該電極の上に形成された有機層と、上記電極と上記有機層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単分子から構成される自己組織化層とを備えた電極構成の製造方法であって、

上記電極を、当該電極の表面に各電極材料からなる表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料を混合することにより形成する工程と、

上記2種類以上の電極材料のうち、1種類以上の電極材料と結合し、かつ、1種類以上の他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、

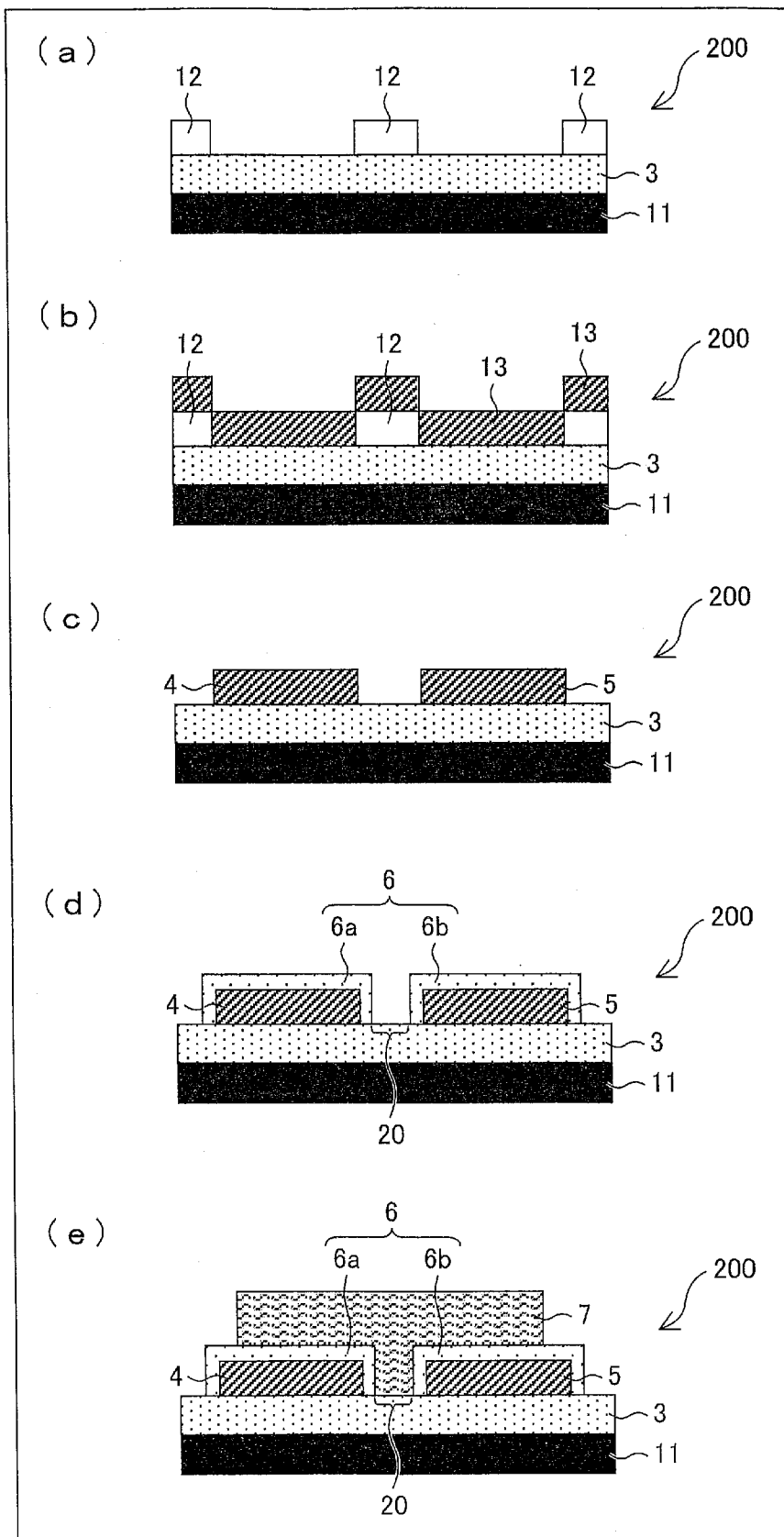
他の電極材料とは結合しない自己組織化単分子を当該電極から除去

する工程と、
を含むことを特徴とする電極構成の製造方法。

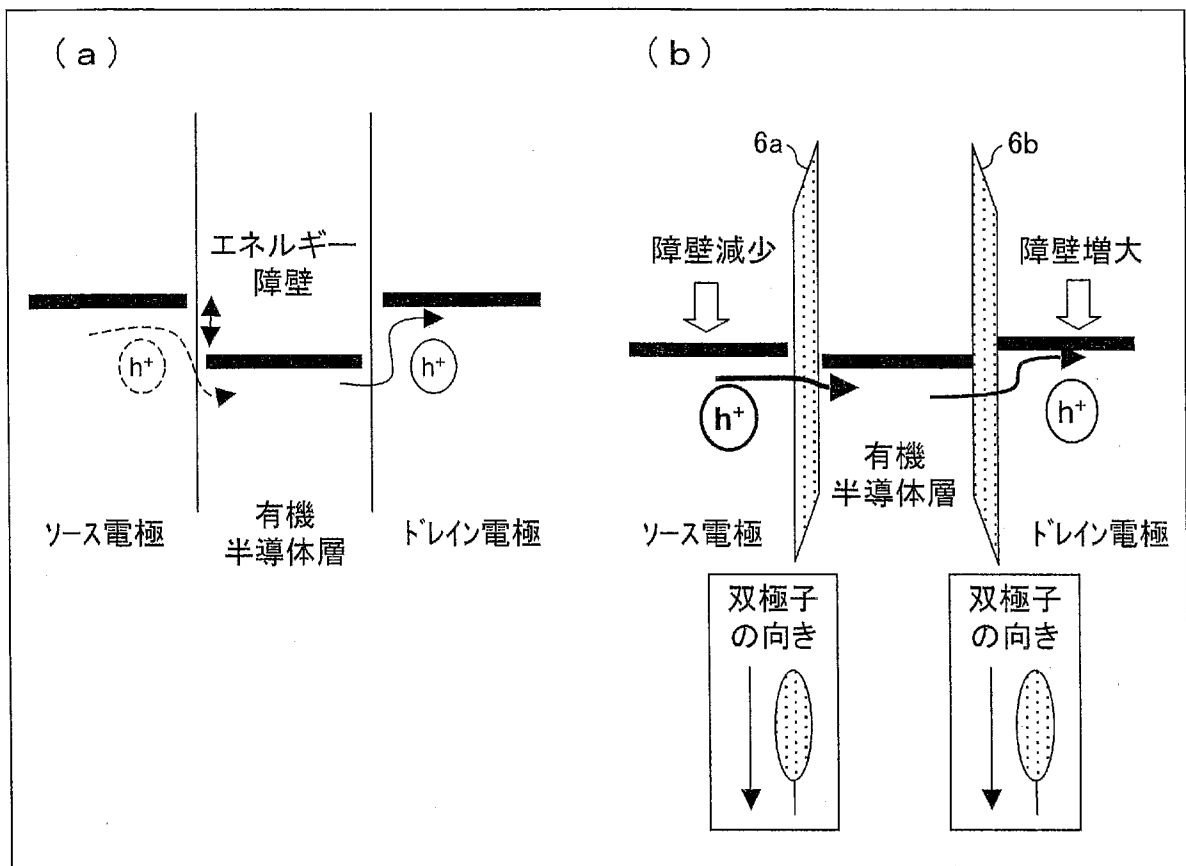
[請求項15]

基板と、
上記基板上に形成されたゲート電極と、
上記ゲート電極上に形成されたゲート絶縁膜と、
上記ゲート絶縁膜上に形成されたソース電極およびドレイン電極と
、
上記ソース電極上および上記ドレイン電極上、ならびに両電極の間
隙部分に連続的に形成された有機半導体層と、
上記ソース電極およびドレイン電極のうち少なくとも一方の電極と
上記有機半導体層との間に形成された、双極子を有する自己組織化単
分子から構成される自己組織化層とを備える有機薄膜トランジスタの
製造方法であって、
上記少なくとも一方の電極を、当該電極の表面に各電極材料からな
る表面がそれぞれ現れるように、2種類以上の電極材料を混合するこ
とにより形成する工程と、
上記少なくとも一方の電極上に、上記2種類以上の電極材料のうち
、1種類以上の電極材料と結合し、かつ、1種類以上の他の電極材料
とは結合しない自己組織化単分子を塗布する工程と、
上記少なくとも一方の電極を洗浄することにより、上記他の電極材
料上に塗布された上記自己組織化単分子を当該電極から除去する工程
とを
含むことを特徴とする有機薄膜トランジスタの製造方法。

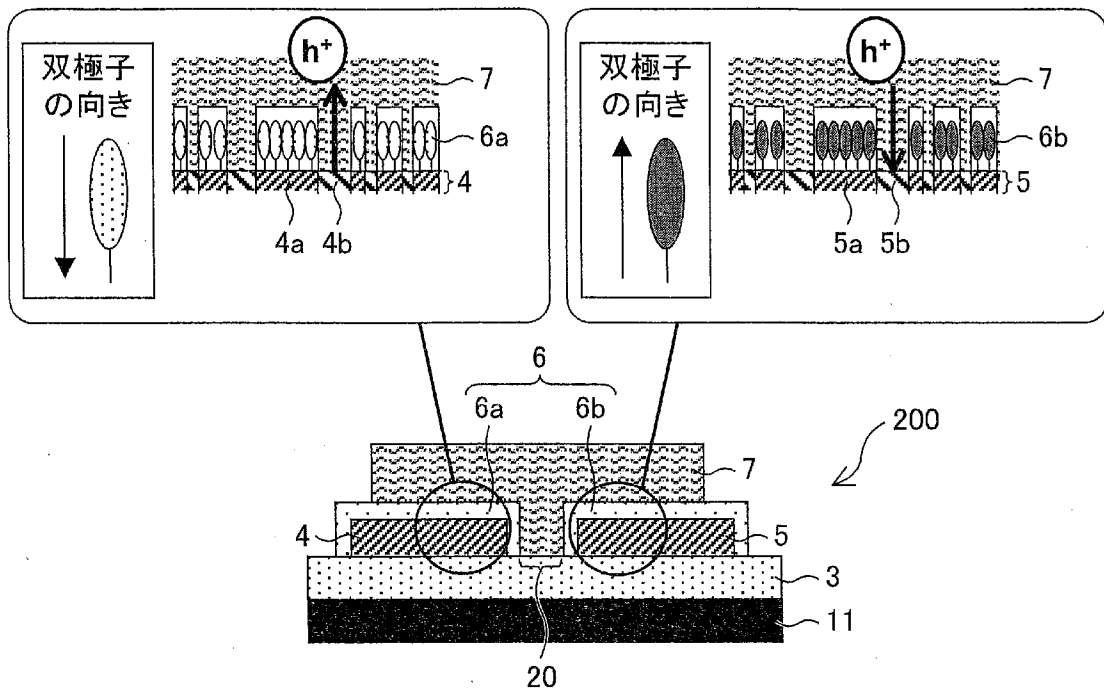
[図5]



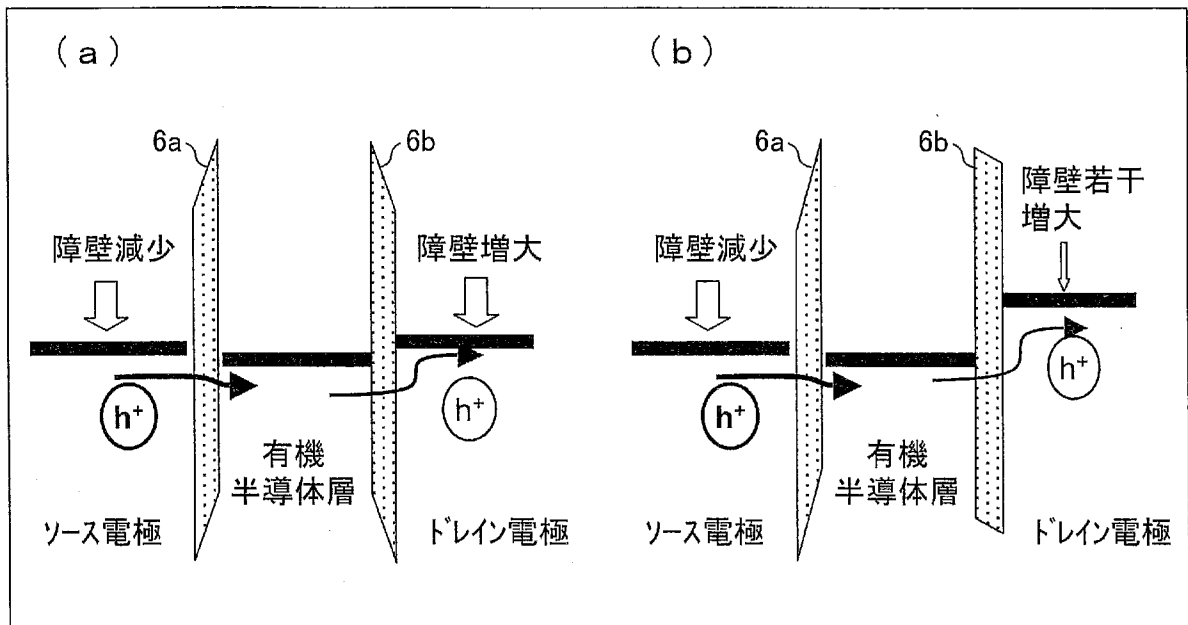
[図6]



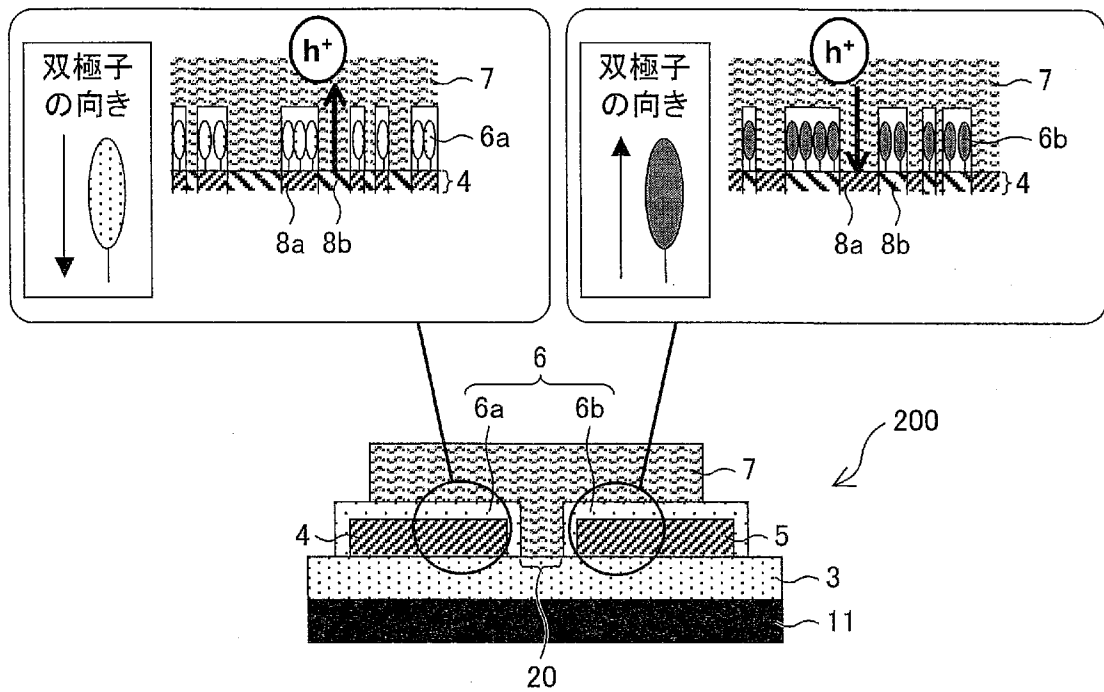
[図7]



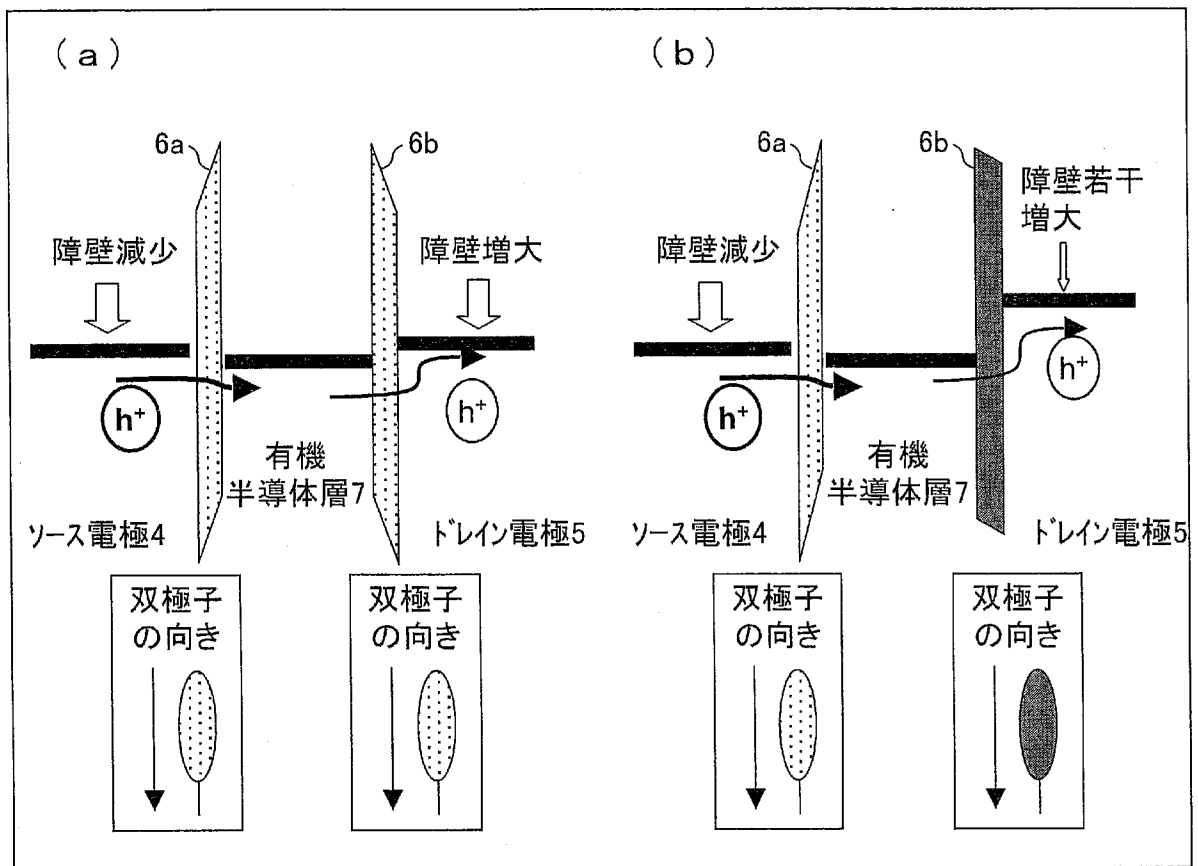
[図10]



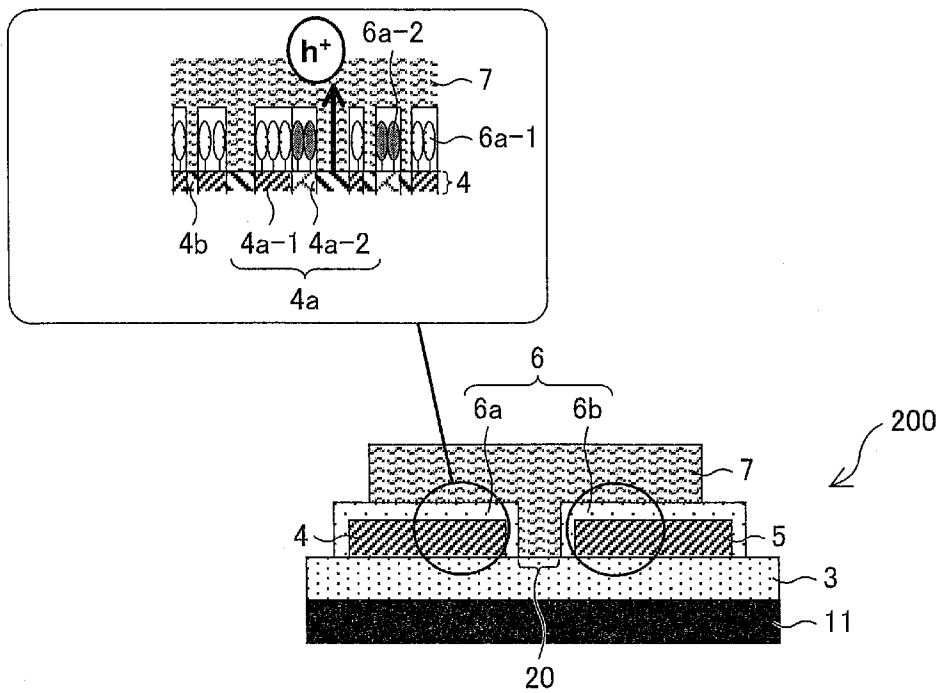
[図11]



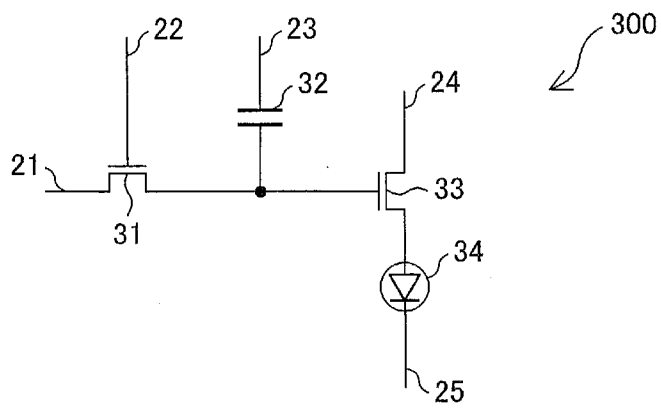
[図14]



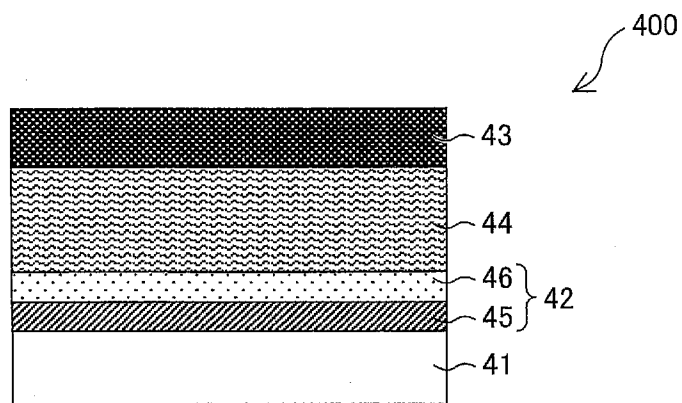
[図15]



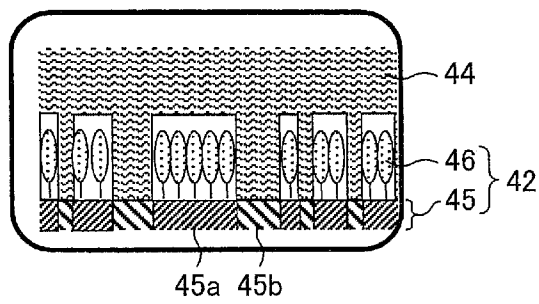
[図16]



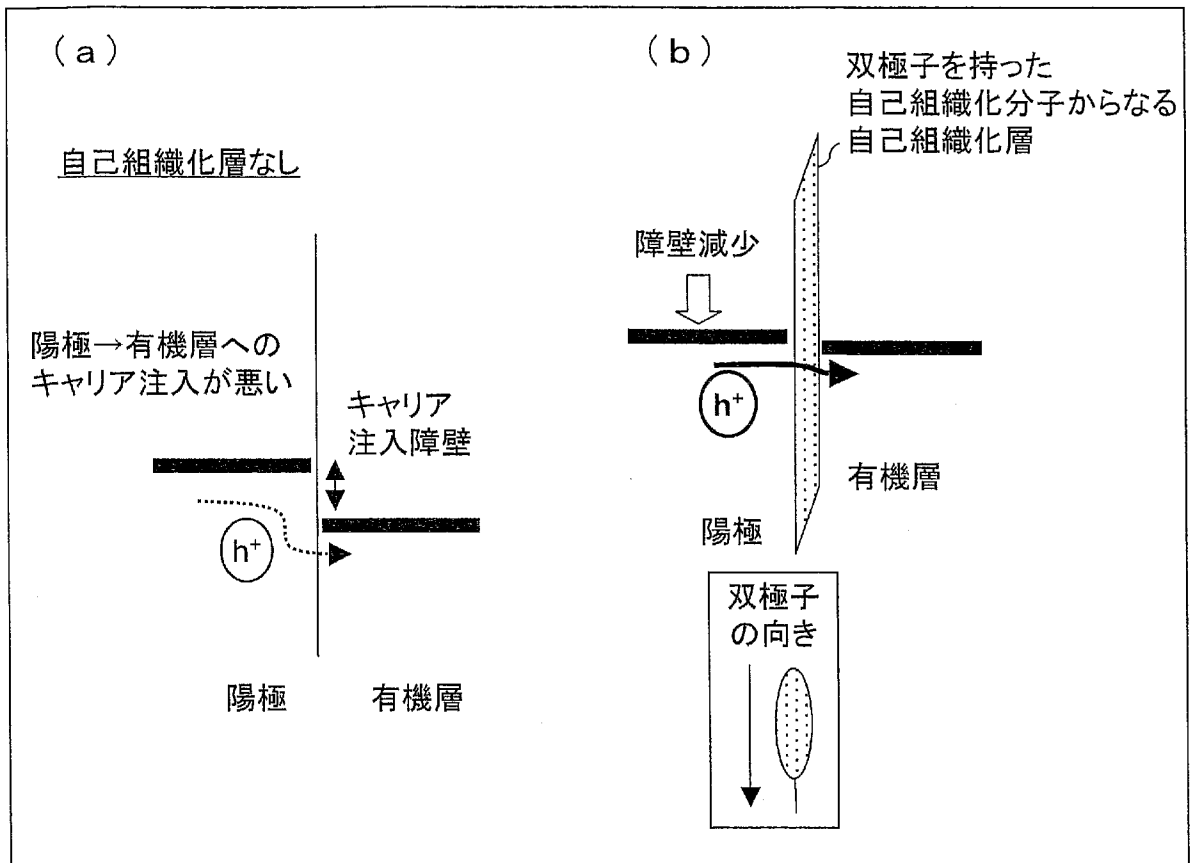
[図17]



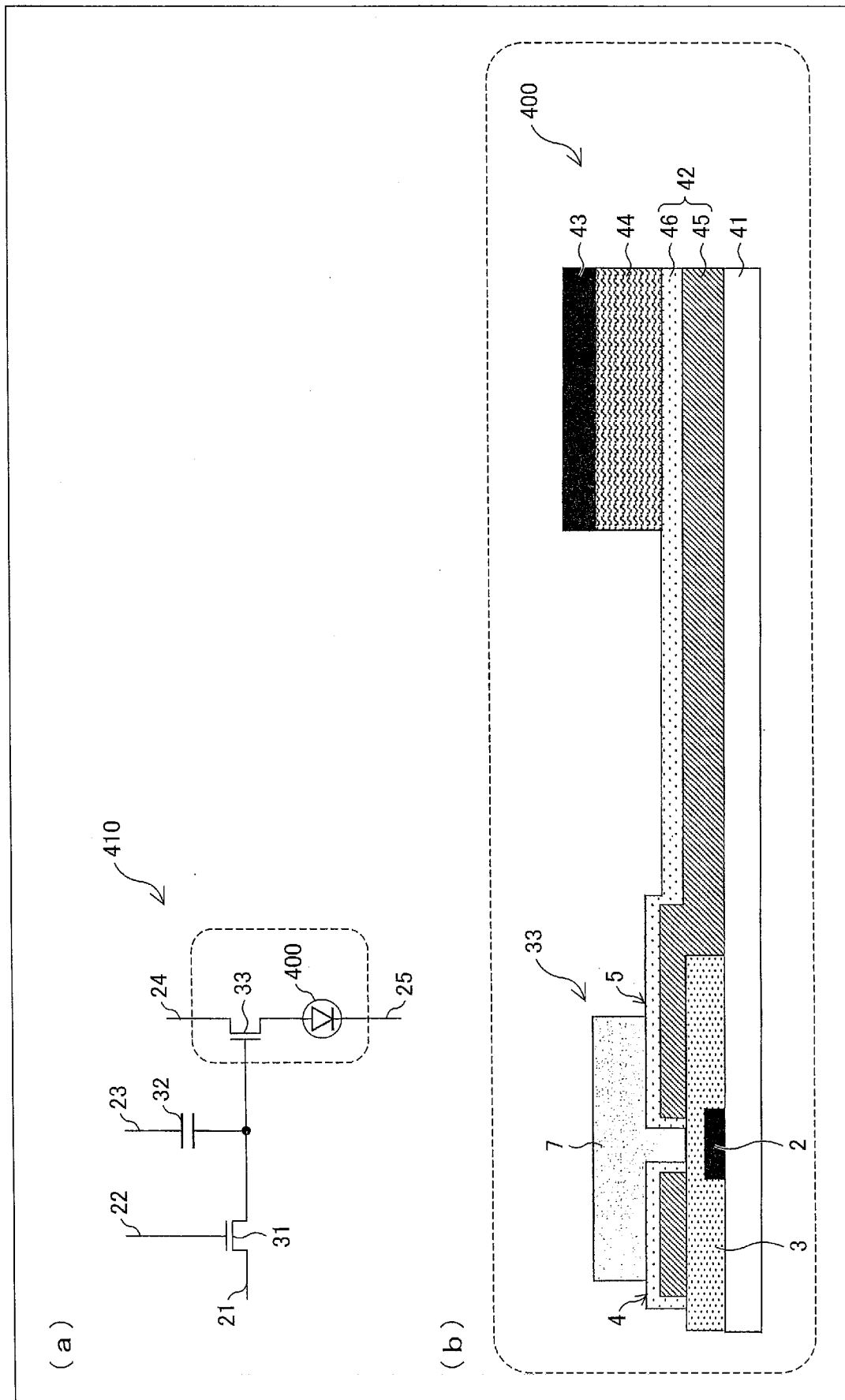
[図18]



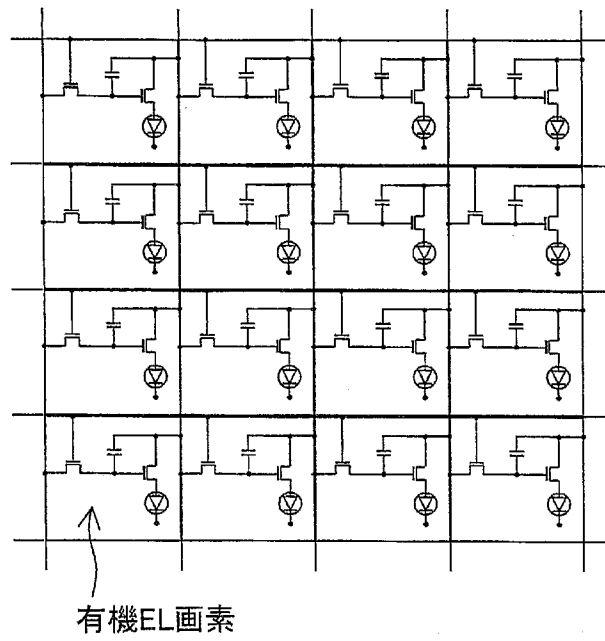
[図19]



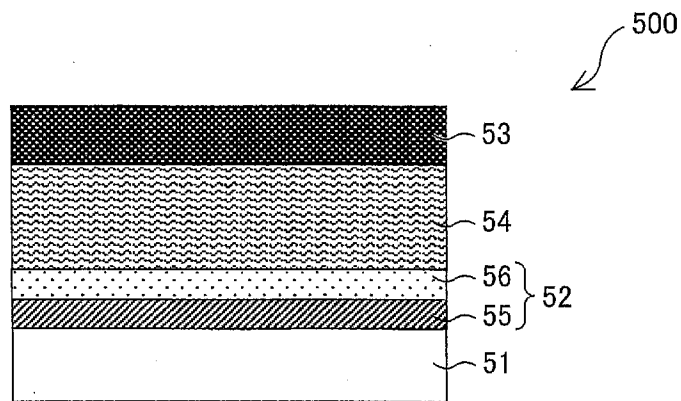
[図20]



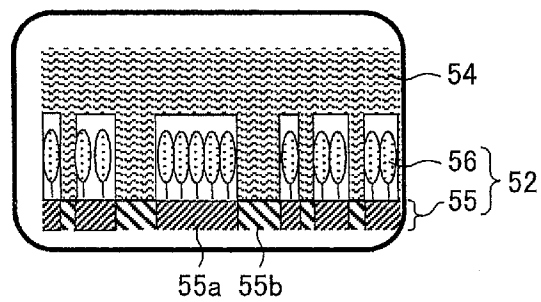
[図21]



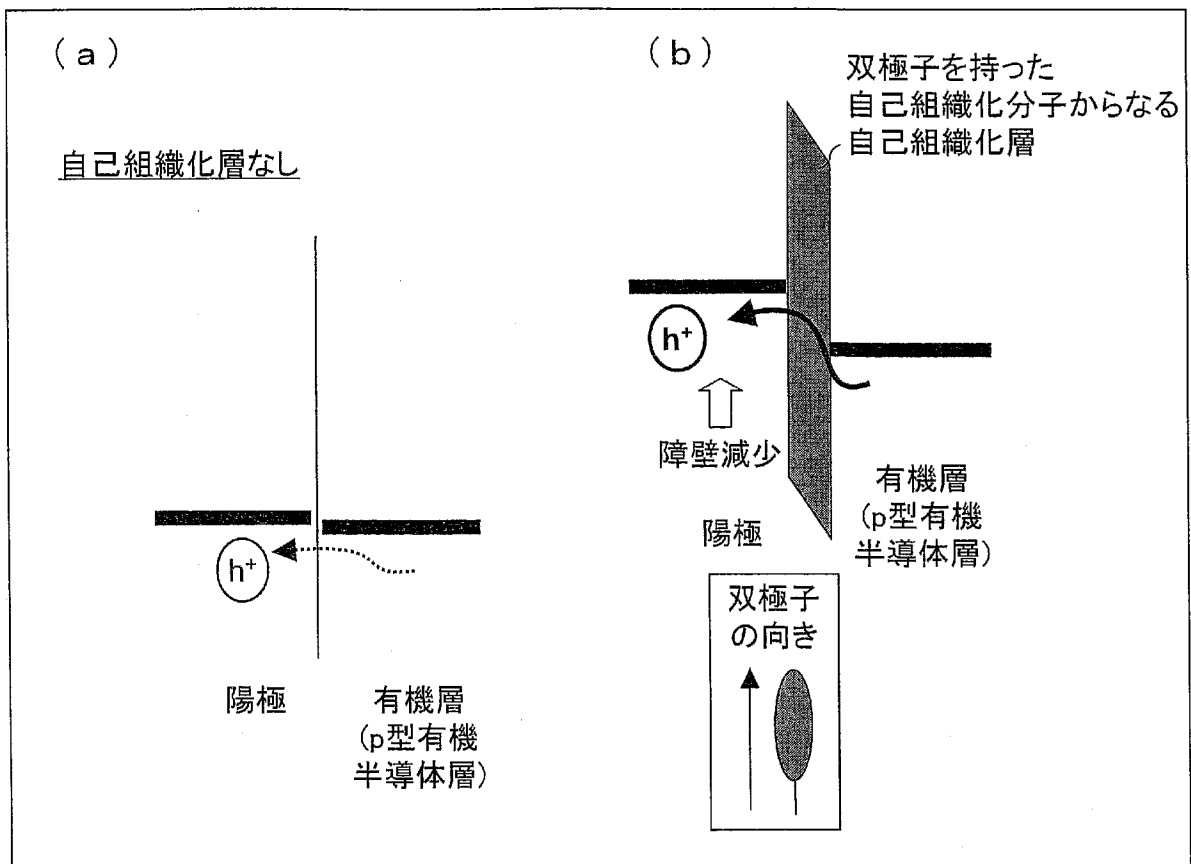
[図22]



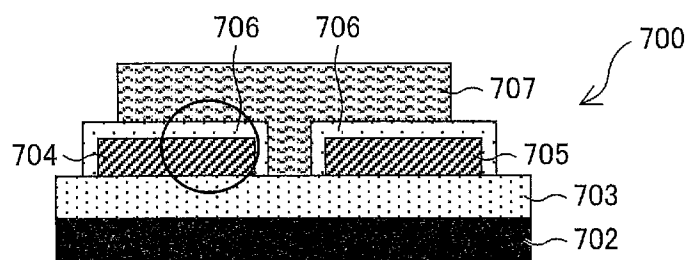
[図23]



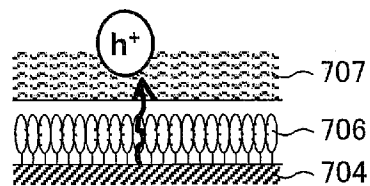
[図24]



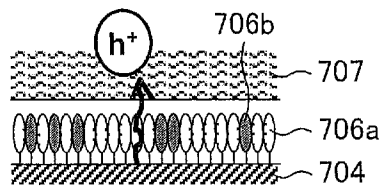
[図25]



[図26]



[図27]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077840

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L29/786(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L51/05(2006.01)i, H01L51/30(2006.01)i, H01L51/40(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L29/786, H01L21/28, H01L51/05, H01L51/30, H01L51/40, H01L51/50

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Jitsuyo Shinan Koho 1922-1996 Jitsuyo Shinan Toroku Koho 1996-2012

Kokai Jitsuyo Shinan Koho 1971-2012 Toroku Jitsuyo Shinan Koho 1994-2012

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

Science Direct, ACS PUBLICATIONS, CAPLUS (STN), REGISTRY (STN)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-218244 A (Hitachi, Ltd.), 24 September 2009 (24.09.2009), paragraphs [0017] to [0049]; fig. 1 to 4 (Family: none)	1-15
A	JP 2008-091680 A (Hitachi, Ltd.), 17 April 2008 (17.04.2008), paragraphs [0021] to [0035] & US 2008/0087883 A1 & CN 101162729 A	1-15
A	JP 2005-294785 A (Dainippon Printing Co., Ltd.), 20 October 2005 (20.10.2005), paragraphs [0030] to [0105] & US 2006/0054883 A1	1-15



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

01 February, 2012 (01.02.12)

Date of mailing of the international search report

14 February, 2012 (14.02.12)

Name and mailing address of the ISA/

Japanese Patent Office

Authorized officer

Facsimile No.

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/JP2011/077840

C (Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2009-158691 A (Sharp Corp.), 16 July 2009 (16.07.2009), paragraphs [0038] to [0127]; fig. 1 to 7 (Family: none)	1-15
A	M. KAWASAKI, et al., Reduction of Contact Resistance between Organic Semiconductor and Electrodes with Thiol-Based Self-Assembled Monolayer in Low-Density and Lying-Down Phase, Japanese Journal of Applied Physics, 2008.08.08, Vol. 47, Pages 6247-6250	1-15

A. 発明の属する分野の分類（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L29/786(2006.01)i, H01L21/28(2006.01)i, H01L51/05(2006.01)i, H01L51/30(2006.01)i, H01L51/40(2006.01)i, H01L51/50(2006.01)i			
B. 調査を行った分野 調査を行った最小限資料（国際特許分類（I P C）） Int.Cl. H01L29/786, H01L21/28, H01L51/05, H01L51/30, H01L51/40, H01L51/50			
最小限資料以外の資料で調査を行った分野に含まれるもの 日本国実用新案公報 1922-1996年 日本国公開実用新案公報 1971-2012年 日本国実用新案登録公報 1996-2012年 日本国登録実用新案公報 1994-2012年			
国際調査で使用した電子データベース（データベースの名称、調査に使用した用語） Science Direct, ACS PUBLICATIONS, CAplus(STN), REGISTRY(STN)			
C. 関連すると認められる文献			
引用文献の カテゴリー*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号	
A	JP 2009-218244 A（株式会社日立製作所）2009.09.24, 段落【0017】－【0049】及び図1－4（ファミリーなし）	1-15	
A	JP 2008-091680 A（株式会社日立製作所）2008.04.17, 段落【0021】－【0035】 & US 2008/0087883 A1 & CN 101162729 A	1-15	
A	JP 2005-294785 A（大日本印刷株式会社）2005.10.20, 段落【0030】－【0105】 & US 2006/0054883 A1	1-15	
☒ C欄の続きにも文献が列挙されている。 ☐ パテントファミリーに関する別紙を参照。			
* 引用文献のカテゴリー 「A」 特に関連のある文献ではなく、一般的技術水準を示すもの 「E」 国際出願日前の出願または特許であるが、国際出願日以後に公表されたもの 「L」 優先権主張に疑義を提起する文献又は他の文献の発行日若しくは他の特別な理由を確立するために引用する文献（理由を付す） 「O」 口頭による開示、使用、展示等に言及する文献 「P」 国際出願日前で、かつ優先権の主張の基礎となる出願		の日の後に公表された文献 「T」 国際出願日又は優先日後に公表された文献であって出願と矛盾するものではなく、発明の原理又は理論の理解のために引用するもの 「X」 特に関連のある文献であって、当該文献のみで発明の新規性又は進歩性がないと考えられるもの 「Y」 特に関連のある文献であって、当該文献と他の1以上の文献との、当業者にとって自明である組合せによって進歩性がないと考えられるもの 「&」 同一パテントファミリー文献	
国際調査を完了した日 01.02.2012		国際調査報告の発送日 14.02.2012	
国際調査機関の名称及びあて先 日本国特許庁（I S A / J P） 郵便番号100-8915 東京都千代田区霞が関三丁目4番3号		特許庁審査官（権限のある職員） 宮澤 尚之 電話番号 03-3581-1101 内線 3462	4M 4864

C (続き) . 関連すると認められる文献		
引用文献の カテゴリ*	引用文献名 及び一部の箇所が関連するときは、その関連する箇所の表示	関連する 請求項の番号
A	JP 2009-158691 A (シャープ株式会社) 2009.07.16, 段落【0038】－【0127】及び図1－7 (ファミリーなし)	1-15
A	M. KAWASAKI, et al., Reduction of Contact Resistance between Organic Semiconductor and Electrodes with Thiol-Based Self-Assembled Monolayer in Low-Density and Lying-Down Phase, Japanese Journal of Applied Physics, 2008.08.08, Vol. 47, Pages 6247-6250	1-15