

(19) 日本国特許庁 (JP)

## (12) 公表特許公報 (A)

(11) 特許出願公表番号

特表2008-524869

(P2008-524869A)

(43) 公表日 平成20年7月10日 (2008.7.10)

(51) Int.Cl.	F I	テーマコード (参考)
<b>H O 1 L 51/30 (2006.01)</b>	H O 1 L 29/28 2 5 O H	5 F 1 1 O
<b>H O 1 L 29/786 (2006.01)</b>	H O 1 L 29/78 6 1 8 B	
<b>H O 1 L 21/336 (2006.01)</b>	H O 1 L 29/78 6 1 8 Z	
<b>H O 1 L 51/05 (2006.01)</b>	H O 1 L 29/78 6 1 8 A	
	H O 1 L 29/28 1 0 0 A	
審査請求 未請求 予備審査請求 未請求 (全 29 頁)		

(21) 出願番号 特願2007-548262 (P2007-548262)  
(86) (22) 出願日 平成17年12月6日 (2005.12.6)  
(85) 翻訳文提出日 平成19年8月17日 (2007.8.17)  
(86) 国際出願番号 PCT/US2005/044241  
(87) 国際公開番号 W02006/068833  
(87) 国際公開日 平成18年6月29日 (2006.6.29)  
(31) 優先権主張番号 11/021, 739  
(32) 優先日 平成16年12月21日 (2004.12.21)  
(33) 優先権主張国 米国 (US)

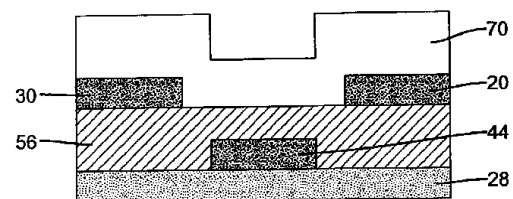
(71) 出願人 590000846  
イーストマン コダック カンパニー  
アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 6 5 0  
、 ロチェスター, ステイト ストリート 3  
4 3  
(74) 代理人 100099759  
弁理士 青木 篤  
(74) 代理人 100077517  
弁理士 石田 敬  
(74) 代理人 100087413  
弁理士 古賀 哲次  
(74) 代理人 100102990  
弁理士 小林 良博

最終頁に続く

(54) 【発明の名称】 薄膜トランジスタのための n 型半導体材料

## (57) 【要約】

各イミド窒素原子に結合されている、置換型又は非置換型フェニルアルキル基を有する、テトラカルボン酸ジイミド3,4,9,10ペリレン系化合物を含む有機半導体材料の層を含んで成る薄膜トランジスタ。そのようなトランジスタは、前記材料に接触している、離隔された第1及び第2のコンタクト手段又は1つもしくは複数の電極をさらに含む。さらに、好ましくは、基体上への昇華又は液相堆積による薄膜トランジスタデバイスの製造法であって、基体温度が100 以下である製造方法を開示する。



## 【特許請求の範囲】

## 【請求項 1】

二価炭化水素基を介して各イミド窒素原子に結合された置換型又は無置換型の炭素環式芳香環系を有する、N,N'-ジ(アリールアルキル)-置換型ペリレン系テトラカルボンジイミド化合物を含む有機半導体材料から成る薄膜を、薄膜トランジスタ内に含んで成る物品であって、各炭素環式芳香環系上に置換基がある場合は、該置換基は、少なくとも1つの電子供与性有機置換基を含む。

## 【請求項 2】

該薄膜トランジスタが、誘電層、ゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極を含む電界効果トランジスタであり、そして該ゲート電極と該有機半導体材料薄膜との両方が該誘電層に接触し、そして該ソース電極と該ドレイン電極との両方が該有機半導体材料薄膜と接触している限り、該誘電層、該ゲート電極、該有機半導体材料薄膜、該ソース電極、及び該ドレイン電極が任意の配列を成している請求項1に記載の物品。

10

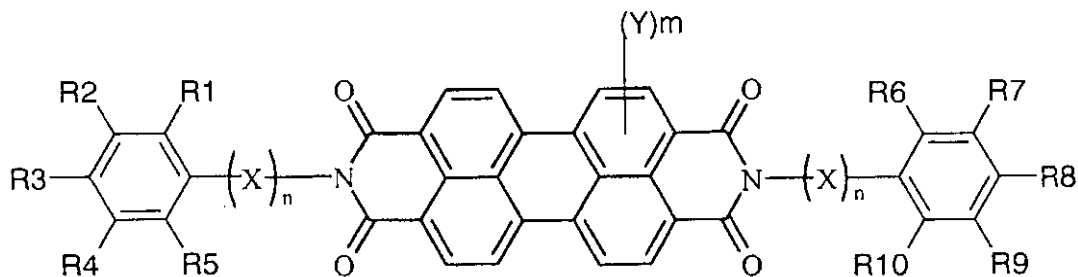
## 【請求項 3】

該有機半導体材料薄膜が、 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を上回る電子移動度を示すことができる請求項1に記載の物品。

## 【請求項 4】

該有機半導体材料薄膜が、下記構造：

## 【化 1】



20

30

(上記式中、Xは $-\text{CH}_2-$ 二価基であり、 $n=1\sim 3$ であり、そして該構造内の第1及び第2のフェニル環上のR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10は、それぞれ独立して、H又は電子供与性有機基である) によって表されるN,N'-ジ(アリールアルキル)-置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物である化合物を含む請求項1に記載の物品。

## 【請求項 5】

前記構造内の該第1及び第2のフェニル環のうちの一方又は両方が、少なくとも1つの電子供与性基で置換されている請求項4に記載の物品。

## 【請求項 6】

該少なくとも1つの電子供与性基がアルキル基である請求項5に記載の物品。

40

## 【請求項 7】

前記構造内で、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10が、それぞれ独立して、H、 $\text{CH}_3$ 、線状又は分枝状 $\text{C}_2\sim\text{C}_4$ アルキル、アルケニル、アルコキシ、又は炭素原子数1~4の他の電子供与性有機基から選択される請求項1に記載の物品。

## 【請求項 8】

前記構造内で、 $n=1$ 又は2であり、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも2つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも2つがHである請求項1に記載の物品。

## 【請求項 9】

前記構造内で、 $n=1$ 又は2であり、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも3つがH

50

であり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも3つがHである請求項1に記載の物品。

【請求項 1 0】

前記構造内で、 $n=1$ 又は2であり、そしてR1、R2、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR7が $\text{CH}_3$ であるか；又は、R2、R3、R4、R5、R7、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR1及びR6の両方が $\text{CH}_3$ である請求項1に記載の物品。

【請求項 1 1】

前記構造内で、 $n=2$ であり、そしてR1、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR2及びR7が $\text{CH}_3$ である請求項1に記載の物品。

【請求項 1 2】

前記構造内で、少なくとも1つのフェニル環が単一置換基で置換されており、該置換基が、該フェニルと該イミド窒素とを連結する $-(\text{CH}_2)_n$ -基の位置に対してオルト又はメタである請求項1に記載の物品。

【請求項 1 3】

前記構造内で、両フェニル環が単一置換基で置換されており、該置換基が、該フェニルと該イミド窒素とを連結する $-(\text{CH}_2)_n$ -基の位置に対してオルト又はメタである請求項1に記載の物品。

【請求項 1 4】

Yが独立して、アルキル、アルケニル、及びアルコキシ基から選択される請求項4に記載の物品。

【請求項 1 5】

該薄膜トランジスタのソース/ドレイン電流のオン/オフ比が、少なくとも $10^4$ である請求項1に記載の物品。

【請求項 1 6】

該ゲート電極が、該有機半導体材料薄膜を通る該ソース電極と該ドレイン電極との間の電流を、該ゲート電極に印加される電圧によって制御するように適合されている請求項2に記載の物品。

【請求項 1 7】

該ゲート誘電体が、無機又は有機の電気絶縁材料を含む請求項16に記載の物品。

【請求項 1 8】

該薄膜トランジスタが、任意に可撓性である非関与支持体をさらに含む請求項1に記載の物品。

【請求項 1 9】

該ソース電極、ドレイン電極、及びゲート電極がそれぞれ独立して、ドーブ型シリコン、金属、及び導電性ポリマーから選択された材料を含む請求項2に記載の物品。

【請求項 2 0】

請求項1に記載の複数の薄膜トランジスタを含む、集積回路、アクティブマトリックスディスプレイ、及び太陽電池から成る群から選択される電子デバイス。

【請求項 2 1】

複数の薄膜トランジスタが、任意に可撓性である非関与支持体上にある請求項20に記載の電子デバイス。

【請求項 2 2】

必ずしも下記順序通りではないが、以下の各工程：

(a) 二価炭化水素基を介して各イミド窒素原子に結合された置換型又は無置換型の炭素環式芳香環系を有する、N,N'-ジ(アリーラルアルキル)-置換型ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を含むnチャネル有機半導体材料から成る薄膜であって、各炭素環式芳香環系上の置換基がある場合は、該置換基が少なくとも1つの電子供与性有機置換基を含む前記薄膜を、該有機半導体材料薄膜が、 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を上回る電界効果電子移動度を示すように、基板上に堆積する工程、

(b) 離隔されたソース電極とドレイン電極とを形成する工程、該ソース電極と該ドレ

10

20

30

40

50

イン電極はnチャネル半導体膜によって分離され、且つ該nチャネル半導体膜と電氣的に接続されている；及び

(c) 該半導体材料から離隔されたゲート電極を形成する工程を含んで成る薄膜半導体デバイスの製作方法。

【請求項 2 3】

該化合物が、昇華によって又は液相堆積によって該基板上に堆積され、該基板が堆積中に100 以下の温度を有する請求項22に記載の方法。

【請求項 2 4】

該電極と該nチャネル有機半導体材料薄膜との間の界面に対する前処理が行われない請求項22に記載の方法。

【請求項 2 5】

該化合物が、N,N'-ビス[2-メチル-フェニルエチル]-ペリレン3,4,9,10テトラカルボン酸ジイミド、N,N'-ビス[3-メチル-フェニルエチル]-ペリレン3,4,9,10テトラカルボン酸ジイミド、又はN,N'-ビス[2-メチル-フェニルメチル]-ペリレン3,4,9,10テトラカルボン酸ジイミド、又はN,N'-ビス[3-メチル-フェニルメチル]-ペリレン3,4,9,10テトラカルボン酸ジイミド、又はN-(2-メチル-フェニルエチル)、N'-(フェニルエチル)-ペリレン3,4,9,10テトラカルボン酸ジイミドである請求項22に記載の方法。

【請求項 2 6】

必ずしも下記順序通りではないが、以下の各工程：

(a) 支持体を用意する工程；

(b) 該基板上にゲート電極材料を提供する工程；

(c) 該ゲート電極材料上にゲート誘電体を提供する工程；

(d) 該ゲート誘電体上に、nチャネル有機半導体材料薄膜を堆積する工程；

(e) 該nチャネル有機半導体材料薄膜に隣接して、ソース電極及びドレイン電極を提供する工程

工程を含む請求項22に記載の方法。

【請求項 2 7】

該工程が上記順序で行われる請求項26に記載の方法。

【請求項 2 8】

該支持体が可撓性である請求項26に記載の方法。

【請求項 2 9】

全体的に、100 のピーク温度未満で行われる請求項26に記載の方法。

【請求項 3 0】

請求項22に記載の方法によって形成された複数の薄膜トランジスタを含んで成る集積回路。

【発明の詳細な説明】

【技術分野】

【0001】

本発明は、薄膜トランジスタのためのnチャネル半導体膜内の半導体材料として、N,N'-ビス[フェニルアルキル]ペリレン-3,4:9,10-ビス(ジカルボキシミド)化合物を使用することに関する。本発明は、電子デバイスのための薄膜トランジスタにおけるこれらの材料の使用、及びこのようなトランジスタ及びデバイスの製造方法に関する。

【背景技術】

【0002】

薄膜トランジスタ(TFT)は、電子装置、例えばアクティブマトリックス液晶ディスプレイ、スマートカード、及び種々の他の電子デバイス及びこれらの構成部分におけるスイッチング素子として、幅広く使用される。薄膜トランジスタ(TFT)は、電界効果トランジスタ(FET)の一例である。FETの最もよく知られている例は、MOSFET(金属酸化膜半導体 - FET)であり、これは高速用途のための今日のコンベンショナルなスイッチング素子である。

目下のところ、たいていの薄膜デバイスは、半導体として非晶質シリコンを使用して形成

10

20

30

40

50

される。非晶質シリコンは、結晶質シリコンに対する低廉な代替物である。この事実は、大面積用途におけるトランジスタのコスト削減のために特に重要である。しかしながら、非晶質シリコンの用途は、低速デバイスに限られる。それというのもその最大移動度( $0.5 \sim 1.0 \text{ cm}^2/\text{V sec}$ )が、結晶質シリコンの約1000分の1の小ささであるからである。

#### 【0003】

非晶質シリコンは、TFTにおける使用に際して高結晶質シリコンよりも低廉ではあるが、非晶質シリコンは依然としてその欠点を有している。トランジスタの製造中の非晶質シリコンの堆積は、ディスプレイ用途に十分な電気的特性を達成するために比較的成本の高いプロセス、例えばプラズマ支援型化学気相堆積及び高い温度(約360℃)を必要とする。このような高い処理温度は、可撓性ディスプレイのような用途で使用する場合に、高い処理温度でなければ望ましいはずの特定のプラスチックから形成される基板を、堆積のために使用するのを許さない。

10

#### 【0004】

過去10年間、TFTの半導体チャネルにおいて使用するための無機材料、例えば非晶質シリコンの代わりになり得るものとして、有機材料が注目を集めている。有機半導体材料、特に有機溶剤中に可溶性である材料はより処理しやすく、従ってこれらの材料は、より低廉な方法、例えばスピン塗布、浸漬塗布、及びマイクロコンタクト印刷によって大きな面積に適用することができる。さらに有機材料は、より低い温度で堆積させることができ、プラスチックを含む広範囲の基板材料を、可撓性電子デバイスのために利用可能にする。従って、有機材料から形成される薄膜トランジスタは、製作しやすさ、機械的フレキシビリティ、及び/又は中程度の作業温度が重要な考慮事項となるようなディスプレイドライバ、ポータブルコンピュータ、ポケットベル(商標)、トランザクションカード内のメモリー素子、及び識別タグにおけるプラスチック回路の潜在的主要技術と見なすことができる。

20

#### 【0005】

TFTにおける潜在的な半導体チャネルとして使用するための有機材料が、例えば「Thin-Layer Field-Effect Transistors with MIS Structure Whose Insulator and Semiconductors Are Made of Organic Materials(有機材料から形成された絶縁体及び半導体を有する、MIS構造を備えた薄層電界効果トランジスタ)」と題される米国特許第5,347,144号明細書(Garnier他)に開示されている。

30

#### 【0006】

その多くが、 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を十分に上回る有意な移動度、及び1000を上回る電流オン/オフ比(以後「オン/オフ比」と呼ぶ)を多くが必要とする電子構成部分において、スイッチング素子及び/又は論理素子を提供するために、有機半導体材料をTFT内に使用することができる。このような特性を有する有機TFTは、電子用途、例えばディスプレイ及び識別タグのための画素ドライバのために使用することができる。しかし、これらの望ましい特性を示す化合物のほとんどは、「p型」又は「pチャネル」であり、これは、デバイスのチャネル領域内に正電荷(正孔)を誘発するために、ソース電圧に対して負のゲート電圧が印加されることを意味する。p型有機半導体材料の代わりとして、N型有機半導体材料をTFT内に使用することができる。「n型」又は「nチャネル」という用語は、デバイスのチャネル領域内に負電荷を誘発するために、ソース電圧に対して正のゲート電圧が印加されることを意味する。

40

#### 【0007】

さらに、相補回路として知られる1つの重要なタイプのTFT回路は、p型半導体材料に加えてn-型半導体材料を必要とする。Dodabalapur他、「Complementary circuits with organic transistors(有機トランジスタを有する相補回路)」(Appl. Phys. Lett. 1996, 69, 4227)を参照されたい。具体的には、相補回路の製作は、少なくとも1つのpチャネルTFT及び少なくとも1つのnチャネルTFTを必要とする。相補回路のアーキテクチャを使用して、インバータのような単純な構成部分が実現されている。通常のTFT回路に対する相補回路の利点は、より低い電力散逸、より長い寿命、及びより良好なノイズ許容度を含む。こ

50

のような相補回路において、pチャネルデバイスの移動度及びオン/オフ比と同様の規模の、nチャネルデバイスの移動度及びオン/オフ比を有することがしばしば望ましい。有機p型半導体と無機n型半導体とを使用したハイブリッド相補回路が、Dodabalapur他 (Appl. Phys. Lett. 1996, 68, 2264) に記載されているように知られているが、しかし製作しやすさのために、このような回路内には有機nチャネル半導体材料が望まれる。

#### 【0008】

ほんの僅かの、限られた数の有機材料がTFT内で半導体nチャネルとして使用するために開発されている。このような1材料であるバックミンスターフラーレンC<sub>60</sub>は、0.08 cm<sup>2</sup>/Vsの移動度を示すが、しかし空気中で不安定であると考えられる。R. C. Haddon、A. S. Perelel, R. C. Morris、T. T. M. Palstra、A. F. Hebard及びR. M. Fleming、「C<sub>60</sub> Thin Film Transistor(C<sub>60</sub>薄膜トランジスタ)」Appl. Phys. Lett. 1995, 67, 121を参照されたい。10  
ペルフルオロ化銅フタロシアニンは0.03 cm<sup>2</sup>/Vsの移動度を有し、そして空気中の作業に対して一般に安定であるが、しかし、この材料における移動度を最大化するために、100 °Cを上回る温度に基板を加熱しなければならない。「New Air-Stable n-Channel Organic Thin Film Transistor(新しい空気安定性nチャネル有機薄膜トランジスタ)」Z. Bao, A. J. Lovinger、及びJ. Brown J. Am. Chem. Soc. 1998, 120, 207を参照されたい。ナフタレンフレーム構造に基づくものを含む他のnチャネル半導体も報告されているが、しかしこれらの移動度はより低い。Laquindanum他「n-Channel Organic Transistor Materials Based on Naphthalene Frameworks(ナフタレンフレーム構造に基づくn-チャネル有機トランジスタ材料)」J. Am. Chem. Soc. 1996, 118, 11331を参照されたい。20  
1つのこのようなナフタレン系nチャネル半導体材料であるテトラシアノナフトキノ-ジメタン(TCNNQD)は、空気中での作業が可能ではあるが、しかしこの材料は低いオン/オフ比を示しており、また、調製して精製するのが難しい。

#### 【0009】

ナフタレン芳香族フレーム構造に基づく芳香族テトラカルボン酸ジイミドはまた、n型半導体として、トップコンタクト形態のデバイスを使用して0.1 cm<sup>2</sup>/Vsを上回るnチャネル移動度を提供することが実証されている。トップコンタクト形態において、ソース電極とドレイン電極とは半導体の上側に位置する。ボトムコンタクトデバイス、すなわち、ソース電極とドレイン電極とが半導体の下側に位置するデバイスを用いると、比較可能な結果が得られはするが、しかし、金でなければならない電極と、半導体との間に、チオール下層が適用されることが必要となった。Katz他「Naphthalenetetracarboxylic Diimide-Based n-Channel Transistor Semiconductors: Structural Variation and Thiol-Enhanced Gold Contacts(ナフタレンテトラカルボン酸ジイミド系nチャネルトランジスタ半導体：構造バリエーション及びチオール増強型の金コンタクト)」J. Am. Chem. Soc. 2000 122, 7787; 「A Soluble and Air-stable Organic Semiconductor with High Electron Mobility(高電子移動度を有する可溶性且つ空気安定性の有機半導体)」Nature 2000 404, 478; Katz他欧州特許第1041653号明細書又は米国特許第6,387,727号明細書を参照されたい。チオール下層が存在しないと、移動度は、ボトムコンタクトデバイスにおいて大幅に低くなることが判った。パルス放射線分解時間分解マイクロ波導電率測定によって、線状アルキル側鎖を有するペリレンテトラカルボン酸ジイミドの膜内に、比較的高い移動度が測定されている。Struijk他「Liquid Crystalline Perylene Diimides: Architecture and Charge Carrier Mobilities(液晶ペリレンジイミド：アーキテクチャ及び電荷キャリア移動度)」J. Am. Chem. Soc. 第2000巻、122、11057を参照されたい。しかし、有機半導体としてペリレンフレーム構造が使用された材料に基づく初期のデバイスは、低移動度のデバイス、例えばペリレンテトラカルボン酸ジアンヒドリド(PTCDA)の場合には10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>/Vsであり、N,N'-ジフェニルペリレンテトラカルボン酸ジイミド(PTCDI-Ph)の場合には1.5 × 10<sup>-5</sup> cm<sup>2</sup>のデバイスをもたらした。Horowitz他「Evidence for n-Type Conduction in a Perylene Tetracarboxylic Diimide Derivative(ペリレンテトラカルボン酸ジイミド誘導体中のn型伝導の証拠)」Adv. Mater. 1996, 8, 242、及びOstrick他、J Appl. Phys. 1997, 81, 6804を参照されたい。40

10

20

30

40

50

## 【 0 0 1 0 】

米国特許出願公開第2002/0164835号明細書(Dimitrakopoulos他)に開示された、改善されたnチャネル半導体膜は、ペリレンテトラカルボン酸ジイミド化合物から形成されており、これらの化合物の一例は、N,N'-ジ(n-1H,1H-ペルフルオロオクチル)ペリレン-3,4,9,10-テトラカルボン酸ジイミドである。ジイミド構造内のイミド窒素に結合された置換基は、アルキル鎖、電子不足アルキル基、電子不足ベンジル基を含み、鎖は好ましくは4~18原子長さを有する。米国特許第6,387,727号明細書(Katz他)に開示された縮合環テトラカルボン酸ジイミド化合物の一例は、N,N'-ビス(4-トリフルオロメチルベンジル)ナフタレン-1,4,5,8-テトラカルボン酸ジイミドである。このような化合物は、還元がより容易な顔料である。

10

## 【 発 明 の 開 示 】

## 【 発 明 が 解 決 し よ う と す る 課 題 】

## 【 0 0 1 1 】

トランジスタ材料のための新しい改善された有機半導体材料、及びこれらの製造及び使用のための改善された技法が、この技術分野で求められている。特に、有機薄膜トランジスタデバイスにおける有意な移動度及び電流オン/オフ比を示すn型半導体材料が求められている。

## 【 課 題 を 解 決 す る た め の 手 段 】

## 【 0 0 1 2 】

本発明は、薄膜トランジスタのためのnチャネル半導体膜において、N,N'-ジ(アリーラルキル)ペリレンテトラカルボン酸ジイミド化合物を使用することであって、該化合物が、2つのイミド窒素のそれぞれに結合されたアリーラルキル基を有し、置換されていても置換されていなくてもよいアリール基が、二価炭化水素を介して各イミド窒素に連結されている、前記化合物の使用に関する。このような膜は、膜の形態で、 $0.7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を上回る、報告された最高電界効果電子移動度を示すことができる。このような半導体膜はまた、少なくとも $10^5$ の範囲のデバイスオン/オフ比を提供することもできる。

20

## 【 0 0 1 3 】

本発明の別の態様は、このようなnチャネル半導体膜を無機薄膜トランジスタ内に使用することであって、それぞれのこのようなトランジスタはさらに、nチャネル半導体膜に接続された、互いに離隔された第1のコンタクト手段及び第2のコンタクト手段を含む。前記第1及び第2のコンタクト手段から所定の間隔を置いて、第3のコンタクト手段を配置することができる。第3のコンタクト手段は、前記膜を通る第1のコンタクト手段と第2のコンタクト手段との間の電流を、第3のコンタクト手段に印加される電圧によって制御するように適合されている。第1、第2、及び第3のコンタクト手段は、電界効果トランジスタにおけるドレイン、ソース及びゲート電極に相当することができる。

30

## 【 0 0 1 4 】

本発明の別の態様は、薄膜トランジスタの製作方法であって、好ましくは、nチャネル半導体膜を基板上に昇華によって又は液相堆積によって堆積させることにより行われ、堆積中の基板温度が $100^\circ\text{C}$ 以下である、薄膜トランジスタの製作方法に関する。

## 【 0 0 1 5 】

より具体的には、本発明は、N,N'-ジ(アリーラルキル)-置換型ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を含む有機半導体材料から成る薄膜を、薄膜トランジスタ内に含む物品であって、化合物は、二価炭化水素基を介して各イミド窒素原子に連結された置換型又は無置換型の炭素環式芳香環系を有し、アリール環上の任意の置換基が少なくとも1つの電子供与性有機基を含む、すなわち、2つの炭素環系のうち的一方又は両方に1つ又は2つ以上の置換基が存在する場合、このような置換基が少なくとも1つの電子供与性基を含む物品に関する。

40

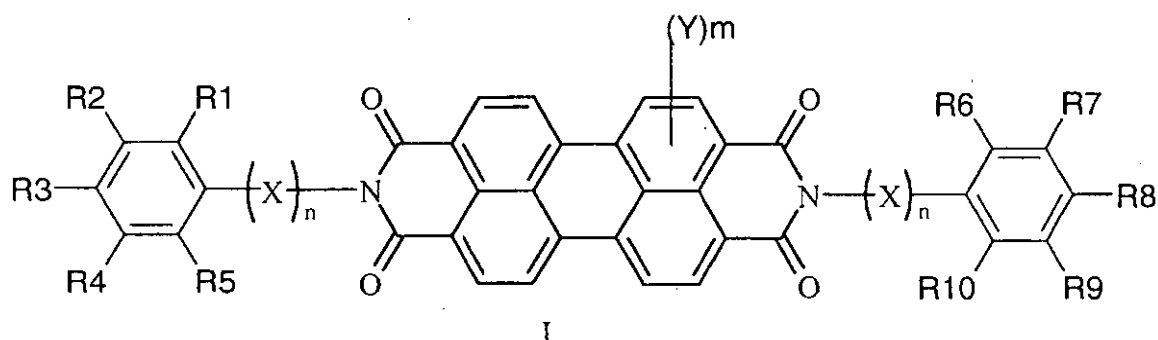
## 【 0 0 1 6 】

本発明の1つの態様では、N,N'-ジ(アリーラルキル)ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物は、下記構造：

50

【 0 0 1 7 】

【 化 1 】



10

【 0 0 1 8 】

によって表され、上記式中、Xは二価-CH<sub>2</sub>-基であり、n=1~3であり、そしてR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10は、それぞれ独立して、H又は電子供与性有機基である。好ましくは、フェニル環上のR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10は、少なくとも1つのC1-C8アルキル置換基を含む。好ましい有機基は、例えばCH<sub>3</sub>、線状又は分枝状C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>アルキル、C<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>アルキレン(一価不飽和型脂肪族炭化水素)、又はC<sub>1</sub>-C<sub>8</sub>アルコキシを含む。

20

【 0 0 1 9 】

n=1の場合、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも2つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも2つがHであることが好ましい。n=1の場合、より好ましいのは、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも3つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも3つがHである構造である。n=1の場合、さらにより好ましいのは、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR7がCH<sub>3</sub>であるか；又は、R2、R3、R4、R5、R7、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR1及びR6の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。好ましくは構造Iにおける二価炭化水素が-CH<sub>2</sub>-基である場合、少なくとも1つのフェニル基が、アルキル基を含有するC1~C4で置換されている。

30

【 0 0 2 0 】

n=2の場合、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも2つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも2つがHであることが好ましい。n=2の場合、より好ましいのは、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも3つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも3つがHである構造である。n=2の場合、さらにより好ましいのは、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR7がCH<sub>3</sub>であるか；又は、R2、R3、R4、R5、R7、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR1及びR6の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。n=2の場合、最も好ましいのは、R1、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR2及びR7の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。

40

【 0 0 2 1 】

上記構造Iにおいて、第1及び第2のジカルボン酸イミド部分は、ペリレン核の3,4位置及び9,10位置において、ペリレン核の互いに対向する側で結合されている。ペリレン核は任意には、最大8つの独立して選択されたY基で置換することができ、mは0~8の任意の整数である。

【 0 0 2 2 】

有利なのは、本発明によるトランジスタデバイスにおいて使用されるnチャネル半導体膜が、高移動度を得るために、膜に接続された第1及び第2のコンタクト手段の前処理を必ずしも必要としないことである。さらに、本発明に使用される化合物は有意な揮発性を有

50



するので、有機薄膜トランジスタにおいてnチャネル半導体膜を基板に適用するために、気相堆積を所望の場合に利用することができる。

【0023】

本明細書中で、単数形で使用されたものは、「少なくとも1つ」と互換可能に使用され、「1つ又は2つ以上」の要素の言い換えを意味する。

【0024】

インクジェット媒体中の層に対して、本明細書中で使用された「上」「上方」及び「下」などの用語は、支持体上の層の順序を意味するが、しかし層がすぐに隣接すること、又は中間の層がないことを必ずしも示すものではない。

【0025】

本発明の上記及びその他の目的、特徴、及び利点は、下記説明及び図面と関連させれば、より明らかになる。図面において、図面に共通の同一又は同様の構成要件を表すために、可能な場合には同一の符号を使用している。

【発明を実施するための最良の形態】

【0026】

典型的な有機薄膜トランジスタの断面が図1及び図2に示されている。図1は、典型的なボトムコンタクト形態を示し、図2は、典型的なトップコンタクト形態を示す。

【0027】

図1及び2における各薄膜トランジスタ(TFT)は、ソース電極20、ドレイン電極30、ゲート電極44、ゲート誘電体56、基板28、及びソース電極20をドレイン電極30に接続する膜の形態を成す本発明の半導体70を含有する。この半導体は、本明細書中に記載されたN,N'-ジ(アリーラルキル)-置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物のクラスから選択された化合物を含む。

【0028】

TFTが蓄積モード内で作業しているときには、ソース電極から半導体へ注入された電荷は移動可能であり、主に約100オングストロームの半導体-誘電体界面内部の薄いチャネル領域内で、電流はソースからドレインへ流れる。A. Dodabalapur, L. Torsi, H. E. Katz, Science 1995, 268, 270を参照されたい。参照することによりこの文献の内容を本明細書中に組み入れる。図1の形態の場合、電荷をソース電極20から横方向に注入するだけで、チャネルを形成することができる。ゲート電界が存在しない場合には、チャネルは理想的には電荷キャリアをほとんど有さず、結果として、ソース-ドレイン伝導がないのが理想的である。

【0029】

オフ電流は、ゲート電圧を印加することにより電荷が意図的にチャネル内に注入されてはいないときに、ソース電極20とドレイン電極30との間に流れる電流と定義される。蓄積モードのTFTの場合、このことは、nチャネルを想定すると、ゲート-ソース電圧が閾値電圧として知られる特定電圧よりも負である場合に生じる。Sze「Semiconductor Devices - Physics and Technology(半導体デバイス-物理学及び技術)」John Wiley & Sons (1981)、第438-443頁を参照されたい。オン電流は、適切な電圧をゲート電極44に印加することにより、電荷キャリアがチャネル内に意図的に蓄積されており、そしてチャネルが導電性であるときに、ソース電極20とドレイン電極30との間に流れる電流と定義される。nチャネル蓄積モードのTFTの場合、このことは閾値電圧よりも正のゲート-ソース電圧で発生する。この閾値電圧はnチャネル作業の場合、ゼロ又はわずかに正であることが望ましい。オンとオフとの切換えは、ゲート電極44からゲート誘電体56を横切って半導体-誘電体界面(図示せず)へ電界を印加してキャパシタを効果的に荷電し、そしてこの電界を除去することによって達成される。

【0030】

本発明によれば、本発明において使用される有機半導体材料は、これがnチャネル膜の形態で使用される場合、特殊な化学下層を必要としないで、周囲条件下で高い性能を示すことができる。

10

20

30

40

50

## 【0031】

本明細書中に記載されたN,N'-ジ(アリーラルキル)3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物、好ましくはN,N'-ジ(フェニラルキル)3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を含む、本発明の改善されたnチャネル半導体膜は、 $0.01 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を上回る、好ましくは $0.2 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ を上回る電界効果電子移動度を示すことができる。最も有利には、このような移動度は空気中で示される。事実、上記N,N'-ジ(アリーラルキル)3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物は、 $0.01 \sim 0.7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の移動度を示した。これらは、空気中のnチャネル半導体材料に関してこれまでに報告された最高値のうちのいくつかの値である。

## 【0032】

10

加えて、本発明のnチャネル半導体膜は、少なくとも $10^4$ 、有利には少なくとも $10^5$ のオン/オフ比を提供することができる。オン/オフ比は、ドレイン電流の最大値/最小値として測定される。それというのも、ゲート電圧はゼロから80ボルトまで掃引され、そしてドレイン-ソース電圧は一定値80ボルトに保持され、そして二酸化ケイ素ゲート誘電体を採用するからである。

## 【0033】

さらに、これらの特性は、膜堆積前にn型半導体材料を空気に対して繰り返し暴露した後、並びに堆積後にトランジスタデバイス及び/又はチャネル層を空気に対して暴露した後で得られる。

## 【0034】

20

本発明において使用されるnチャネル半導体材料は、所望の高移動度を得るために酸素の徹底的な排除を必要としないという点で、前に報告された他のnチャネル半導体を凌ぐ利点を提供する。

## 【0035】

理論に縛られたくはないが、本発明のフッ素含有ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物の望ましい特性に関与していると思われるいくつかのファクターがある。材料の固体構造は、共役系の軌道、芳香環系を含有する分子、及び/又は隣接分子のイミドカルボキシル基が相互作用することができ、その結果、高移動度をもたらすように充填された個々の分子を有する。この相互作用の方向は、アクティブ層としてこの材料を使用するデバイスにおいて、所望の電流の方向に対して平行な成分を有する。材料によって形成される膜の形態は、実質的に連続しているので、許容できないほどの妨害なしに材料を通して電流が流れる。具体的には、本発明において使用される化合物は、縮合芳香環を有する共役ペリレンコア構造を含有する。

30

## 【0036】

この化合物の最低空分子軌道は、妥当な仕事関数を有する金属から、有用な電圧で電子を注入するのを可能にするエネルギーに位置する。この共役構造は一般に、真空エネルギーレベルを基準として、望ましい最低空分子軌道(LUMO)エネルギーレベル約 $3.5 \text{ eV} \sim 4.6 \text{ eV}$ を有する。当業者に知られているように、LUMOエネルギーレベル及び還元電位はほぼ、同じ材料特性を表す。LUMOエネルギーレベル値は、真空エネルギーレベルを基準として測定され、そして還元電位値は、溶液対標準電極で測定される。デバイス用途の利点は、半導体の伝導帯である結晶性固体中のLUMO、及び固体の電子親和力の両方が、真空レベルを基準として測定されることである。後者のパラメータは通常、溶液から得られる前者のパラメータとは異なる。

40

## 【0037】

上述のように、本発明は、N,N'-ジ(アリーラルキル)-置換型ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を含む有機半導体材料から成る薄膜を、薄膜トランジスタ内に含む物品であって、化合物は、二価炭化水素基を介して各イミド窒素原子に結合された置換型又は無置換型の炭素環式芳香環系を有し、アリーラル環上の任意の置換基が少なくとも1つの電子供与性有機基を含む、すなわち、2つの炭素環系のうち的一方又は両方に1つ又は2つ以上の置換基が存在する場合、このような置換基は少なくとも1つの電子供与性基を含む

50

、物品に関する。2つの炭素環系は互いに異なっていてよく、そして各炭素環系は独立して、異なる置換基を有するか、又は置換基を有さないことが可能である。しかしながら好ましくは、各炭素環系は同じものであるが、各環系上に置換基が存在するならば、これは相異なるものであってよい。好ましくは、両炭素環系が置換型である場合、両炭素環系は、少なくとも1つの電子供与性置換基を含む。

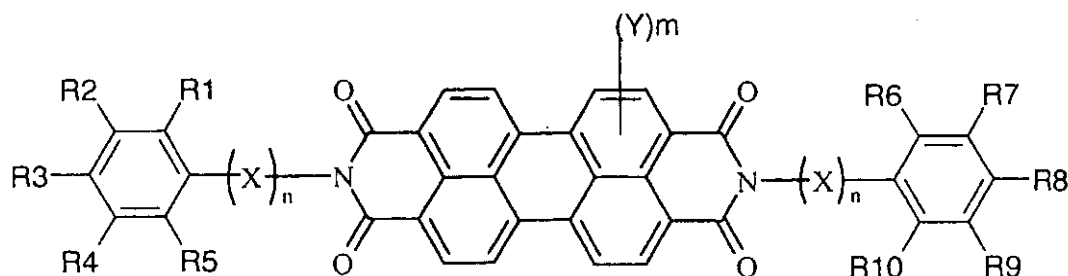
【0038】

本発明の1つの態様では、nチャネル半導体膜は、一般構造Iによって表されるN,N'-ジ(フェニルアルキル)-置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を含む：

【0039】

【化2】

10



I

20

【0040】

上記式中、Xは-CH<sub>2</sub>-二価基であり、n=1~3であり、そしてR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10は、それぞれ独立して、H又は電子供与性有機基である。好ましくは、フェニル環上のR1、R2、R3、R4、R5、R6、R7、R8、R9、及びR10置換基は、少なくとも1つの電子供与性置換基、より好ましくはアルキル、最も好ましくはメチル基を含む。好ましい有機基は、例えばCH<sub>3</sub>、線状又は分枝状C<sub>2</sub>-C<sub>4</sub>アルキル、アルキレン(一価不飽和型脂肪族炭化水素)、及びアルコキシを含む。従って、R1~R10基のうち、電気陰性基、例えばフッ素、トリフルオロメチル、又は他のフッ素含有基であるものはない。

30

【0041】

好ましくは、上記構造内で、少なくとも1つのフェニル環が単一置換基(最も好ましくはアルキル基)で置換されており、この置換基は、フェニルとイミド窒素とを連結する-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-基の位置に対してオルト又はメタである。好ましくは、その代わりに、両フェニル環が単一置換基(最も好ましくはアルキル基)で置換されており、この置換基は、フェニルとイミド窒素とを連結する-(CH<sub>2</sub>)<sub>n</sub>-基の位置に対してオルト又はメタである。

【0042】

n=1の場合、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも2つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも2つがHであることが好ましい。n=1の場合、より好ましいのは、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも3つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも3つがHである構造である。好ましくは構造Iにおける二価炭化水素が-CH<sub>2</sub>-基である場合、少なくとも1つのフェニル基が、電子供与性基で置換されている。

40

【0043】

1つの態様によれば、n=1の場合、好ましいのは、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR7がCH<sub>3</sub>であるか；又は、R2、R3、R4、R5、R7、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR1及びR6の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。

【0044】

n=2の場合、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも2つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも2つがHであることが好ましい。n=2の場合、より

50

好ましいのは、R1、R2、R3、R4、及びR5のうちの少なくとも3つがHであり、そしてR6、R7、R8、R9、及びR10のうちの少なくとも3つがHである構造である。n=2の場合、さらにより好ましいのは、R1、R2、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR7がCH<sub>3</sub>であるか；又は、R2、R3、R4、R5、R7、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR1及びR6の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。

【0045】

n=2の場合、最も好ましいのは、R1、R3、R4、R5、R6、R8、R9、及びR10の全てがHであり、且つR2及びR7の両方がCH<sub>3</sub>である構造である。

【0046】

上記構造Iにおいて、第1及び第2のジカルボン酸イミド部分は、ペリレン核の3,4位置及び9,10位置において、ペリレン核の互いに対向する側で結合されている。ペリレン核は任意には、最大8つの独立して選択されたY基で置換することができ、mは0~8の任意の整数である。

10

【0047】

ペリレン核上のY置換基は、例えばアルキル基、アルケニル基、アルコキシ基、ハロゲン、例えばフッ素又は塩素、シアノ、アリール、アリールアルキル、又はこのような化合物から形成された膜のn型半導体特性に影響を及ぼさない任意の他の基を含むことができる。半導体特性に寄与する分子の積み重ね配列を成す化合物の共役コアの密な接近を妨害する傾向のある置換基を回避することが有利である。このような置換基は、高分枝状基、環構造、及び原子数12を上回る基であって、具体的にはこのような基又は環が、共役コアの密な接近に重大な立体障壁をもたらすように配向された場合のものを含む。加えて、化合物の溶解度及び/又は揮発度を著しく低下させて、望ましい製作プロセスが妨げられるような置換基も回避されるべきである。

20

【0048】

特に断りのない限り、「置換型」又は「置換基」という用語の使用は、任意の基又は水素以外の原子を意味する。加えて、「基」という用語が使用されるときには、これは置換基が置換され得る水素を含有する場合に、置換基の無置換形態だけでなく、置換基が半導体有用性に必要な特性を破壊しない限り、任意の置換基(最大限可能な数まで)でさらに置換され得る範囲の形態をも含むことも意図される。所望の場合、置換基はそれ自体、許容され得る置換基で1回又は2回以上さらに置換されてよい。例えば、1種又は2種以上のフッ素元素で、アルキル基又はアルコキシ基を置換することができる。分子が2つ又は3つ以上の置換を有することができる場合には、特に断りのない限り、これらの置換基を結合して、脂肪族環又は不飽和環を形成することができる。

30

【0049】

上記アルキル基のうちのいずれかの例は、特に断りのない限り、メチル、エチル、プロピル、イソプロピル、ブチル、イソブチル、t-ブチル、ペンチル、ヘキシル、オクチル、2-エチルヘキシル、及び同種のものである。好ましくは炭素原子数1~6、より好ましくは炭素原子数1~4のアルキル基は、分枝状又は線状基を含むものとする。アルケニル基は、ビニル、1-プロペニル、1-ブテニル、2-ブテニル、及び同種のものであってよい。アリール基は、フェニル、ナフチル、スチリル、及び同種のものであってよい。アリールアルキル基はベンジル、フェネチル、及び同種のものであってよい。前述の基又は開示された他の基上の有用な置換基は、ハロゲン、アルコキシ、及び同種のものを含む。ペリレン核又はペリレンコア上の好ましいY置換基は、電子求引基である。置換基Yは、ペリレン核上の任意の利用可能な位置の有機基又は無機基であってよく、そしてmは、0~8の任意の整数である。

40

【0050】

電子供与性基に言及する際には、これは、「Physical Organic Chemistry(物理有機化学)」(McGraw-Hill Book Co., NY, 1940)においてL.P. Hammettによって記載されているようなハメット置換基定数( $\rho$ ,  $\sigma$ )によって、又は「Steric Effect in Organic Chemistry(有機化学における立体効果)」(Wiley and Sons, NY, 1956)及び他の標準的な有機テ

50

キストにおいてR. W. Taftによって定義されたタフト極性置換基定数( $\sigma_p$ )によって示すこと又は評価することができる。反応部位の電子性質に影響を与える環置換基(パラ位置)の能力を特徴付けるこのパラメータは、当初、安息香酸のpKaに対するこれらの効果によって定量化された。その後の研究は元の概念及びデータを拡大して精緻化したが、しかし予測及び相関を目的とした場合には、例えば、C. Hansch他、J. Med. Chem., 17,1207(1973)に記載されているような化学文献において、 $\sigma_p$ の標準集合を幅広く利用することができる。好ましくは、電子供与性基の $\sigma_p$ 又は $\sigma_m$ は、ゼロ未満、より好ましくは-0.05未満、最も好ましくは-0.1未満である。上記構造Iにおけるような本発明による構造内の基の電子供与特性を示すために、たとえこの基が構造Iにおいてパラ置換基ではない場合にも、 $\sigma_p$ 値を使用することができる。

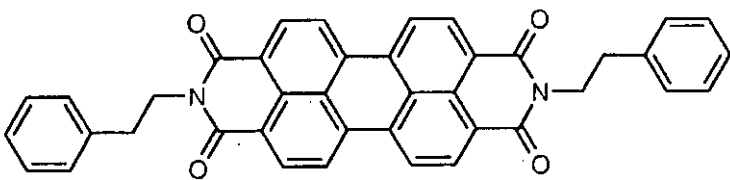
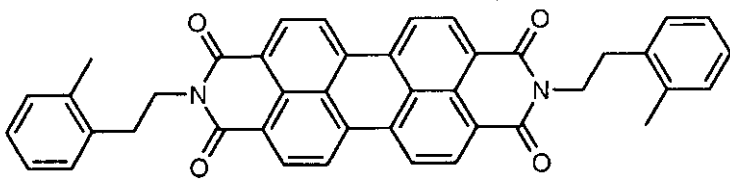
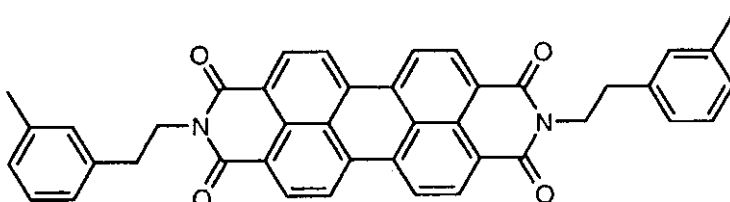
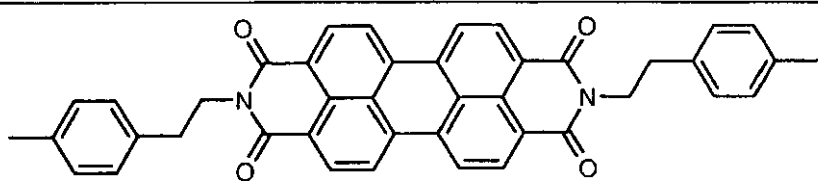
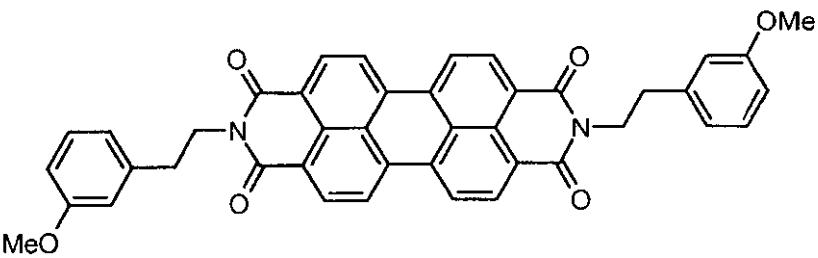
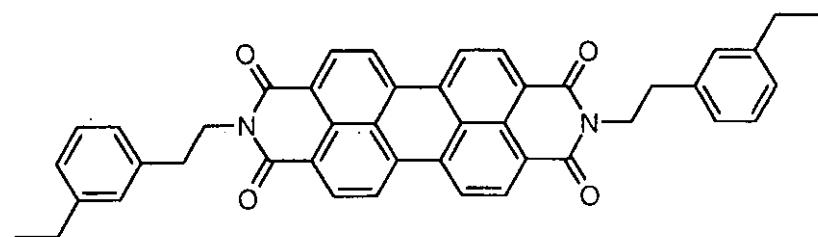
10

# 【0051】

有用なN,N'置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド誘導体の具体例が、下記式によって示される。

# 【0052】

【化 3】

I-1	
I-2	
I-3	
I-4	
I-5	
I-6	

10

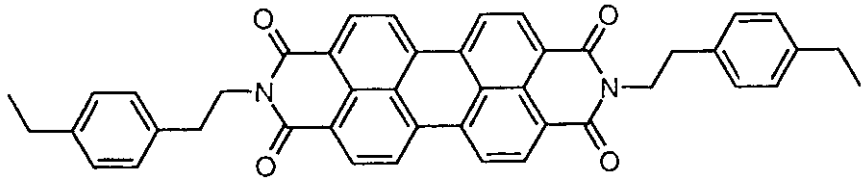
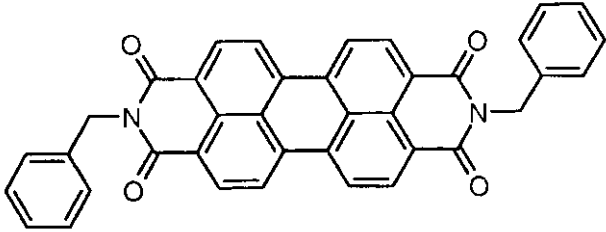
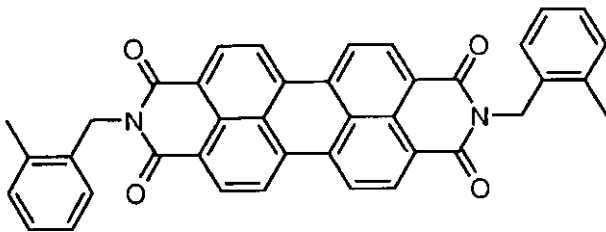
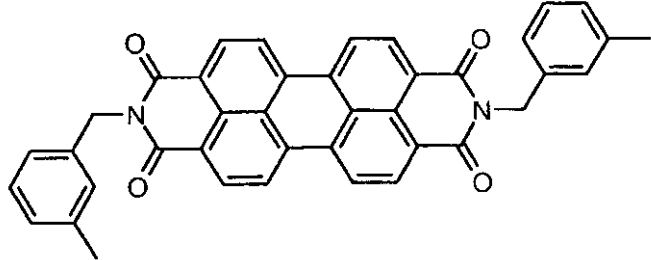
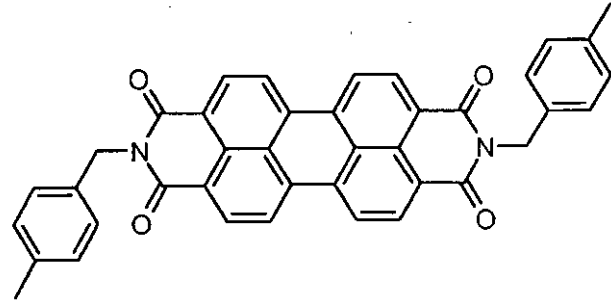
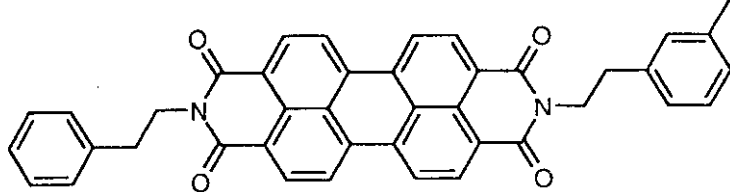
20

30

40

【 0 0 5 3 】

## 【化 4】

I-7	
I-8	
I-9	
I-10	
I-11	
I-12	

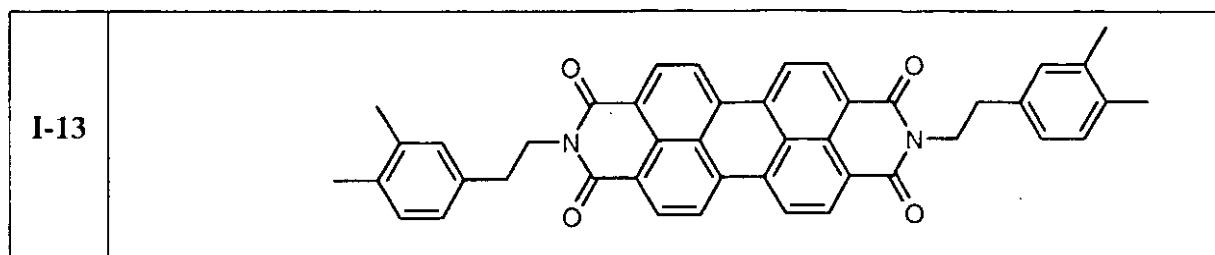
10

20

30

40

## 【化 5】



10

## 【 0 0 5 5 】

本発明の別の態様は、半導体構成部分及びこのような構成部分を内蔵する電子デバイスの製造方法に関する。1つの態様では、基板を提供し、そして上記半導体材料層を基板に適用することができ、この層によって電気コンタクトが形成される。正確なプロセス順序は、所望の半導体成分の構造によって決定される。このように、有機電界効果トランジスタの製造に際して、例えばゲート電極を可撓性基板、例えば有機ポリマーフィルム上に先ず堆積させ、次いで、ゲート電極を誘電体で絶縁することができ、次いでソース電極及びドレイン電極と、nチャンネル半導体材料層とを上側に適用することができる。このようなトランジスタの構造、ひいてはその製造順序は、当業者に知られた習慣的な形式で変化させることができる。従ってこの代わりに、ゲート電極を先ず堆積させ、続いてゲート誘電体を堆積させ、次いで有機半導体を適用することができ、そして最後にソース電極及びドレイン電極のためのコンタクトを半導体層上に堆積させることもできる。第3の構造では、先ずソース電極及びドレイン電極を堆積させ、次いで有機半導体を堆積させ、そして上側に誘電体及びゲート電極を堆積させることもできる。

20

## 【 0 0 5 6 】

当業者に明らかなように、他の構造を構成し、且つ/又は、薄膜トランジスタの上記構成部分間に、中間表面改質層を挿入することができる。たいていの態様では、電界効果トランジスタは絶縁層、ゲート電極、本明細書中に記載された有機材料を含む半導体層、ソース電極、及びドレイン電極を含む。ゲート電極と有機半導体材料薄膜との両方が誘電層に接触し、そしてソース電極とドレイン電極との両方が半導体層と接触している限り、絶縁層、ゲート電極、半導体層、ソース電極、及びドレイン電極が任意の配列を成している。

30

## 【 0 0 5 7 】

製造中、試験中、及び/又は使用中にOTFTを支持するために支持体を使用することができる。当業者に明らかなように、商業的な態様のために選択される支持体は、種々の態様を試験又はスクリーニングするために選択される支持体とは異なっている。いくつかの態様では、支持体は、TFTのためのいかなる所要の電気機能も提供しない。このタイプの支持体は、本明細書において「非関与支持体」と称される。有用な材料は、有機又は無機材料を含むことができる。例えば、支持体は無機ガラス、セラミックフォイル、高分子材料、充填高分子材料、被覆金属フォイル、アクリル、エポキシ、ポリアミド、ポリカーボネート、ポリイミド、ポリケトン、ポリ(オキシ-1,4-フェニレンオキシ-1,4-フェニレンカルボニル-1,4-フェニレン)(ポリ(エーテルエーテルケトン)又はPEEKと呼ばれることがある)、ポリノルボルネン、ポリフェニレンオキシド、ポリ(エチレンナフタレンジカルボキシレート)(PEN)、ポリ(エチレンテレフタレート)(PET)、ポリ(フェニレンスルフィド)(PPS)、及び繊維強化プラスチック(FRP)を含むことができる。

40

## 【 0 0 5 8 】

本発明のいくつかの態様において、可撓性支持体が使用される。これはロール処理を可能にする。ロール処理は連続的に行われてよく、平ら且つ/又は剛性の支持体を凌ぐ、規模の経済性及び製造の経済性を提供する。選択された可撓性支持体は好ましくは、直径約

50



50 cm未満、より好ましくは25 cm未満、最も好ましくは10 cm未満のシリンダーの周面に、素手のような低い力によって、歪み又は破断を生じさせずに巻き付けることができる。好ましい可撓性支持体はそれ自体に巻き付けることができる。

#### 【0059】

本発明のいくつかの態様では、支持体は任意である。例えば、図2のトップ形態において、ゲート電極及び/又はゲート誘電体が、結果として得られたTFTの意図された用途に十分な支持力を提供するときには、支持体は必要とされない。加えて、支持体は一時的な支持体と組み合わせることができる。このような態様において、一時的な目的、例えば製造、搬送、試験、及び/又は貯蔵のために一時的な支持体が望まれる場合、支持体に一時的な支持体を取り外し可能に付着させるか、又は機械的に固定することができる。例えば、可撓性高分子支持体は剛性ガラス支持体に付着させることができる。剛性ガラス支持体は取り除くことができる。

10

#### 【0060】

ゲート電極は任意の有用な導電性材料であってよい。金属、退縮ドープ型半導体、導電性ポリマー、及び印刷可能材料、例えばカーボンインク又は銀-エポキシを含む、当業者に知られた種々様々なゲート材料も好適である。例えば、ゲート電極は、ドープ型シリコン、又は金属、例えばアルミニウム、クロム、金、銀、ニッケル、パラジウム、白金、タンタル、及びチタンを含んでよい。導電性ポリマー、例えばポリアニリン、ポリ(3,4-エチレンジオキシチオフェン)/ポリ(スチレンスルホネート)(PEDOT:PSS)を使用することもできる。加えて、これらの材料から成る合金、組み合わせ、及び多層が有用であってよい。

20

#### 【0061】

本発明のいくつかの態様では、同じ材料がゲート電極機能を提供し、そして支持体の支持機能も提供する。例えば、ドープ型シリコンは、ゲート電極として機能し、そしてOTFTを支持することができる。

#### 【0062】

ゲート誘電体は、ゲート電極上に提供される。このゲート誘電体は、OTFTデバイスの残りからゲート電極を電気的に絶縁する。こうして、ゲート誘電体は、電気絶縁材料を含む。ゲート電極は、具体的なデバイス及び使用環境に応じて幅広く変化することができる好適な誘電定数を有するべきである。例えば、約2~100又はそれ以上の誘電定数が、ゲート誘電体に関して知られている。ゲート誘電体に有用な材料は、例えば無機電気絶縁材料を含んでよい。ゲート誘電体は、高分子材料、例えばポリビニリデンジフルオリド(PVDF)、シアノセルロース、ポリイミドなどを含むことができる。

30

#### 【0063】

ゲート誘電体にとって有用な材料の具体例は、ストロンチア酸塩、タンタル酸塩、チタン酸塩、ジルコン酸塩、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、酸化タンタル、酸化チタン、窒化ケイ素、チタン酸バリウム、チタン酸バリウムストロンチウム、ジルコン酸チタン酸バリウム、セレン化亜鉛、及び硫化亜鉛を含む。加えて、これらの例から成る合金、組み合わせ、及び多層をゲート誘電体のために使用することもできる。これらの材料のうち、酸化アルミニウム、酸化ケイ素、及びセレン化亜鉛が好ましい。加えて、高分子材料、例えばポリイミド、及び高い誘電定数を示す絶縁体も好ましい。このような絶縁体が、米国特許第5,981,970号明細書に論じられており、参照することにより本明細書の内容とする。

40

#### 【0064】

ゲート誘電体はOTFT内に別個の層として提供するか、又は例えばゲート材料を酸化させてゲート誘電体を形成することにより、ゲート上に形成することができる。誘電層は、異なる誘電定数を有する2つ又は3つ以上の層を含むことができる。

#### 【0065】

ソース電極及びドレイン電極は、ゲート誘電体によってゲート電極から分離されるのに対して、有機半導体層は、ソース電極及びドレイン電極の上側又は下側に位置することができる。ソース電極及びドレイン電極は、任意の有用な導電性材料であることが可能であ

50

る。有用な材料は、ゲート電極に関して上述した材料のうちのほとんど、例えばアルミニウム、バリウム、カルシウム、クロム、金、銀、ニッケル、パラジウム、白金、チタン、ポリアニリン、PEDOT:PSS、他の導電性ポリマー、これらの合金、これらの組み合わせ、及びこれらの多層を含む。

【0066】

薄膜電極(例えばゲート電極、ソース電極、及びドレイン電極)は、任意の有用な手段、例えば物理的蒸着(例えば熱蒸発、スパッタリング)又はインクジェット印刷によって提供することができる。これらの電極のパターン化は、周知の方法、例えばシャドーマスク、加法的フォトリソグラフィ、減法的フォトリソグラフィ、印刷、マイクロコンタクト印刷、及びパターン塗布によって達成することができる。

10

【0067】

有機半導体層は、薄膜トランジスタ物品に関して上述したように、ソース電極及びドレイン電極の上側又は下側に提供することができる。本発明はまた、本明細書中に記載された方法によって形成された複数のOTFTを含む集積回路を提供する。上記フッ素含有N,N'置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミド化合物を使用して形成されたnチャネル半導体材料は、任意の好適な基板上に形成することができる。基板は、支持体及び任意の中間層、例えば当業者に知られたものを含む誘電体又は絶縁体材料を含むことができる。

【0068】

本発明の薄膜トランジスタ又は集積回路を形成するプロセス全体を、支持体最大温度約450 未満、好ましくは約250 未満、より具体的には約150 未満、及びさらにより好ましくは約100 未満、又は室温付近の温度(約25 ~ 70 )でも、実施することができる。本明細書に含まれる本発明に関する知識を得れば、温度は一般に、支持体、及び当業者に知られた処理パラメータに応じて選択される。これらの温度は、伝統的な集積回路及び半導体の処理温度を十分に下回る。このことは、種々の比較的低廉な支持体、例えば可撓性高分子支持体のいずれかを使用することを可能にする。こうして、本発明は、有意に改善された性能を有する有機薄膜トランジスタを含有する比較的低廉な集積回路の製造を可能にする。

20

【0069】

本発明において使用される化合物は容易に処理することができ、そして例えばこれらを蒸発させることができる程度に熱安定である。これらの化合物は有意な揮発度を有しているので、所望の場合には気相堆積が容易に達成される。このような化合物は、真空昇華によって、又は浸漬塗布、ドロップ流延、スピン塗布、ブレード塗布を含む溶剤処理によって、基板上に堆積させることができる。

30

【0070】

急速昇華法による堆積も可能である。このような1方法は、基板と、化合物を粉末形態で保持する供給源容器とを含有するチャンバに、35 mTorrの真空を負荷し、そして化合物が基板上に昇華するまで数分間にわたって容器を加熱することである。一般に、最も有用な化合物は整列膜を形成し、非晶質膜はあまり有用でない。

【0071】

或いは、例えば、上記化合物は先ず、基板上に堆積するためのスピン塗布又は印刷の前に、溶剤中に溶解させることもできる。

40

【0072】

本発明のnチャネル半導体膜が有用であるようなデバイスは、特に薄膜トランジスタ(TFT)、特に有機電界効果薄膜トランジスタを含む。また、米国特許出願公開第2004/0021204号明細書(Liu)(参考のため本明細書中に引用する)の第13~15頁に記載されているような、有機p-n結合を有する種々のタイプのデバイス内に、このような膜を使用することもできる。

【0073】

TFT及びその他のデバイスが有用であるような電子デバイスは、例えば、より複雑な回

50

路、例えばシフトレジスタ、集積回路、論理回路、スマートカード、メモリーデバイス、ラジオ周波数識別タグ、アクティブマトリックスディスプレイのためのバックプレーン、アクティブマトリックスディスプレイ(例えば液晶又はOLED)、太陽電池、リングオシレータ、及び相補回路、例えばインバータ回路を、例えば入手可能なp型有機半導体材料、例えばペンタセンを使用して形成されたその他のトランジスタとの組み合わせにおいて含む。アクティブマトリックスディスプレイの場合、ディスプレイの画素の電圧保持回路の一部として、本発明によるトランジスタを使用することができる。本発明のTFTを含有するデバイスの場合、このようなTFTは、当業者に知られた手段によって、作用接続される。

【0074】

本発明はさらに、上記電子デバイスのいずれかの製造方法を提供する。このように本発明は、上記TFTのうちの1つ又は2つ以上を含む物品内で具体化される。

【実施例】

【0075】

一例であることが意図される下記例によって、本発明の利点の実証される。

【0076】

#### A. 材料の合成

本発明において使用される対称N,N'-ジアルキルペリレンテトラカルボン酸ジイミドは、過剰の好適なアミン、例えばフェニルエチルアミンでペリレンテトラカルボン酸二無水物を環化することにより、好都合に調製される。典型的な手順が、欧州特許出願EP 251071、及び米国特許第4,156,757号明細書、同第4,578,334号明細書、及び同第4,719,163号明細書に記載されている。非対称ペリレンテトラカルボン酸ジイミドを調製するための典型的な手順が、米国特許第4,714,666号明細書に記載されている。次いで、 $10^{-5} \sim 10^{-6}$  Torrで一連の昇華を施すことにより、粗材料を精製した。

【0077】

#### B. デバイスの調製

本発明の種々の材料の電気特性を試験するために、トップコンタクト幾何学的配置を使用して、電界効果トランジスタを典型的な形式で形成した。使用した基板は、重度にドーピングされたシリコンウェハである。これはトランジスタのゲートとしても役立つ。ゲート誘電体は、厚さ165 nmの熱成長させられたSiO<sub>2</sub>層である。ゲート誘電体の表面を処理することにより電気特性を改善できることが、p型及びn型トランジスタの両方に関して、以前に示されている。本明細書中に記載された試験のほとんどの場合、酸化物表面は、薄い(<10 nm)スピン塗布ポリマー層、又はオクタデシルトリクロロシラン(OTS)の自己集成単層(SAM)で処理された。典型的には、未処理酸化物試料が比較例に含まれた。

【0078】

ペリレンテトラカルボン酸ジイミドから成るアクティブ層を、熱蒸発器内で真空蒸着によって堆積させた。堆積速度は1秒当たり0.1オングストロームである一方、基板温度は75℃に保持した。アクティブ層の厚さはいくつかの試験において種々様々であったが、しかし典型的には40 nmであった。厚さ50 nmの銀コンタクトを、シャドーマスクを通して堆積させた。チャネル幅を500ミクロンで保持する一方、チャネル長は20~80ミクロンで変化させた。他のコンタクト材料の効果を見るために、いくつかの試験を実施した。いくつかのデバイスをボトムコンタクト幾何学的配置で形成し、この幾何学的配置において、アクティブ材料の前にコンタクトを堆積させた。

【0079】

#### C. デバイス測定及び分析

製作されたデバイスの電気的特徴付けを、Hewlett Packard HP 4145b(商標)パラメータ分析器で実施した。空気中のデバイスの安定性を意図的に試験することを除けば、プローブ測定ステーションは、全ての測定に対して正のN<sub>2</sub>環境内で保持した。白色光に対する感受性を検査する場合を除いては、測定を硫黄光下で実施した。デバイスを試験前に空気に対して暴露した。

【0080】

10

20

30

40

50

実施されるそれぞれの試験に対して、調製された各試料に関して4～10個の個々のデバイスを試験した。その結果を平均した。各デバイスに関して、ゲート電圧(Vg)の種々の値に対するソース - ドレイン電圧(Vd)の関数として、ドレイン電流(Id)を測定した。たいていのデバイスの場合、測定されたゲート電圧のそれぞれに対して、Vdを0 V～80 V、典型的には0 V、20 V、40 V、60 V、及び80 Vで掃引した。これらの測定において、デバイスを通る漏れ電流を検出するために、ゲート電流(Ig)も記録した。さらに、各デバイスに関して、ソース - ドレイン電圧の種々の値に対するゲート電圧の関数として、ドレイン電流を測定した。たいていのデバイスの場合、測定されたゲート電圧のそれぞれに対して、Vgを0 V～80 V、典型的には40 V、60 V、及び80 Vで掃引した。

【0081】

10

データから抽出されたパラメータは、電界効果移動度( $\mu$ )、閾値電圧(Vth)、閾値下勾配(S)、及び測定されたドレイン電流の $I_{on}/I_{off}$ の比を含む。電界効果移動度は飽和領域( $V_d > V_g - V_{th}$ )において抽出した。この領域内では、ドレイン電流は、下記等式によって提供される(Sze「Semiconductor Devices - Physics and Technology」John Wiely & Sons (1981)参照)。

【0082】

【数1】

$$I_d = \frac{W}{2L} \mu C_{ox} (V_g - V_{th})^2$$

20

【0083】

上記式中、Wはチャネル幅、そしてLはチャネル長であり、 $C_{ox}$ は酸化物層のキャパシタンスであり、これは、酸化物厚及び材料の誘電定数の関数である。この等式から、飽和電界効果移動度を、 $I_d$ 対Vg曲線の線形部分に対する直線適合部分から抽出した。閾値電圧 $V_{th}$ は、この直線適合部分のx切片である。移動度は、線形領域( $V_d < V_g - V_{th}$ )から抽出することもできる。この場合、ドレイン電流は下記等式によって提供される(Sze「Semiconductor Devices - Physics and Technology」John Wiely & Sons (1981)参照)。

【0084】

30

【数2】

$$I_d = \frac{W}{L} \mu C_{ox} \left[ V_d (V_g - V_{th}) - \frac{V_d^2}{2} \right]$$

【0085】

これらの試験の場合には、線形領域における移動度は抽出しなかった。それというのも、このパラメータはコンタクトにおける注入の問題点によって著しく多くの影響を受けるからである。一般に、低 $V_d$ における $I_d$ 対 $V_d$ の曲線が非線形であることは、デバイスの性能がコンタクトによる電荷の注入によって限られることを示す。所与のデバイスのコンタクトの不完全性とはより無関係な結果を得るために、線形移動度ではなく飽和移動度を、デバイス性能の特性パラメータとして抽出した。

40

【0086】

ドレイン電流の対数を、ゲート電圧の関数としてプロットした。 $\log I_d$ プロットから抽出されたパラメータは、 $I_{on}/I_{off}$ 比、及び閾値下勾配(S)を含む。 $I_{on}/I_{off}$ 比は単純に、ドレイン電流の最小値に対する最大値の比であり、Sは、ドレイン電流が増大しつつある(すなわちデバイスがオンになりつつある)領域内の $I_d$ 曲線の勾配の逆数である。

【0087】

50

## D. 結果

下記例は、N,N'-ジフェニル3,4,9,10ペリレンテトラカルボン酸ジイミドと比較して、アリアルキル含有N,N'-置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミドを含む本発明のデバイスが、高い移動度及びオン/オフ比を有する、改善されたnチャネル半導体膜を提供することを実証する。飽和領域内で計算された移動度は、 $0.04 \sim 0.7 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であり、オン/オフ比は $10^4 \sim 10^5$ であった。改善された性能に加えて、デバイスはまた、典型的なnチャネルTFTに対して改善された空気中の安定性、及び優れた再現性を示す。

【0088】

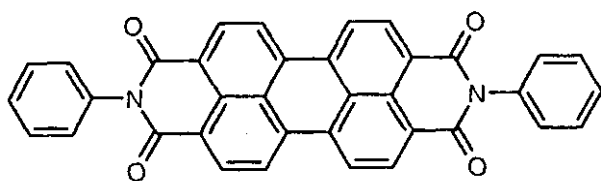
### 比較例1

この例は、N,N'-ジフェニル3,4,9,10ペリレンテトラカルボン酸ジイミドC-1から形成されたn型TFTデバイスを実証する。

10

【0089】

【化6】



C-1

20

【0090】

厚さ165 nmの熱成長させられた $\text{SiO}_2$ 層を有する重度ドーブ型シリコンウェハーを、基板として使用した。ウェハーをピラニア溶液中で10分間にわたって洗浄し、続いてUV/オゾンチャンバ内に6分間にわたって暴露した。次いで、洗浄済表面を、湿度制御環境下でヘプタン溶液から形成されたオクタデシルトリクロロシラン(OTS)の自己集成単層で処理した。水接触角及び層厚を測定して、処理済表面の品質を保証した。良好な品質のOTS層を有する表面の水接触角は $>90^\circ$ であり、偏光解析法から測定された厚さは27 ~ 35 であった。

30

【0091】

精製されたN,N'-ジフェニル-3,4,9,10ペリレンテトラカルボン酸ジイミドC-1を、 $5 \times 10^{-7}$  Torrの圧力及び1秒当たり0.1オングストロームの速度の真空昇華により、水晶結晶によって測定して40 nmの厚さまで堆積させた。堆積中に基板を一定温度75 で保持した。短時間にわたって試料を空気に暴露したあと、続いて、シャドーマスクを通して50 nmの厚さまでAg源及びドレイン電極を堆積させた。形成されたデバイスのチャネル幅は500ミクロンであり、チャネル長は20~80ミクロンで変化した。複数のOTFTを調製し、そして4~10個のOTFTの代表試料を、それぞれの堆積作業に関して試験した。平均した結果を表1に示す。

40

【0092】

Hewlett Packard HP 4145B (商標) 半導体パラメータ分析器を使用して窒素雰囲気中で測定する前に、デバイスを空気に暴露した。 $W/L = 515/85$ の典型的なトランジスタの場合、電界効果移動度 $\mu$ は、 $(I_D)^{1/2}$ 対 $V_G$ プロットの勾配から、飽和領域において $2.2 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ であることが計算された。オン/オフ比は、 $5.1 \times 10^3$ であり、閾値電圧は $V_T = 50 \text{ V}$ であった。こうして調製された同様のデバイスから、最大 $2.8 \times 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の飽和移動度が測定された。

【0093】

### 例2

この例は、本発明によるN,N'-(2-メチルフェニル)メチル-3,4,9,10ペリレンテトラカル

50

ボン酸ジイミドI-9を使用したn型TFTデバイスの改善された性能を実証する。

【0094】

アクティブ材料として発明I-1を使用したn型TFTデバイスを、例1におけるように形成した。従って、化合物I-9は、 $5 \times 10^{-7}$  Torrの圧力及び1秒当たり0.1オングストロームの速度の真空昇華により、水晶結晶によって測定して40 nmの厚さまで堆積させた。堆積中に基板を一定温度75 で保持した。短時間にわたって試料を空気に暴露したあと、続いて、シャドーマスクを通して50 nmの厚さまでAg源及びドレイン電極を堆積させた。形成されたデバイスのチャネル幅はほぼ500ミクロンであり、チャネル長は20～80ミクロンで変化した。複数の有機薄膜トランジスタ(OTFT)を調製し、そして4～10個のOTFTの代表試料を、それぞれの堆積作業に関して試験した。平均した結果を下記表1に示す。

10

【0095】

Hewlett Packard 4145B (商標) 半導体パラメータ分析器を使用して窒素雰囲気中で測定する前に、デバイスを空気に暴露した。電界効果移動度  $\mu$  は、 $(I_D)^{1/2}$  対  $V_G$  プロットの勾配から、飽和領域において  $0.11 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  であることが計算された。オン/オフ比は、 $4.4 \times 10^4$  であり、閾値電圧は  $V_T = 42.4 \text{ V}$  であった。こうして調製された同様のデバイスから、最大  $0.15 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  の飽和移動度が測定された。

【0096】

【表1】

表1

20

	アクティブ OTFT材料	$\mu \text{ (cm}^2/\text{Vs)}$	$\sigma \text{ (}\mu\text{)}$	$V_{th} \text{ (V)}$	$\sigma \text{ (V}_{th}\text{)}$	$I_{on}/I_{off}$
比較例1	C-1	$2.2 \times 10^{-3}$	$6.48 \times 10^{-4}$	52.74	5.51	$5.1 \times 10^3$
発明例2	I-9	0.10	$6.8 \times 10^{-2}$	42.4	1.2	$4.5 \times 10^4$

【0097】

この例はn型材料として化合物I-9を使用することの利点を明示する。従って、移動度及びオン/オフ比の両方は、比較例1を大幅に凌いで改善され、デバイス性能に対する、ジイミド窒素とフェニル環との間の  $-\text{CH}_2-$  基の効果を明示する。

30

【0098】

例3

この例は、本発明によるN,N'-ジフェニルエチル-置換型3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミドI-1から形成されたn型TFTデバイスの改善された性能を実証する。

【0099】

アクティブ材料として発明I-1を使用したn型TFTデバイスを、例1におけるように形成した。従って、化合物I-1は、 $5 \times 10^{-7}$  Torrの圧力及び1秒当たり0.1オングストロームの速度の真空昇華により、水晶結晶によって測定して40 nmの厚さまで堆積させた。堆積中に基板を一定温度75 で保持した。短時間にわたって試料を空気に暴露したあと、続いて、シャドーマスクを通して50 nmの厚さまでAg源及びドレイン電極を堆積させた。形成されたデバイスのチャネル幅はほぼ500ミクロンであり、チャネル長は20～80ミクロンで変化した。複数の有機薄膜トランジスタ(OTFT)を調製し、そして4～10個のOTFTの代表試料を、それぞれの堆積作業に関して試験した。平均した結果を下記表1に示す。

40

【0100】

Hewlett Packard 4145B (商標) 半導体パラメータ分析器を使用して窒素雰囲気中で測定する前に、デバイスを空気に暴露した。チャネル長39ミクロン及びチャネル幅520ミクロンのデバイスの場合、電界効果移動度  $\mu$  は、 $(I_D)^{1/2}$  対  $V_G$  プロットの勾配から、飽和領域において  $0.042 \text{ cm}^2/\text{Vs}$  であることが計算された。オン/オフ比は、 $1 \times 10^5$  であり、閾値

50

電圧は $V_T = 38.4$  Vであった。こうして調製された同様のデバイスから、最大 $0.07 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の飽和移動度が測定された。

【0101】

【表2】

表2

	アクティブ OTFT材料	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	$\sigma$ ( $\mu$ )	$V_{th}$ (V)	$\sigma$ ( $V_{th}$ )	$I_{on}/I_{off}$
比較例1	C-1	$2.2 \times 10^{-3}$	$6.48 \times 10^{-4}$	52.74	5.51	$5.1 \times 10^3$
発明例3	I-1	$4.2 \times 10^{-2}$	$1.20 \times 10^{-2}$	38.4	6.0	$1.0 \times 10^5$

10

【0102】

この例はn型材料として発明I-1の利点を明示する。従って、移動度及びオン/オフ比の両方は、比較例1を大幅に凌いで改善され、デバイス性能に対する、ジイミド窒素とフェニル環との間の $-\text{CH}_2-\text{CH}_2-$ 基の効果を明示する。

【0103】

例4

この例は、フッ素含有N,N'-ジ(2-メチルフェニル)エチル-3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミドI-2から形成されたn型TFTデバイスの改善された性能を実証する。OTFTのアクティブ材料として化合物I-2を使用したn型TFTデバイスを、例1におけるように形成した。複数のOTFTを調製し、そしてそれぞれの堆積作業に関して試験した。平均した結果を表3に示す。

20

【0104】

【表3】

表3

	アクティブ OTFT材料	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	$\sigma$ ( $\mu$ )	$V_{th}$ (V)	$\sigma$ ( $V_{th}$ )	$I_{on}/I_{off}$
比較例1	C-1	$2.2 \times 10^{-3}$	$6.5 \times 10^{-4}$	52.74	5.51	$5.1 \times 10^3$
発明例4	I-2	0.24	$4.6 \times 10^{-2}$	46.8	2.4	$6.5 \times 10^5$

30

【0105】

この例は、化合物I-2のn型材料としての利点を明示する。 $(I_D)^{1/2}$ 対 $V_G$ プロットの勾配から、最大 $0.3 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の飽和領域移動度が、このように調製された同様のデバイスから測定された。

40

【0106】

このように、移動度及びオン/オフ比の両方は、比較例1を大幅に凌いで改善され、デバイス性能に対する、ジイミド窒素上の(2-メチルフェニル)エチル基の効果を明示する。

【0107】

例5

この例は、フッ素含有N,N'-ジ(3-メチルフェニル)エチル-3,4,9,10ペリレン系テトラカルボン酸ジイミドI-3から形成されたn型TFTデバイスの改善された性能を実証する。OTFTのアクティブ材料として化合物I-3を使用したn型TFTデバイスを、例1におけるように形成した。

50

【 0 1 0 8 】

複数のOTFTを調製し、そしてそれぞれの堆積作業に関して試験した。平均した結果を表4に示す。

【 0 1 0 9 】

【表 4】

表 4

	アクティブ OTFT材料	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	$\sigma$ ( $\mu$ )	$V_{th}$ (V)	$\sigma$ ( $V_{th}$ )	$I_{on}/I_{off}$
比較例 1	C-1	$2.2 \times 10^{-3}$	$6.5 \times 10^{-4}$	52.7	5.5	$5.1 \times 10^3$
発明例 5	I-3	0.7	$2.3 \times 10^{-1}$	45.2	5.7	$1.4 \times 10^6$

10

【 0 1 1 0 】

この例は、化合物I-3のn型材料としての利点を明示する。 $(I_D)^{1/2}$ 対 $V_G$ プロットの勾配から、最大 $0.9 \text{ cm}^2/\text{Vs}$ の飽和領域移動度が、このように調製された同様のデバイスから測定された。このように、移動度及びオン/オフ比の両方は、比較例1を大幅に凌いで改善され、デバイス性能に対する、化合物I-3におけるジイミド窒素上のエチル(3-メチルフェニル)基の効果を明示する。

20

【 0 1 1 1 】

例6

この例は、半導体材料の堆積中の基板温度に関連して、本発明において使用されたアクティブ材料の堅牢性を実証する。

【 0 1 1 2 】

発明例4におけるように試料を調製した。ただしこの例では、半導体材料I-3の堆積中の基板温度を50 から75 まで変化させた。結果を表5に要約する。これは、化合物I-3材料の、半導体層堆積中の基板温度に対する堅牢性、及び改善された電気性能を実証する。

30

【 0 1 1 3 】

【表 5】

表 5

温度 ( $^{\circ}\text{C}$ )	アクティブ OTFT材料	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	$\sigma$ ( $\mu$ )	$V_{th}$ (V)	$\sigma$ ( $V_{th}$ )	$I_{on}/I_{off}$
50	I-3	0.64	$2.8 \times 10^{-1}$	43.3	6.5	$4.7 \times 10^5$
75	I-3	0.67	$2.3 \times 10^{-1}$	45.2	5.7	$1.4 \times 10^6$

40

【 0 1 1 4 】

例7

この例(表6)は、本発明による化合物I-3を使用して形成されたアクティブ材料の3週間経過後のデバイス安定性に関する堅牢性を示す。

【 0 1 1 5 】



【表 6】

表 6

経過時間 (日)	アクティブ OTFT材料	$\mu$ ( $\text{cm}^2/\text{Vs}$ )	$\sigma$ ( $\mu$ )	$V_{th}$ (V)	$\sigma$ ( $V_{th}$ )	$I_{on}/I_{off}$
1	I-3	0.53	$2.8 \times 10^{-4}$	32.6	6.5	$1.7 \times 10^6$
21	I-3	0.56	$2.3 \times 10^{-4}$	37	5.7	$5.0 \times 10^5$

10

【図面の簡単な説明】

【 0 1 1 6】

【図 1】図1は、ボトムコンタクト形態を有する典型的な有機薄膜トランジスタを示す断面図である。

【図 2】図2は、トップコンタクト形態を有する典型的な有機薄膜トランジスタを示す断面図である。

【符号の説明】

【 0 1 1 7】

- 20 ソース電極
- 28 基板
- 30 ドレイン電極
- 44 ゲート電極
- 56 ゲート誘電体
- 70 半導体

20

【図 1】

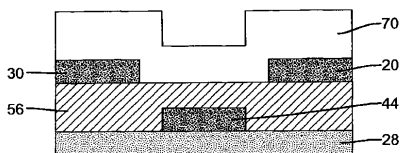


FIG. 1

【図 2】

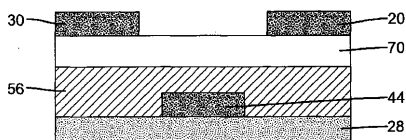


FIG. 2

## 【 国際調査報告 】

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/US2005/044241

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. H01L51/30

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)  
H01L

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

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

EPO-Internal, INSPEC

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	R. J. CHESTERFIELD, J. C. MCKEEN, C. R. NEWMAN, P. C. EWBANK, D. A. DA SILVA FILHO, J.-L. BRÉDAS, L. L. MILLER, K. R. MANN, C. D. F.: "Organic thin film transistors based on N-alkyl perylene diimides: charge transport kinetics as a function of gate voltage and temperature" JOURNAL OF PHYSICAL CHEMISTRY B, vol. 108, no. 50, 16 December 2004 (2004-12-16), pages 19281-19292, XP002403217 ACS USA, published on Web 19/11/2004 ISSN: 1089-5647 page 19283, column 1, line 43 - line 63; figure 1(a) page 19282, column 1, lines 1-25 -/-	1-30

☒ 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 document 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
- \*Z\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

17 October 2006

Date of mailing of the international search report

08/11/2006

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5618 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Pusch, Catharina

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/US2005/044241

G(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2002 190616 A (JAPAN SCIENCE & TECH CORP) 5 July 2002 (2002-07-05) paragraph [0012]; figure 2	1-30
Y	EP 1 246 271 A2 (PIONEER CORP [JP]) 2 October 2002 (2002-10-02) compounds 23-28	5,6
Y	B. A. JONES, M. J. AHRENS, M.-H. YOON, A. FACCHETTI, T. J. MARKS, M. R. WASIELEWSKI: "High-Mobility Air-Stable n-Type Semiconductors with Processing Versatility: Dicyanoperylene-3,4:9,10-bis(dicarboximides)" ANGEWANDTE CHEMIE INTERNATIONAL EDITION, vol. 43, no. 46, 26 November 2004 (2004-11-26), pages 6363-6366, XP002403218 Weinheim, Germany page 6363, column 1, line 25 - page 6364, column 1, line 31 page 6364, column 2, line 18 - page 6365, column 1, line 13 page 6365, column 2, line 32 - page 6366, column 1, line 4	1,14
A	DE 100 24 993 A1 (UNIV BREMEN [DE]) 29 November 2001 (2001-11-29) paragraphs [0034] - [0038], [0072]	
A	US 2002/164835 A1 (DIMITRAKOPOULOS CHRISTOS DIMIT [US] ET AL DIMITRAKOPOULOS CHRISTOS DIM) 7 November 2002 (2002-11-07) paragraph [0003]	

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**

Information on patent family members

International application No

PCT/US2005/044241

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
JP 2002190616 A	05-07-2002	WO 0250920 A1 JP 3426211 B2	27-06-2002 14-07-2003
EP 1246271 A2	02-10-2002	JP 2002289878 A US 2003001494 A1	04-10-2002 02-01-2003
DE 10024993 A1	29-11-2001	AU 7406001 A WO 0191202 A1	03-12-2001 29-11-2001
US 2002164835 A1	07-11-2002	NONE	

## フロントページの続き

(81)指定国 AP(BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), EA(AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), EP(AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OA(BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG), AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, YU, ZA, ZM, ZW

(72)発明者 シュクラ, ディーパック

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 5 8 0, ウェブスター, ヤードレイコート 6 3 1

(72)発明者 フリーマン, ダイアン キャロル

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 5 3 4, ピッツフォード, ウッドリーフ 1 3 3

(72)発明者 ネルソン, シェルビー フォレスター

アメリカ合衆国, ニューヨーク 1 4 5 3 4, ピッツフォード, オールド ファーム サークル  
8

F ターム(参考) 5F110 AA01 AA05 AA16 AA17 BB01 BB04 BB05 CC03 CC07 DD01  
DD02 DD05 EE01 EE02 EE03 EE04 EE06 EE08 EE14 EE42  
EE43 EE44 FF01 FF02 FF03 FF23 GG05 GG06 GG25 GG28  
GG29 GG42 HK01 HK02 HK03 HK04 HK06 HK32 HK33