



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 102 26 370 A1** 2004.01.08

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **102 26 370.1**
(22) Anmeldetag: **13.06.2002**
(43) Offenlegungstag: **08.01.2004**

(51) Int Cl.7: **H01L 51/00**

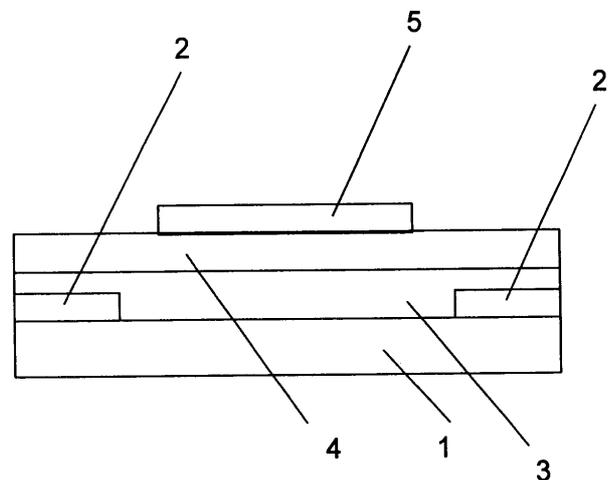
(71) Anmelder:
Siemens AG, 80333 München, DE

(72) Erfinder:
**Clemens, Wolfgang, Dr., 90617 Puschendorf, DE;
Rost, Henning, Dr., 91056 Erlangen, DE**

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Substrat für einen organischen Feld-Effekt Transistor, Verwendung des Substrates, Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und Organischer Feld-Effekt Transistor (OFET)**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Substrat für einen organischen Feld-Effekt-Transistor, eine Verwendung des Substrates, ein Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und einen organischen Feld-Effekt Transistor, auf dem ein organisches Funktionsmaterial in geordneter Form abgeschieden werden kann. Dies wird dadurch erreicht, dass als Untergrund für die Schicht eine geordnete Kunststoffolie eingesetzt wird.



Organischer Feldeffekt Transistor OFET

Beschreibung

[0001] Substrat für einen organischen Feld-Effekt Transistor, Verwendung des Substrates, Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und Organischer Feld-Effekt Transistor (OFET)

[0002] Die Erfindung betrifft ein Substrat für einen organischen Feld-Effekt-Transistor, eine Verwendung des Substrates, ein Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität und einen organischen Feld-Effekt Transistor auf dem ein organisches Funktionsmaterial in geordneter Form abgeschieden werden kann.

[0003] Beim Aufbau von elektrischen Schaltungen, die auf organischen Materialien basieren, wie z. B. bei organischen Dioden, Kondensatoren und insbesondere organischen Feldeffekt-Transistoren (OFETs), werden dünne Schichten eines organischen Funktionsmaterials auf geeigneten Substraten aus Silizium, Glas oder Kunststoff durch verschiedenartige Verfahren, wie Spin-Coating, Rakeln, Aufspritzen, Plotten, Drucken, Aufdampfen, Sputtern etc. aufgebracht. Um für die elektrische Performance günstige Materialeigenschaften wie zum Beispiel hohe elektrische Leitfähigkeit oder auch eine hohe Ladungsträgermobilität zu erhalten, ist es günstig, in dem organischen Funktionsmaterial eine gewisse molekulare Ordnung zu erzeugen.

Stand der Technik

[0004] In der Literatur werden neben einfachen Substraten aus Silizium [Z. Bao et al., Appl. Phys. Lett. 69 (26) (1996) 4108]; Polycarbonat [G.H. Geilink et al., Appl. Phys. Lett. 77 (10) (2000) 1487] oder Polyimid [C.J. Drury et al., Appl. Phys. Lett. 73 (1) (1998) 108]; auch mechanisch vorbehandelte, d.h. gebürstete Polyimid-Substrate beschrieben, die eine geordnete Abscheidung von konjugierten Polymeren als Halbleiter erleichtern und somit zu höheren Feldeffekten in OFETs im Vergleich zu unbehandeltem Polyimid führen [H. Siringhaus et al., Science 290 (2000) 2123]. Die mechanische Vorbehandlung ist aufwendig, d.h. stellt einen zusätzlichen Prozessschritt dar und kann dazu führen, dass die Oberfläche des Substrats angegriffen wird.

[0005] Aus der US 2002041427 ist ein Verfahren zur Herstellung eines kristallinen, optisch nicht-linearen (NLO) Films bekannt, bei der mit Hilfe einer nur zu diesem Zweck aufgetragenen Zwischenschicht (alignment layer) eine geordnete Aufbringung des NLO-Films erleichtert wird.

[0006] Neben diesen Versuchen, eine geordnete Aufbringung eines Funktionsmaterials zu erleichtern und/oder bis zu einem bestimmten Grad zu garantieren, gibt es bislang noch keine Methode, ein Funktionsmaterial geordnet auf das Substrat aufzubringen. Die geordnete Aufbringung eines organischen Funktionsmaterials ist jedoch entscheidend für dessen Ladungsträgerbeweglichkeit. Es besteht daher ständig

der Bedarf, Methoden zur Verfügung zu stellen, mit denen besser geordnete Schichten aus Funktionsmaterial erzeugt werden können.

Aufgabenstellung

[0007] Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein Substrat oder einen Untergrund zu schaffen, der eine geordnete Oberfläche hat, die eine orientierte und geordnete Aufbringung/Abscheidung eines organischen Funktionsmaterials ermöglicht.

[0008] Gegenstand der Erfindung ist ein Substrat und/oder eine untere Schicht eines elektronischen Bauteils, das (die) mit einer organischen Funktionsschicht beschichtet werden soll, wobei das Substrat oder die untere Schicht eine orientierte, gestreckte (geordnete) Kunststoffolie derart umfasst, dass die Ordnung der Kunststoffolie ein Aufbringen des Funktionsmaterials in geordneter Form ermöglicht.

[0009] Als Substrat, Untergrund oder untere Schicht wird hier jede Schicht bezeichnet, die als Träger einer Schicht mit organischem Funktionsmaterial dienen kann. Es kann sich durchaus auch um eine Folie zur Verkapselung handeln, beispielsweise wenn ein OFET in einem Bottom-up Layout aufgebaut wird.

[0010] Der Begriff "organisches Material" oder "Funktionsmaterial" oder "(Funktions-)Polymer" umfasst hier alle Arten von organischen, metallorganischen und/oder organisch-anorganischen Kunststoffen (Hybride), insbesondere die, die im Englischen z.B. mit "plastics" bezeichnet werden. Es handelt sich um a1-le Arten von Stoffen mit Ausnahme der Halbleiter, die die klassischen Dioden bilden (Germanium, Silizium), und der typischen metallischen Leiter. Eine Beschränkung im dogmatischen Sinn auf organisches Material als Kohlenstoff enthaltendes Material ist demnach nicht vorgesehen, vielmehr ist auch an den breiten Einsatz von z.B. Siliconen gedacht. Weiterhin soll der Term keiner Beschränkung im Hinblick auf die Molekülgröße, insbesondere auf polymere und/oder oligomere Materialien unterliegen, sondern es ist durchaus auch der Einsatz von "small molecules" möglich. Der Wortbestandteil "polymer" im Funktionspolymer ist historisch bedingt und enthält insofern keine Aussage über das Vorliegen einer tatsächlich polymeren Verbindung.

[0011] Bevorzugt wird eine axial gestreckte orientierte und/oder zumindest teilkristalline Kunststoffolie, insbesondere eine monoaxial und bevorzugt eine biaxial gestreckte Kunststoffolie eingesetzt. Beispielsweise eignet sich eine Folie aus isotaktischem Polypropylen, Polyamid, Polyethylen, Polyethylenterephthalat, Polyphthalamid, Polyethylen, Polyetherketonketon (PEKK), Polyetheretherketon (PEEK), syndiotaktisches Polystyrol, Polyvinylidendifluorid, Polytetrafluorethylen etc.

[0012] Durch die bereits bei der Herstellung und der nachfolgenden Prozessierung der Polymerfolien erfolgende Streckung werden im Substrat und damit auch auf seiner Oberfläche teilweise hochgeordnete

Kristallite in Form von parallel liegenden Molekülketten bzw. Kettenteilen erzeugt, die es ermöglichen, konjugierte Polymere und auch organische Materialien mit niederem Molekulargewicht (Monomere, Oligomere und/oder „small molecules“) in sowohl leitender und nichtleitender Form als auch in halbleitender und nichthalbleitender Form geordnet abzuscheiden. Das Aufbringen der besagten organischen Funktionsschicht kann dabei aus Lösung (Spin-Coating, Drucken, Plotten, Rakeln etc.) aber auch aus der Gasphase (Aufdampfen, Sputtern etc.) erfolgen. Durch die Orientierung des Substrates dient dieses als sogenanntes „alignment template“ und führt zur Bildung von hochgeordneten Bereichen im abgechiedenen Funktionsmaterial, was zu höheren Leitfähigkeiten und/oder höheren Ladungsträgermobilitäten führt.

[0013] Im folgenden wird die Erfindung noch anhand einer Figur erläutert:

Zu sehen ist das Substrat **1**, vorzugsweise eine biaxial gestreckte Kunststoffolie, beispielsweise eine Folie aus Polyethylenterephthalat (PET) darauf Source und Drain Elektroden **2** (beispielsweise aus leitfähigem Polyanilin (PANI)). Die Halbleiterschicht **3** wird so auf das Substrat aufgebracht, dass sie in direktem Kontakt mit der biaxial gestreckten Kunststoffolie **1** abgeschieden wird. Somit entsteht eine Ordnung innerhalb der Halbleiterschicht, durch die eine besser Beweglichkeit der Ladungsträger erzielt wird. Dazu wird beispielsweise eine Lösung von Poly(3-hexylthiophen) in Chloroform durch Spin-coating auf das Substrat **1** aufgeschleudert, so dass eine 100 nm dünne und homogene Polymerschicht entsteht. Nach einem Trocknungsschritt wird eine elektrisch isolierende Polystyrolschicht **4** als Gatedielektrikum aufgeschleudert.

[0014] Zur Herstellung der Gate-Elektrode **5** wird in einer dem Fachmann geläufigen Methode (Sputtern etc) verfahren.

[0015] Ein derartig auf einem durch Verstreckung vororientiertem Substrat aufgebracht organischer Feldeffekt-Transistor (OFET) zeigt Ladungsträgermobilitäten von $\mu > 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Dieser Wert liegt mehrere Größenordnungen über den Mobilitäten, die in OFETs mit identischem Aufbau, jedoch mit einem nichtorientiertem Substrat (z.B. Silizium oder Siliziumoxid) möglich sind.

[0016] Durch die Erfindung wird es erstmals möglich, mit der Wahl eines geeigneten Substrats die Ladungsträgermobilität in organischen Halbleitern um Größenordnungen zu steigern.

Patentansprüche

1. Substrat und/oder eine untere Schicht eines elektronischen Bauteils, das (die) mit einer organischen Funktionsschicht beschichtet werden soll, wobei das Substrat oder die untere Schicht eine orientierte, gestreckte (geordnete) Kunststoffolie derart umfasst, dass die Ordnung der Kunststoffolie ein

Aufbringen des Funktionsmaterials in geordneter Form ermöglicht.

2. Substrat nach Anspruch 1, wobei die Kunststoffolie zumindest teilkristallin und/oder axial gestreckt ist.

3. Substrat nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die Kunststoffolie mono- oder biaxial gestreckt ist.

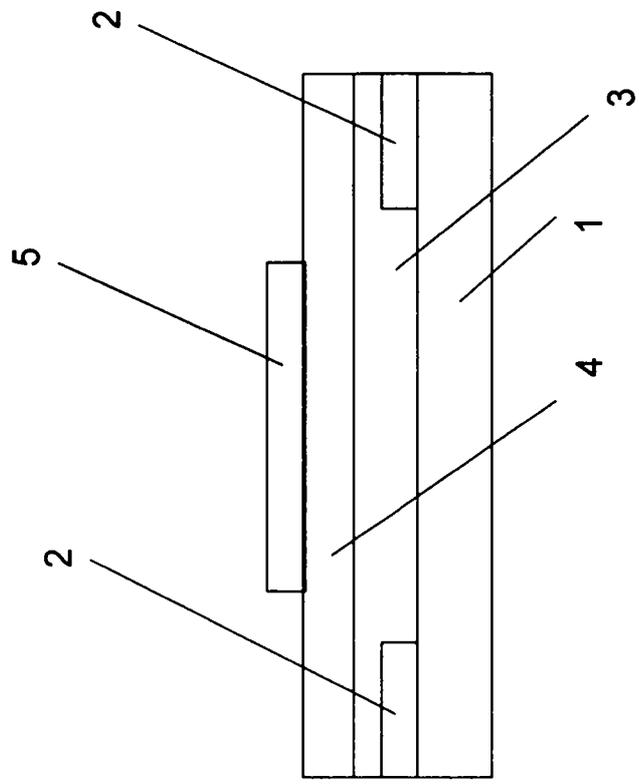
4. Substrat nach einem der vorstehenden Ansprüche, wobei die Kunststoffolie aus isotaktischem Polypropylen, Polyamid, Polyethylen, Polyethylenterephthalat... ist.

5. Verfahren zur Erhöhung der Ladungsträgermobilität einer leitenden oder halbleitenden Schicht aus organischem Material, bei dem die leitende oder halbleitende Schicht auf einem Untergrund mit einer orientierten, gestreckten (geordneten) Kunststoffolie aufgebaut wird.

6. Verwendung eines Substrats und/oder einer unteren Schicht nach einem der Ansprüche 1 bis 4 zur Herstellung eines OFETs.

7. Organischer Feld-Effekt-Transistor (OFET) mit einer halbleitenden Schicht aus organischem Material, die eine Ladungsträgermobilität von $\mu > 10^{-3} \text{ cm}^2/\text{Vs}$ hat.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen



Figur

Organischer Feldeffekt Transistor OFET