

(19) 日本国特許庁(JP)

(12) 公開特許公報(A)

(11) 特許出願公開番号

特開2005-281180

(P2005-281180A)

(43) 公開日 平成17年10月13日(2005. 10. 13)

(51) Int. Cl. ⁷	F I	テーマコード (参考)
CO7C 15/20	CO7C 15/20	4H006
CO7C 7/14	CO7C 7/14	5F110
HO1L 29/786	HO1L 29/28	
HO1L 51/00	HO1L 29/78 618B	

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 12 頁)

(21) 出願番号	特願2004-96421 (P2004-96421)	(71) 出願人	000000033 旭化成株式会社 大阪府大阪市北区堂島浜 1 丁目 2 番 6 号
(22) 出願日	平成16年3月29日 (2004. 3. 29)	(74) 代理人	100066980 弁理士 森 哲也
		(74) 代理人	100075579 弁理士 内藤 嘉昭
		(74) 代理人	100103850 弁理士 崔 秀▲てつ▼
		(72) 発明者	夏目 穰 静岡県富士市鮫島 2 番地の 1 旭化成株式会社内
		F ターム (参考)	4H006 AA01 AA02 AB91 AD15 BB12

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 縮合多環芳香族化合物微粒子及びその製造方法、並びに、縮合多環芳香族化合物薄膜及びその製造方法

(57) 【要約】

【課題】 高い移動度を発現する有機半導体薄膜及びその製造方法、並びに該有機半導体薄膜をウェットプロセスによって製造するための材料及びその製造方法を提供する。また、電子特性の優れた有機半導体素子を提供する

【解決手段】 ペンタセンと 1, 2, 4 - トリクロロベンゼンとの混合物を加熱して、均一溶液を調整した。この溶液を急冷し、ペンタセンの微粒子を析出させて、ペンタセン微粒子が 1, 2, 4 - トリクロロベンゼンに分散した分散物を得た。ソース・ドレイン電極として金電極のパターンを形成したシリコン基板を 100 に加熱し、その表面に分散物を塗布した。すると、ペンタセン微粒子がシリコン基板上で 1, 2, 4 - トリクロロベンゼンに溶解して、赤紫色溶液を形成した。そして、その後、1, 2, 4 - トリクロロベンゼンが蒸発してペンタセンの青紫色薄膜が形成され、トランジスタが形成された。

【選択図】 なし

【特許請求の範囲】

【請求項 1】

複数のベンゼン環が縮合した多環構造を有する縮合多環芳香族化合物の微粒子において、平均粒径が 5 nm 以上 30 μ m 以下であることを特徴とする縮合多環芳香族化合物微粒子。

【請求項 2】

請求項 1 に記載の縮合多環芳香族化合物微粒子を製造する方法であって、前記縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を冷却すること、又は、前記縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を前記縮合多環芳香族化合物の難溶性溶媒と混合することにより、前記溶液から前記縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させることを特徴とする縮合多環芳香族化合物微粒子の製造方法。

10

【請求項 3】

請求項 1 に記載の縮合多環芳香族化合物微粒子を分散媒に分散させたことを特徴とする縮合多環芳香族化合物の分散物。

【請求項 4】

前記縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を含有することを特徴とする請求項 3 に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物。

【請求項 5】

請求項 3 又は請求項 4 に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物をベース上に配する工程と、前記ベース上の前記分散物を加熱する工程と、を備えることを特徴とする縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法。

20

【請求項 6】

請求項 3 に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物をベース上に配する工程と、前記縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を前記ベース上の前記分散物に供給する工程と、前記ベース上の前記分散物を加熱する工程と、を備えることを特徴とする縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法。

【請求項 7】

請求項 5 又は請求項 6 に記載の縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法により製造された縮合多環芳香族化合物薄膜。

【請求項 8】

請求項 7 に記載の縮合多環芳香族化合物薄膜で少なくとも一部を構成したことを特徴とする有機半導体素子。

30

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、有機半導体薄膜を製造するための材料及びその製造方法に関する。また、有機半導体薄膜及びその製造方法、並びに有機半導体素子に関する。

【背景技術】

【0002】

有機半導体を用いたデバイスは、従来の無機半導体デバイスに比べて成膜条件がマイルドであり、各種基板上に半導体薄膜を形成したり、常温で成膜したりすることが可能であるため、低コスト化や、ポリマーフィルム等に薄膜を形成することによるフレキシブル化が期待されている。

40

有機半導体材料としては、ポリフェニレンビニレン、ポリピロール、ポリチオフェン等の共役系高分子化合物やそのオリゴマーとともに、アントラセン、テトラセン、ペンタセン等のポリアセン化合物を中心とする芳香族化合物が研究されている。特に、ポリアセン化合物は分子間凝集力が強いこと高い結晶性を有して、これによって高いキャリア移動度と、それによる優れた半導体デバイス特性とを発現することが報告されている。

【0003】

そして、ポリアセン化合物のデバイスへの利用形態としては蒸着膜又は単結晶があげら

50

れ、トランジスタ，太陽電池，レーザー等への応用が検討されている（非特許文献1～3を参照）。

また、蒸着法以外の方法でポリアセン化合物の薄膜を形成する方法として、ポリアセン化合物の一種であるペンタセンの前駆体の溶液を基板上に塗布し、加熱処理してペンタセン薄膜を形成する方法が報告されている（非特許文献4を参照）。この方法は、ポリアセン化合物のような縮合多環芳香族化合物は一般的な溶媒に対する溶解性が低く、ウェットプロセスによって溶液から薄膜を形成することが困難であるため、溶解性の高い前駆体の溶液を用いて薄膜を形成し、熱により前駆体をポリアセン化合物に変換するというものである。

【0004】

一方、置換基を有するポリアセン化合物は、高橋らの報告（非特許文献5），グラハムらの報告（非特許文献6），及びミラーらの報告（非特許文献7）等に記載されており、さらに非特許文献8には2，3，9，10-テトラメチルペンタセンの合成例が、非特許文献9には2，3，9，10-テトラクロロペンタセンの合成例がそれぞれ記載されている。

【0005】

なお、ペンタセンを超える移動度を有する有機半導体材料は、現在のところ知られていない。また、ペンタセン等のポリアセン化合物の薄膜をポリアセン化合物の溶液から形成した例や、そのような薄膜を用いて半導体素子を構成した例は報告されていない。

【非特許文献1】「アドバンスド・マテリアルズ」，2002年，第14巻，p. 99

【非特許文献2】ジミトラコポウラスら，「ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス」，1996年，第80巻，p. 2501

【非特許文献3】クロークラ，「IEEE・トランザクション・オン・エレクトロン・デバイス」，1999年，第46巻，p. 1258

【非特許文献4】ブラウンら，「ジャーナル・オブ・アプライド・フィジクス」，1996年，第79巻，p. 2136

【非特許文献5】高橋ら，「ジャーナル・オブ・アメリカン・ケミカル・ソサエティー」，2000年，第122巻，p. 12876

【非特許文献6】グラハムら，「ジャーナル・オブ・オーガニック・ケミストリー」，1995年，第60巻，p. 5770

【非特許文献7】ミラーら，「オーガニック・レターズ」，2000年，第2巻，p. 3979

【非特許文献8】「アドバンスド・マテリアルズ」，2003年，第15巻，p. 1090

【非特許文献9】「ジャーナル・オブ・アメリカン・ケミカル・ソサエティー」，2003年，第125巻，p. 10190

【発明の開示】

【発明が解決しようとする課題】

【0006】

しかしながら、前述のような前駆体を利用してポリアセン化合物の薄膜を形成する方法は、前記前駆体をポリアセン化合物に変換するために高温処理が必要であるという問題点を有していた（例えば、ペンタセンの場合であれば150程度）。また、ポリアセン化合物への変換反応を完全に行うことが難しいため未反応部分が欠陥として残ったり、高温により変性が生じて欠陥となったりするという問題点も併せて有していた。

【0007】

一方、前述の高橋らの報告等には、各種のポリアセン化合物に置換基を導入した誘導体が記載されているが、有機半導体材料としての特性や薄膜化に関しては記載されていない。また、2，3，9，10-テトラメチルペンタセンや2，3，9，10-テトラクロロペンタセンが合成されているが、それぞれの薄膜の移動度はペンタセンよりも劣っている。

10

20

30

40

50

そこで、本発明は、前述のような従来技術が有する問題点を解決し、高い移動度を発現する有機半導体薄膜及びその製造方法、並びに該有機半導体薄膜をウェットプロセスによって製造するための材料及びその製造方法を提供することを課題とする。また、電子特性の優れた有機半導体素子を提供することを併せて課題とする。

【課題を解決するための手段】

【0008】

前記課題を解決するため、本発明は次のような構成からなる。すなわち、本発明に係る請求項1の縮合多環芳香族化合物微粒子は、複数のベンゼン環が縮合した多環構造を有する縮合多環芳香族化合物の微粒子において、平均粒径が5nm以上30 μ m以下であることを特徴とする。

10

また、本発明に係る請求項2の縮合多環芳香族化合物微粒子の製造方法は、請求項1に記載の縮合多環芳香族化合物微粒子を製造する方法であって、前記縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を冷却すること、又は、前記縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を前記縮合多環芳香族化合物の難溶性溶媒と混合することにより、前記溶液から前記縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させることを特徴とする。

【0009】

さらに、本発明に係る請求項3の縮合多環芳香族化合物の分散物は、請求項1に記載の縮合多環芳香族化合物微粒子を分散媒に分散させたことを特徴とする。

さらに、本発明に係る請求項4の縮合多環芳香族化合物の分散物は、請求項3に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物において、前記縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を含有することを特徴とする。

20

さらに、本発明に係る請求項5の縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法は、請求項3又は請求項4に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物をベース上に配する工程と、前記ベース上の前記分散物を加熱する工程と、を備えることを特徴とする。

【0010】

さらに、本発明に係る請求項6の縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法は、請求項3に記載の縮合多環芳香族化合物の分散物をベース上に配する工程と、前記縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を前記ベース上の前記分散物に供給する工程と、前記ベース上の前記分散物を加熱する工程と、を備えることを特徴とする。

さらに、本発明に係る請求項7の縮合多環芳香族化合物薄膜は、請求項5又は請求項6に記載の縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法により製造された縮合多環芳香族化合物薄膜である。

30

さらに、本発明に係る請求項8の有機半導体素子は、請求項7に記載の縮合多環芳香族化合物薄膜で少なくとも一部を構成したことを特徴とする。

【発明の効果】

【0011】

本発明の縮合多環芳香族化合物微粒子、縮合多環芳香族化合物の分散物、及び縮合多環芳香族化合物薄膜の製造方法によれば、一般的な溶媒に対する溶解性が低い縮合多環芳香族化合物の薄膜を、ウェットプロセスによって形成することができる。また、本発明の縮合多環芳香族化合物微粒子の製造方法によれば、有機半導体材料として好適な縮合多環芳香族化合物微粒子を製造することができる。さらに、本発明の縮合多環芳香族化合物薄膜は高い移動度を有している。さらに、本発明の有機半導体素子は優れた電子特性を有している。

40

【発明を実施するための最良の形態】

【0012】

本発明の縮合多環芳香族化合物薄膜は、平均粒径が5nm以上30 μ m以下である縮合多環芳香族化合物の微粒子を、分散媒に分散させた分散物から、ウェットプロセスによって製造されるものである。この分散物は、縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を含有していてもよい。まず、縮合多環芳香族化合物について説明する。

本発明において用いられる縮合多環芳香族化合物としては、複数（例えば、2個以上1

50

5個以下)のベンゼン環が縮合した多環構造の芳香族化合物が好ましい。このような化合物としては、例えば、アントラセン、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン、オバレン、コロネン、ジベンゾコロネン、ヘキサベンゾコロネン、テリレン、クオテリレン、イソピオラントレン、ビスアンテン、アンタンスレン、サーカムアントラセン、テトラベンゾコロネン、ジコロニレン、サーコビフェニルがあげられる。

【0013】

これらの縮合多環芳香族化合物は、ベンゼン環に結合する水素原子の一部又は全部が官能基で置換された分子構造を有する誘導体であってもよい。官能基としては、例えば、アルキル基、アルケニル基、アルキニル基等の脂肪族炭化水素基、芳香族炭化水素基、アルコキシ基、エーテル基、ハロゲン基、ホルミル基、アシル基、エステル基、メルカプト基、チオアルキル基、スルフィド基、ジスルフィド基、スルホニル基、アミド基があげられる。

10

【0014】

これらの縮合多環芳香族化合物のうち、テトラセン、ペンタセン、ヘキサセン等のポリアセン化合物及びポリアセン化合物の誘導体は、高い移動度を発現するため好ましい。この理由としては、ポリアセン化合物が分子同士でスタックして導電面が2次元的ネットワークを有するヘリンボン構造を取りやすいため、電子軌道の重なりが大きくなり、キャリアが分子間を移動しやすいことがあげられる。また、移動度の安定性を考慮すると、ペンタセン及びペンタセン誘導体がさらに好ましい。

【0015】

本発明の縮合多環芳香族化合物微粒子は、粒径が5nm以上30 μ m以下の微粒子である。粒径が5nm未満であると、縮合多環芳香族化合物微粒子が酸化されやすく半導体としての機能が低下するおそれがある。一方、30 μ mを超える粒径の粒子は凝集しやすいため、分散物が不安定となりやすい。なお、本発明の縮合多環芳香族化合物微粒子は、有機半導体薄膜を製造するための材料として有用であるが、これに限らず、種々の用途に適用可能である。例えば、電極材料、発光材料、光学材料等に好適である。

20

【0016】

縮合多環芳香族化合物微粒子の製造方法としては、縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を冷却することにより、前記溶液から縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させる方法や、前記溶液を縮合多環芳香族化合物の難溶性溶媒と混合することにより、前記溶液から縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させる方法があげられる。溶液の冷却は、容器等に入れた状態で行ってもよいが、溶液を噴霧することにより行ってもよい。噴霧により形成された液滴は急冷されるので、液滴内に縮合多環芳香族化合物の微粒子が析出する。また、噴霧により形成された液滴を加熱乾燥して、縮合多環芳香族化合物の微粒子を得ることもできる。なお、縮合多環芳香族化合物の溶液を調整する際に用いる溶媒としては、この後に詳述する有機化合物を用いることが好ましい。

30

【0017】

このような縮合多環芳香族化合物微粒子を分散媒に分散させて分散物を得て、この分散物を用いて縮合多環芳香族化合物薄膜を製造する。分散媒の種類は特に限定されるものではないが、一般的な溶剤が使用可能であり、利用する分散物の加工工程によって適宜選択するとよい。例えば、粘度、蒸気圧、分散物と接触する部分の耐溶剤性、環境安全性等を考慮して選択することが好ましい。したがって、分散媒は縮合多環芳香族化合物の可溶性溶媒に限定されるものではなく、難溶性溶媒も使用可能である。

40

【0018】

また、縮合多環芳香族化合物が溶解した溶液を冷却して、前記溶液から縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させて得た分散物や、前記溶液を縮合多環芳香族化合物の難溶性溶媒と混合して、前記溶液から縮合多環芳香族化合物の微粒子を析出させて得た分散物も、本発明の分散物として好適である。さらに、これら2つの方法で微粒子を析出させた後に、微粒子を分離し分散媒に再分散させた分散物も好適である。

【0019】

50

このような分散物は、種々の印刷方法や印刷装置を用いて、基板等のベース上に配され薄膜化される。分散媒の種類が限定されず種々の溶媒が使用可能であるため、分散物をベース上に配するために用いられる塗布プロセスや印刷プロセスも、様々なものを利用することができる。また、縮合多環芳香族化合物薄膜の用途が光学材料、発光材料等である場合には、縮合多環芳香族化合物微粒子を固体中に分散させた分散物でも差し支えなく、分散物は液体に限定されない。

【0020】

このような縮合多環芳香族化合物の分散物には、縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を含有させてもよい。ここで、この有機化合物について説明する。本発明において用いられる有機化合物は、常温よりも高い温度において縮合多環芳香族化合物を溶解して、均一な溶液を形成可能であることが好ましい。また、縮合多環芳香族化合物よりも高い蒸気圧を有することが好ましい。

10

【0021】

このような有機化合物の例としては、ハロゲン化炭化水素や炭化水素があげられる。ハロゲン化炭化水素の具体例としては、クロロベンゼン、プロモベンゼン、ヨードベンゼン、フルオロベンゼン、ジクロロベンゼン、ジプロモベンゼン、ジヨードベンゼン、ジフルオロベンゼン、トリクロロベンゼン、クロロトルエン、プロモトルエン、ヨードトルエン、ジクロロトルエン、ジプロモトルエン、ジフルオロトルエン、クロロキシレン、プロモキシレン、ヨードキシレン、クロロエチルベンゼン、プロモエチルベンゼン、ヨードエチルベンゼン、ジクロロエチルベンゼン、ジプロモエチルベンゼン、クロロナフタレン、プロモナフタレン、ジクロロナフタレン、ジクロロアントラセン、トリフルオロベンゼン、トリクロロベンゼン、トリプロモベンゼン、テトラクロロベンゼン、テトラプロモベンゼン等の芳香族ハロゲン化炭化水素や、ジクロロエタン、トリクロロエタン、ジフルオロエタン、テトラクロロエタン、テトラフルオロエタン、フルオロクロロエタン、クロロプロパン、ジクロロプロパン、クロロペンタン、クロロヘキサン、クロロシクロペンタン等の脂肪族ハロゲン化炭化水素があげられる。

20

【0022】

また、炭化水素の具体例としては、トルエン、キシレン、メシチレン、メチルナフタレン等の芳香族炭化水素や、デカヒドロナフタレン、オクタン、ノナン、デカン、アンデカン、ドデカン、シクロヘプタン等の脂肪族炭化水素があげられる。さらに、ジフェニルエーテル等のエーテル類、炭酸プロピレン等のカーボネート、エステル類（ブチルラクトン、プロピオラクトン等）、ケトン類（シクロヘキサノン、メチルイソブチルケトン等）もあげられる。

30

これらのハロゲン化炭化水素や炭化水素は、縮合多環芳香族化合物の溶解性の高さを考えると好適であり、芳香族ハロゲン化炭化水素がより好ましい。

【0023】

また、縮合多環芳香族化合物の微粒子を製造する際や、分散物から縮合多環芳香族化合物の薄膜を形成する際に、常温よりも高い温度に加熱して縮合多環芳香族化合物を有機化合物に溶解させ溶液を形成するためには、有機化合物の沸点は100以上であることが好ましい。さらに、分散物又は溶液から有機化合物を除去して薄膜を形成するために、有機化合物の蒸気圧は縮合多環芳香族化合物のそれよりも高い必要があるので、有機化合物の沸点は250以下であることが好ましい。

40

【0024】

次に、上記のような縮合多環芳香族化合物の分散物から、縮合多環芳香族化合物薄膜をウェットプロセスによって製造する方法について説明する。

縮合多環芳香族化合物が分散媒に分散された分散物を基板等のベース上に配し、常温よりも高い温度に加熱すると、加熱された分散物から分散媒（縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物が分散物に含有されている場合には、分散媒及び有機化合物）が蒸発して除去され、ベース上に縮合多環芳香族化合物薄膜が形成される。

【0025】

50

この時、分散物中の縮合多環芳香族化合物のうち少なくとも一部は、ベース上で加熱されることにより、分散媒（分散物に前記有機化合物が含有されている場合には、分散媒及び有機化合物の少なくとも一方）に溶解するため、縮合多環芳香族化合物の溶液が形成される。そして、分散媒（又は、分散媒及び有機化合物）が蒸発により除去されて、縮合多環芳香族化合物薄膜がベース上に形成される。

【0026】

膜質及び均一性に優れた縮合多環芳香族化合物薄膜を得るためには、前記溶液中には十分な量の縮合多環芳香族化合物が溶解していることが好ましいので、分散物には前述の有機化合物が含有されていることが好ましい。縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物を含有する分散物を、ベース上に配してもよいが、前記有機化合物を含有していない分散物をベース上に配し、このベース上の分散物に前記有機化合物を供給して混合してもよい。この時、前記有機化合物は、分散物に一度に供給してもよいし、複数回に分けて逐次供給してもよい。

10

【0027】

前記分散物を加熱して溶液を形成する際には、一部の縮合多環芳香族化合物が固形分として残存してもよいが、残存分のない均一溶液を形成することがより好ましい。

前記分散物全体における有機化合物の含有量は、30質量%以上99.9質量%以下とすることが好ましい。30質量%未満であると、分散物中の縮合多環芳香族化合物の溶解が不十分となるため好ましくない。良好な薄膜の形成には、縮合多環芳香族化合物の含有量は0.1質量%超過であることが好ましいため、有機化合物の含有量の上限値は99.9質量%となる。

20

【0028】

また、前記分散物の調整、加熱、前記分散物のベース上へ供給、前記有機化合物の蒸発等の薄膜製造のための操作は、縮合多環芳香族化合物の構造によっても異なるが、通常は大気下又は窒素、アルゴン等の不活性ガス雰囲気下で行うことができる。ただし、ペンタセンやペンタセン誘導体の場合は、高移動度の薄膜を製造するためには、不活性ガス雰囲気下で行うことが好ましい。

【0029】

さらに、前記分散物の加熱温度は、60以上250以下が好ましく、80以上220以下がより好ましく、90以上180以下が最も好ましい。

30

さらに、縮合多環芳香族化合物を含有する分散物を基板等のベース上に配する方法としては、塗布、噴霧の他、ベースを前記分散物に接触させる方法等があげられる。具体的には、スピンコート、ディップコート、スクリーン印刷、インクジェット印刷、ブレード塗布、印刷（平版印刷、凹版印刷、凸版印刷等）等の公知の方法があげられる。

【0030】

このように、本発明の縮合多環芳香族化合物薄膜は、ウェットプロセスで製造することが可能である。また、印刷法等により、部材の特定の部位に薄膜を形成することも可能である。よって、従来の真空プロセスと比較して低温、簡便、且つ短時間に薄膜を製造できるので、生産性が高く低コストである。さらに、本発明によれば、これまで不溶又は難溶とされていた縮合多環芳香族化合物の薄膜をウェットプロセスで製造することができるので、ウェットプロセスにより薄膜化可能な材料の数を増加させることができる。

40

【0031】

なお、縮合多環芳香族化合物薄膜を形成するためのベースの素材には、各種材料が利用可能である。例えば、ガラス、石英、酸化アルミニウム、酸化マグネシウム、シリコン、ガリウム砒素、インジウム・スズ酸化物（ITO）、酸化亜鉛、マイカ等のセラミックスや、アルミニウム、金、ステンレス鋼、鉄、銀等の金属があげられる。また、ポリエステル（ポリエチレンテレフタレート、ポリブチレンテレフタレート、ポリエチレンナフタレート等）、ポリカーボネート、ノルボルネン系樹脂、ポリエーテルスルホン、ポリイミド、ポリアミド、セルロース、シリコーン樹脂、エポキシ樹脂等の樹脂や、炭素や、紙等があげられる。あるいは、これらの複合体でもよい。ただし、縮合多環芳香族化合物を溶

50

解可能な有機化合物によってベースが膨潤や溶解を起こし、不都合が生じるおそれがある場合には、前記有機化合物がベースに拡散することを抑制するためバリア層を設けることが好ましい。

【0032】

また、ベースの形状は特に限定されるものではないが、通常はフィルム状のベースや板状のベース（基板）が用いられる。さらに、線状体や繊維構造体をベースとして用いることもできる。なお、分散物や必要があれば用いる前記有機化合物に対するベースの濡れ性を調整するため、ベースの表面に表面処理を施してもよい。

このようにして製造された縮合多環芳香族化合物薄膜は高い結晶性を有しているため、高い移動度を有するなど、半導体特性に優れている。このため、本発明の縮合多環芳香族化合物薄膜を用いた有機半導体素子は、高性能となり好ましい。

10

【0033】

このような縮合多環芳香族化合物薄膜を用いることにより、エレクトロニクス、フォトリソグラフィ、バイオエレクトロニクス等の分野において有益な半導体素子を製造することができる。このような半導体素子の例としては、ダイオード、トランジスタ、薄膜トランジスタ、メモリ、フォトダイオード、発光ダイオード、発光トランジスタ、センサ等があげられる。

【0034】

トランジスタ及び薄膜トランジスタは、ディスプレイに利用することが可能であり、液晶ディスプレイ、分散型液晶ディスプレイ、電気泳動型ディスプレイ、粒子回転型表示素子、エレクトロクロミックディスプレイ、有機発光ディスプレイ、電子ペーパー等の種々の表示素子に利用可能である。トランジスタ及び薄膜トランジスタは、これらの表示素子において表示画素のスイッチング用トランジスタ、信号ドライバー回路素子、メモリ回路素子、信号処理回路素子等に利用される。

20

【0035】

半導体素子がトランジスタである場合には、その素子構造としては、例えば、基板/ゲート電極/絶縁体層（誘電体層）/ソース電極・ドレイン電極/半導体層という構造、基板/半導体層/ソース電極・ドレイン電極/絶縁体層（誘電体層）/ゲート電極という構造、基板/ソース電極（又はドレイン電極）/半導体層+絶縁体層（誘電体層）+ゲート電極/ドレイン電極（又はソース電極）という構造等があげられる。このとき、ソース電極、ドレイン電極、ゲート電極は、それぞれ複数設けてもよい。また、複数の半導体層を同一平面内に設けてもよいし、積層して設けてもよい。

30

【0036】

トランジスタの構成としては、MOS（メタル-酸化物（絶縁体層）-半導体）型及びバイポーラ型のいずれでも採用可能である。縮合多環芳香族化合物は、通常はp型半導体であるので、ドナードーピングしてn型半導体とした縮合多環芳香族化合物と組み合わせたり、縮合多環芳香族化合物以外のn型半導体と組み合わせたりすることにより、素子を構成することができる。

また、半導体素子がダイオードである場合には、その素子構造としては、例えば、電極/n型半導体層/p型半導体層/電極という構造があげられる。そして、p型半導体層に本発明の縮合多環芳香族化合物薄膜が使用され、n型半導体層に前述のn型半導体を使用される。

40

【0037】

半導体素子における縮合多環芳香族化合物薄膜内部又は縮合多環芳香族化合物薄膜表面と電極との接合面の少なくとも一部は、ショットキー接合及び/又はトンネル接合とすることができる。このような接合構造を有する半導体素子は、単純な構成でダイオードやトランジスタを作製することができるので好ましい。さらに、このような接合構造を有する有機半導体素子を複数接合して、インバータ、オスシレータ、メモリ、センサ等の素子を形成することもできる。

【0038】

50

さらに、本発明の半導体素子を表示素子として用いる場合は、表示素子の各画素に配置され各画素の表示をスイッチングするトランジスタ素子（ディスプレイＴＦＴ）として利用できる。このようなアクティブ駆動表示素子は、対向する導電性基板のパターニングが不要なため、回路構成によっては、画素をスイッチングするトランジスタを持たないパッシブ駆動表示素子と比べて画素配線を簡略化できる。通常は、１画素当たり１個から数個のスイッチング用トランジスタが配置される。このような表示素子は、基板面に二次元的に形成したデータラインとゲートラインとを交差した構造を有し、データラインやゲートラインがトランジスタのゲート電極，ソース電極，ドレイン電極にそれぞれ接合されている。なお、データラインとゲートラインとを分割することや、電流供給ライン，信号ラインを追加することも可能である。

10

【 0 0 3 9 】

また、表示素子の画素に、画素配線，トランジスタに加えてキャパシタを併設して、信号を記録する機能を付与することもできる。さらに、表示素子が形成された基板に、データライン及びゲートラインのドライバ，画素信号のメモリ，パルスジェネレータ，信号分割器，コントローラ等を搭載することもできる。

また、本発明の有機半導体素子は、ＩＣカード，スマートカード，及び電子タグにおける演算素子，記憶素子としても利用することができる。その場合、これらが接触型であっても非接触型であっても、問題なく適用可能である。このＩＣカード，スマートカード，及び電子タグは、メモリ，パルスジェネレータ，信号分割器，コントローラ，キャパシタ等で構成されており、さらにアンテナ，バッテリーを備えていてもよい。

20

【 0 0 4 0 】

さらに、本発明の有機半導体素子でダイオード，ショットキー接合構造を有する素子，トンネル接合構造を有する素子を構成すれば、その素子は光電変換素子，太陽電池，赤外線センサ等の受光素子，フォトダイオードとして利用することもできるし、発光素子として利用することもできる。また、本発明の有機半導体素子でトランジスタを構成すれば、そのトランジスタは発光トランジスタとして利用することができる。これらの発光素子の発光層には、公知の有機材料や無機材料を使用することができる。

【 0 0 4 1 】

さらに、本発明の有機半導体素子はセンサとして利用することができ、ガスセンサ，バイオセンサ，血液センサ，免疫センサ，人工網膜，味覚センサ等、種々のセンサに応用することができる。通常は、有機半導体素子を構成する縮合多環芳香族化合物薄膜に測定対象物を接触又は隣接させた際に生じる縮合多環芳香族化合物薄膜の抵抗値の変化によって、測定対象物の分析を行うことができる。

30

【 0 0 4 2 】

なお、本発明の有機半導体素子においては、縮合多環芳香族化合物薄膜の上にさらに保護層，配線，別素子等を積層することができる。特に、縮合多環芳香族化合物は、元来一般の溶媒には難溶又は不溶であるため、この積層工程で使用される溶液等に溶解しにくい。よって、プロセスの自由度が広げられ好ましい。

以下に、実施例を示して、本発明をさらに具体的に説明する。

【 0 0 4 3 】**〔 実施例 1 〕**

ペンタセン粉末（アルドリッチ社製）30mgと1，2，4-トリクロロベンゼン30mlとの混合物を、窒素雰囲気下で120℃に加熱して、青紫色の均一溶液を調整した。この溶液をステンレス製容器に一気に移し、溶液を急冷したところ、ペンタセンの微粒子が析出し、ペンタセン微粒子が1，2，4-トリクロロベンゼンに分散した分散物が得られた。この分散物から遠心分離により固形分を取り出し、得られたペンタセン微粒子を電子顕微鏡で観察したところ、平均粒径0.2μmの板状粒子であることが分かった。

40

【 0 0 4 4 】**〔 実施例 2 〕**

実施例1と同様にして調整した均一溶液に、室温のイソプロパノール100mlを添加

50

したところ、ペンタセンの微粒子が析出し、ペンタセン微粒子が1, 2, 4-トリクロロベンゼンとイソプロパノールとの混合物に分散した分散物が得られた。この分散物から遠心分離により固形分を取り出し、得られたペンタセン微粒子を電子顕微鏡で観察したところ、平均粒径230nmの微粒子であることが分かった。

【0045】

〔実施例3〕

まず、n型ドーパントでヘビードープされたシリコン基板(厚さ200nmの酸化膜を表面に備えている)を用意し、その表面にソース・ドレイン電極として金電極のパターンを形成した。このような電極パターンが形成されたシリコン基板を100に加熱し、実施例1で得られた分散物(遠心分離前のもの)をシリコン基板の表面に塗布した。すると、ペンタセン微粒子がシリコン基板上で1, 2, 4-トリクロロベンゼンに溶解して、赤紫色溶液が形成された後、1, 2, 4-トリクロロベンゼンが蒸発してペンタセンの青紫色薄膜が形成された。

10

このようにして形成されたトランジスタの電界効果トランジスタ特性を、シリコン基板をゲート電極、表面の金電極をソース・ドレイン電極、ペンタセン薄膜を半導体層として評価した。その結果、移動度は $0.23 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ で、on/off電流比は 1×10^5 であった。

【0046】

〔実施例4〕

実施例1で得られたペンタセン微粒子10mgをメチルエチルケトン5mlに分散して、液状の分散物を調整した。さらに、この分散物にo-ジクロロベンゼン(縮合多環芳香族化合物を溶解可能な有機化合物に相当する)1mlを添加した。実施例3と同様のシリコン基板を用意し、その表面に分散物を塗布した後、シリコン基板を加熱した。その結果、シリコン基板の表面上で、実施例3と同様に赤紫色溶液が形成された後、溶媒が蒸発して青色のペンタセン薄膜が形成された。

20

このようにして形成されたトランジスタの電界効果トランジスタ特性を、シリコン基板をゲート電極、表面の金電極をソース・ドレイン電極、ペンタセン薄膜を半導体層として評価した。その結果、移動度は $0.18 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ で、on/off電流比は 1×10^5 であった。

【0047】

〔実施例5〕

実施例1で得られたペンタセン微粒子10mgをメチルエチルケトン5mlに分散して、液状の分散物を調整した。実施例3と同様のシリコン基板を用意し、その表面に分散物を塗布した後、メチルエチルケトンを蒸発させてシリコン基板上にペンタセン粉末層を形成した。

30

このペンタセン粉末層にジクロロベンゼンを数滴滴下した後、120に加熱したホットプレート上にシリコン基板を載置して加熱した。その結果、ジクロロベンゼンを滴下した部分のペンタセン微粒子が溶解し、赤紫色溶液が形成された後、ジクロロベンゼンが蒸発してペンタセン薄膜が形成された。

【0048】

〔実施例6〕

実施例1と同様にして調整した均一溶液を、100に加熱した金属製噴霧器を用いてガラス板に噴霧した。ガラス板の表面に付着したペンタセンを電子顕微鏡で観察したところ、平均粒径 $3 \mu\text{m}$ のペンタセン微粒子であることが分かった。

40

また、実施例3と同様のシリコン基板を用意して180に加熱し、その表面に前記均一溶液を前記噴霧器を用いて噴霧した。シリコン基板を室温に冷却した後、上記のようにして形成されたトランジスタの電界効果トランジスタ特性を、シリコン基板をゲート電極、表面の金電極をソース・ドレイン電極、ペンタセン薄膜を半導体層として評価した。その結果、移動度は $0.08 \text{ cm}^2 / \text{V} \cdot \text{s}$ で、on/off電流比は 1×10^5 であった。

50

【 0 0 4 9 】

〔 実施例 7 〕

オバレン 10 mg (Dr . E h r e n s t o f e r 社 製) と 1 , 2 , 4 - トリクロロベンゼン 10 ml とを混合した後、150 で加熱して溶液を調整した。この溶液を実施例 1 と同様にステンレス製容器に一気に移し、溶液を急冷したところ、オバレンの薄黄色微粒子が析出し、オバレン微粒子が 1 , 2 , 4 - トリクロロベンゼンに分散した分散物が得られた。この分散物から遠心分離により固形分 (オバレン微粒子) を取り出し、得られたオバレン微粒子を電子顕微鏡で観察したところ、平均粒径 (長径) 5 μ m の針状粒子であることが分かった。

【 産業上の利用可能性 】

10

【 0 0 5 0 】

本発明は、エレクトロニクス、フォトンクス、バイオエレクトロニクス等において好適である。

フロントページの続き

Fターム(参考) 5F110 AA01 BB02 BB03 BB05 BB09 CC01 CC03 CC09 DD05 DD13
EE08 FF02 GG05 GG06 GG42 HK02 NN73