

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/022342 A1

**Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

— vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement mit einer Schichtanordnung mit einer Elektrode (20a, 20b) aus einem Elektrodenmaterial, einer organischen Halbleiterschicht (22) aus organischem Material, einer Injektionsschicht (21), welche zwischen der Elektrode und der organischen Halbleiterschicht angeordnet ist und aus einem molekularen Dotierungsmaterial besteht, das ein elektrischer Dotand für das organische Material der organischen Halbleiterschicht ist, und einer Zusatzschicht (25), welche auf der der Elektrode zugewandten Seite der Injektionsschicht an der Injektionsschicht angeordnet ist und aus einem Zusatzmaterial besteht, welches bei Kontakt mit dem molekularen Dotierungsmaterial dessen Dotierungsaffinität bezüglich des organischen Materials der organischen Halbleiterschicht verändert, wobei in der Injektionsschicht ein Schichtbereich mit einer ersten Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials und ein weiterer Schichtbereich mit einer zweiten, im Vergleich zur ersten Dotierungsaffinität kleineren Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials gebildet sind. Des Weiteren betrifft die Erfindung ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauelementes sowie die Verwendung eines Halbleiterelementes.

Halbleiterbauelement

Die Erfindung betrifft ein Halbleiterbauelement.

5 Hintergrund der Erfindung

In Verbindung mit Halbleiterbauelementen ist es bekannt, in einer Schichtanordnung des Bauelementes zwischen einer Elektrode und einer gegenüberliegend gebildeten organischen Halbleiterschicht aus organischem Material eine so genannte Injektionsschicht anzuordnen.
10 Beispielsweise beschreibt das Dokument EP 1 806 795 A1 ein organisches Bauelement mit einer solchen Injektionsschicht, insbesondere für ein lichtemittierendes organisches Bauelement. Es wurde gefunden, dass mittels der Injektionsschicht, die aus molekularen Dotierungsmaterialien besteht, beim Betrieb des Bauelementes eine verbesserte Injektion von Ladungsträgern in die zur Injektionsschicht benachbarte organische Halbleiterschicht erreicht
15 ist.

Bei der Herstellung derartiger Schichtanordnungen für Halbleiterbauelemente kommt es aus prozesstechnischen Gründen vor, dass die Injektionsschicht über einen größeren Flächenbereich gebildet wird, als dies für die Optimierung der Ladungsträgerinjektion notwendig ist.
20 Der Einfluss der Injektionsschicht ist dann unter Umständen in bestimmten Bereichen, die jedoch mit der Schicht bedeckt sind, gar nicht gewünscht. Beispielhaft zeigt Fig. 1 eine schematische Darstellung eines organischen Feldeffekttransistors, bei dem die Elektroden Drain und Source 1, 2 auf einer Strukturierte Injektionsschicht aus einem molekularen Dotierungsmaterial gebildet sind. Die Injektionsschicht 3 ist ihrerseits auf einem Stapel mit einer Kanalschicht 4 und einer Isolatorschicht 5 angeordnet, wobei Letztere an die weitere Elektrode Gate
25 6 koppelt. Die Strukturierung der Injektionsschicht 3 ist unter Umständen sehr aufwendig. Die die Ladungsträgerinjektion optimierende Wirkung der Injektionsschicht 3 ist in Bereichen unterhalb der Elektroden Source and Drain 1, 2 gewünscht. In einem Zwischenbereich 7 hingegen, wo die Injektionsschicht 3 im Fall einer nicht strukturierten Ausführung ebenfalls ausgebildet sein würde, ist die Wirkung auf die Kanalschicht 4 nicht gewünscht. Deswegen wird
30 die Injektionsschicht 3 meistens nur strukturiert hergestellt.

Es besteht deshalb Bedarf an Technologien die Nutzung von Injektionsschichten in Halbleiterbauelementen zu verbessern.

5 Aus dem Dokument DE 10 2008 036 062 A1 ist ein organischer Feldeffekt-Transistor bekannt. In einer Ausgestaltung verfügt der Feldeffekt-Transistor über eine Schichtanordnung mit einer aktiven Schicht, auf der eine Teilschicht aus einem Matrixmaterial angeordnet ist, sodass die aktive Schicht bereichsweise von der Teilschicht bedeckt ist. Die Teilschicht selbst ist dann von einer Ladungsträger-Injektionsschicht überdeckt, die außerhalb des Bereiches der Teilschicht in direktem Kontakt mit der aktiven Schicht ist. Auf die Ladungsträger-
10 Injektionsschicht sind Elektroden des Transistors aufgebracht.

Zusammenfassung der Erfindung

Aufgabe der Erfindung ist es, ein verbessertes Halbleiterbauelement sowie ein Verfahren zum
15 Herstellen zu schaffen, bei denen die Einsatzmöglichkeiten für Injektionsschichten und deren anwendungsspezifische Ausbildung optimiert sind.

Diese Aufgabe wird erfindungsgemäß durch ein Halbleiterbauelement nach dem unabhängigen Anspruch 1 sowie ein Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauelementes nach dem
20 unabhängigen Anspruch 10 gelöst. Weiterhin ist die Verwendung des Halbleiterbauelementes nach dem unabhängigen Anspruch 12 vorgesehen. Weiterhin ist ein Inverter gemäß Anspruch 13 vorgesehen. Vorteilhafte Ausgestaltungen der Erfindung sind Gegenstand von abhängigen Unteransprüchen.

25 Mit der Erfindung ist die Möglichkeit geschaffen, in der vorgesehenen Injektionsschicht aus molekularem Dotierungsmaterial eine Art Strukturierung auszubilden, so dass Bereiche mit einer ersten Dotierungsaffinität und Bereiche mit einer zweiten Dotierungsaffinität hergestellt sind, wobei die zweite Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials der Zusatzschicht bezüglich des organischen Materials der hierzu benachbarten organischen Halbleiter-
30 schicht geringer als die erste Dotierungsaffinität ist. Bei dem molekularen Dotierungsmaterial kann es sich um ein organisches oder anorganisches Dotierungsmaterial handeln.

Die Erfindung hat den Vorteil, dass eine laterale Leitfähigkeit, die durch die Injektionsschicht bereitgestellt ist, gemindert wird, weil eine Grenzflächendotierung gemindert wird. Somit wird auch ein Übersprechen (Crosstalking) vermieden. Beim bekannten Bauelement in Fig. 1 würde die Injektionsschicht im mittleren Bereich chemisch deaktiviert, und damit würde die lokale Leitfähigkeit unterbunden.

Besonders vorteilhafte Ergebnisse werden mit undotierten Halbleiterschichten erreicht. Die vorgeschlagene Technologie ist insbesondere effizient einsetzbar in sehr kompakten Geometrien, wo der Lateralabstand zwischen Elektroden kleiner als 50 μm , bevorzugt kleiner als 10 μm ist.

Die Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bildet ein Maß dafür, in welchem Umfang das in dem jeweiligen Bereich der Injektionsschicht befindliche molekulare Dotierungsmaterial tatsächlich eine elektrische Dotierung (oder Injektionsverbesserung) des organischen Materials in hierzu benachbarten Bereichen der organischen Halbleiterschicht bewirkt. Die Dotierungsaffinität ist proportional zur räumlichen Dichte freier Dotanden in dem Material. Die elektrische Dotierung beruht auf einem teilweisen Ladungsübertrag zwischen Dotierungsmaterial und organischem Material der organischen Halbleiterschicht, wobei Letzteres hierbei das sogenannte Matrixmaterial bildet.

Die Injektionsschicht dient allgemein der Verbesserung der Injektion von Ladungsträgern in dem Bauteil. Der Grenzfläche zwischen Injektionsschicht und darunter liegender organischer Halbleiterschicht ist vorzugsweise durchgehend gebildet, insbesondere nicht unterbrochen von der Zusatzschicht, die ihrerseits oberhalb der Injektionsschicht angeordnet ist, also auf der Seite der Injektionsschicht, die von der organischen Halbleiterschicht angewandt und der Elektrode oder den Elektroden zugewandt ist. Insoweit ist die Zusatzschicht dann frei von direktem Kontakt mit der organischen Halbleiterschicht. Das Material wirkt indirekt (hemmend) auf den elektrischen Dotierungseffekt des Materials der Injektionsschicht in die organische Halbleiterschicht hinein.

Die vorgeschlagene Technologie verbessert das Bauteil dahingehend, dass der Dotierungseffekt nicht unbeabsichtigt aufgrund einer ungewünschten Dotierung oder einer ungewünschter

Diffusion stattfindet. In den Schichtbereichen der Injektionsschicht mit der ersten Dotierungsaffinität kann das molekulare Dotierungsmaterial der Injektionsschicht seine elektrische Injektionsverbesserung zwischen Elektrode und benachbarten organischen Halbleiterschicht ohne Beeinflussung durch eine Wirkung des Zusatzmaterials aus der Zusatzschicht entfalten.

- 5 Demgegenüber hemmt das Zusatzmaterial aus der Zusatzschicht in den weiteren Schichtbereichen, die benachbart zu den Grenzflächenbereichen zwischen der Zusatzschicht und der Injektionsschicht gebildet sind, die Wirkung des molekularen Dotierungsmaterials aus der Injektionsschicht für eine ungewünschte elektrische Dotierung des benachbarten organischen Materials in der organischen Halbleiterschicht. Dieses kann bis zur vollständigen Hemmung
10 (Neutralisierung) einer elektrischen Dotierungswirkung zumindest in Teilen dieser weiteren Schichtbereiche führen.

- Es ist auf diese Weise ermöglicht, in der Injektionsschicht Schichtbereiche mit unterschiedlicher Dotierungswirkung für das Material der benachbarten organischen Halbleiterschicht aus-
15 zubilden. Im Fall des organischen Feldeffekttransistors bedeutet dies beispielsweise, dass in einem Bereich der Injektionsschicht zwischen benachbarten Elektroden des Transistors ein elektrischer Dotierungseffekt des Materials der Injektionsschicht für die benachbarte Kanalschicht gemindert oder ganz neutralisiert werden kann.

- 20 Ein Maß für die ungewünschte elektrische Dotierungswirkung des molekularen Dotierungsmaterials aus der Injektionsschicht in den Bereichen mit der kleineren Dotierungsaffinität bezüglich des Materials der benachbarten organischen Halbleiterschicht ist beispielsweise der Umfang, in welchem Moleküle des molekularen Dotierungsmaterials in die benachbarte organische Halbleiterschicht hinein eindringt so dass dort lokal eine elektrische Dotierung der
25 Moleküle des organischen Materials der organischen Halbleiterschicht stattfinden kann. Diese Durchmischungsaffinität wird mit Hilfe des Materials der Zusatzschicht gehemmt oder ganz unterbunden. Experimentell können Materialkombinationen und Schichtdickenvariationen ohne Weiteres bestimmt werden, um die Beeinflussung der Dotierungsaffinität zu bestimmen. Hierzu bedarf es lediglich des schichtweisen Auftrags entsprechender Schichten aus den zu
30 untersuchenden Materialien, um dann den Stromfluss bei angelegter Spannung für verschiedene Schichtaufbauten zu vergleichen.

Molekulare Dotierungsmaterialien für die Injektionsschicht sind molekulare Substanzen, die zum Bilden von Schichten mittels Vakuumverdampfung ohne Zersetzung als Schicht (Festkörper) abscheidbar sind. Es handelt sich um organische oder anorganische Substanzen, deren Moleküle mindestens sechs Atome umfassen, vorzugsweise mehr als 20 Atome. Bevorzugt sind kovalente Verbindungen.

Eine Fortbildung der Erfindung sieht vor, dass

- die Injektionsschicht in Kontakt mit der Elektrode und der organischen Halbleiterschicht gebildet ist, so dass zwischen der Elektrode und der Injektionsschicht ein erster Grenzflächenbereich gebildet ist,
- die Zusatzschicht auf der der Elektrode zugewandten Seite der Injektionsschicht an der Injektionsschicht angeordnet ist, so dass zwischen der Zusatzschicht und der Injektionsschicht ein zweiter Grenzflächenbereich gebildet ist, und
- in der Injektionsschicht der Schichtbereich gegenüber dem ersten Grenzflächenbereich und der weitere Schichtbereich gegenüber dem zweiten Grenzflächenbereich gebildet sind.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass das molekulare Dotierungsmaterial ein Molekulargewicht von wenigstens 300g/mol aufweist.

Bei einer zweckmäßigen Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass der erste Grenzflächenbereich und der zweite Grenzflächenbereich benachbart zueinander gebildet sind. In einer Ausführungsform kann hierbei ein im Wesentlichen stetiger Übergang zwischen den Grenzflächenbereichen gebildet sein.

Eine vorteilhafte Ausführungsform der Erfindung sieht vor, dass für das organische Material der organischen Halbleiterschicht das molekulare Dotierungsmaterial der Injektionsschicht ein elektrischer p-Dotand und das Zusatzmaterial der Zusatzschicht ein elektrischer n-Dotand sind, oder umgekehrt. Da p-Dotanden starke Akzeptoren und n-Dotanden starke Donatoren sind, reagieren beide miteinander, so dass eine Art Salz erzeugt wird, welches nicht mehr die zuvor bestehende Dotierungsaffinität aufweist und im Übrigen elektrisch nicht leitet. Elektrisch nicht leitend bedeutet im hier verwendeten Sinne, dass das Salz unter üblichen Betriebsbedingungen die Funktion der organischen Bauelementen nicht beeinträchtigt, insbesondere

gibt es kein Übersprechen zwischen benachbarten Leitungen, die einen organischen Bereich angrenzen („Crosstalking“), und / oder der Sperrstrom eines Transistors ist sehr gering.

- 5 Bevorzugt sieht eine Fortbildung der Erfindung vor, dass das Zusatzmaterial ein die Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials mittels einer chemischen Reaktion zwischen dem Zusatzmaterial und dem molekularen Dotierungsmaterial minderndes Material enthält. Das molekulare Dotierungsmaterial und das Zusatzmaterial aus der Zusatzschicht reagieren hierbei chemisch miteinander, so dass ein oder mehrere neue chemische Verbindungen entstehen, welche nicht mehr die Dotierstärke und /
- 10 oder die elektrische Leitfähigkeit des ursprünglichen molekularen Dotierungsmaterials aus der Injektionsschicht aufweisen. Bei dieser und anderen Ausführungsformen wirkt das Zusatzmaterial als eine Art Neutralisierungs- oder Kompensierungsmaterial bezüglich der Dotierstärke des molekularen Dotierungsmaterials in der Injektionsschicht.
- 15 Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung der Erfindung kann vorgesehen sein, dass das Zusatzmaterial ein die Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials mittels einer Salzbildung zwischen dem Zusatzmaterial und dem molekularen Dotierungsmaterial minderndes Material enthält.
- 20 Eine Weiterbildung der Erfindung kann vorsehen, dass die Zusatzschicht die Elektrode auf einer von der Injektionsschicht abgewandten Seite der Elektrode wenigstens teilweise bedeckt. Die die Elektrode bedeckende Zusatzschicht kann durchgehend gebildet sein. Es kann vorgesehen sein, dass die Elektrode durch die Zusatzschicht vollständig bedeckt ist. Bei der Herstellung der Schichtanordnung unter Verwendung der Schattenmaskentechnologie haben
- 25 diese Ausführungsformen den Vorteil, dass eine exakte Positionierung der jeweiligen Schattenmaske hinsichtlich der Elektrode und / oder anderer Schichtbereiche nicht notwendig ist. Der Herstellungsprozess wird vereinfacht. Auch roll-to-roll (R2R) Verfahren werden somit vereinfacht. Im Stand der Technik werden Metall und organische Schichten in sehr definierten Stellen hergestellt, zum Beispiel mit verschiedenen Masken. Bei dem hier vorgeschlagenen
- 30 Verfahren kann eine Maske eingespart werden.

Eine bevorzugte Weiterbildung der Erfindung sieht vor, dass die Zusatzschicht zwischen der Elektrode und zumindest einer weiteren Elektrode gebildet ist. Eine derartige Elektrodenanordnung kann beispielsweise bei einem organischen Feldeffekttransistor vorgesehen sein.

- 5 Vorzugsweise ist die laterale Dimension (parallel zur Kanalbreite) der Zusatzschicht größer als die Kanal-Breite in dem Bauteil, also der Abmessung zwischen den beiden Elektroden, so dass die Zusatzschicht über die Elektroden übersteht.

- 10 Vorzugsweise ist die Halbleiterschicht undotiert (elektrisch nicht dotiert) gebildet. Hinsichtlich des Verfahrens zum Herstellen eines Halbleiterbauelementes wird bevorzugt, dass die Halbleiterschicht aus einem undotierten Halbleitermaterial gebildet wird.

- 15 Es wird auch bevorzugt, dass das Dotierungsmaterial und das Material der Zusatzschicht nicht metallisch (außer Metallverbindungen, die keine Metalle freisetzen) sind bzw. keine freie Metallatome oder Metallcluster enthalten, wodurch insbesondere eine ungewünschte elektrische Leitfähigkeit vermieden ist. Weiter bevorzugt wird dass das Dotierungsmaterial und das Material der Zusatzschicht metallfrei sind.

- 20 Hinsichtlich des Verfahrens zum Herstellen eines Halbleiterbauelementes bestehen die in Verbindung mit dem Halbleiterbauelement beschriebenen Ausgestaltungsmöglichkeiten und die hiermit verbundenen Vorteile entsprechend.

Beschreibung bevorzugter Ausführungsbeispiele der Erfindung

- 25 Die Erfindung wird im Folgenden anhand von bevorzugten Ausführungsbeispielen unter Bezugnahme auf Figuren einer Zeichnung näher erläutert. Hierbei zeigen:

Fig. 1 eine schematische Darstellung eines Feldeffekttransistors nach dem Stand der Technik,

- 30 Fig. 2 eine schematische Darstellung eines Feldeffekttransistors, bei dem in einem Bereich zwischen Source- und Drainelektrode eine Zusatzschicht auf einer Injektionsschicht aufgebracht ist,

Fig. 3 eine schematische Teildarstellung eines Halbleiterbauelementes mit einer Injektions- und einer Zusatzschicht,

Fig. 4a eine schematische Darstellung einer Transistoranordnung,

Fig. 4b eine schematische Schnittdarstellung der Transistoranordnung in Fig. 4a entlang einer Linie AA',

Fig. 5a eine schematische Darstellung einer weiteren Transistoranordnung,

Fig. 5b eine schematische Schnittdarstellung der weiteren Transistoranordnung in Fig. 5a entlang einer Linie AA',

Fig. 6a eine schematische Darstellung einer anderen Transistoranordnung, und

Fig. 6b eine schematische Schnittdarstellung der anderen Transistoranordnung aus Fig. 6a.

Fig. 2 zeigt eine schematische Darstellung eines organischen Feldeffekttransistors mit einer Source- und einer Drain-Elektrode 20a, 20b, die beide auf einer Injektionsschicht 21 hergestellt sind. Die Injektionsschicht 21 besteht aus einem molekularen Dotierungsmaterial, welches einen elektrischen Dotanden für das organische Material einer benachbarten Kanalschicht 22 bildet. Die organische Kanalschicht 22 ist ihrerseits auf einer Isolierschicht 23 (eine dielektrische Schicht, auch Gate-Isolatorschicht genannt) gebildet, an welcher auf der Unterseite eine Gate-Elektrode 20c angeschlossen ist.

In alle Figuren ist die Gate-Elektrode kleiner als die Kanalbreite gezeigt, um die Darstellung zu vereinfachen. In der Realität ist die Gate-Elektrode bevorzugt größer als die Kanalbreite.

In einem Bereich 24 zwischen der Source- und der Drain-Elektrode 20a, 20b ist eine Zusatzschicht 25 aus einem Zusatzmaterial (Kompensationsmaterial) aufgebracht, bei dem es sich um ein komplementäres Material zum molekularen Dotierungsmaterial der Injektionsschicht 21 handelt.

Zwischen der Source- und der Drain-Elektrode 20a, 20b einerseits und der Injektionsschicht 21 andererseits sind erste Grenzflächenbereiche 26 gebildet. Zwischen der Zusatzschicht 25 und der Injektionsschicht 21 ist ein zweiter Grenzflächenbereich 27 gebildet. Aufgrund der neutralisierenden oder kompensierenden Wirkung des Zusatzmaterials der Zusatzschicht 25 bezüglich der Dotierstärke des molekularen Dotierungsmaterials in der Injektionsschicht 21

entstehen Schichtbereiche 28 sowie ein weiterer Schichtbereich 29, die sich hinsichtlich ihrer elektrischen Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials der Kanalschicht 22 unterscheiden. Während in den Schichtbereichen 28 das molekulare Dotierungsmaterial seine elektrische Wirkung als Injektionsschicht ohne Hemmung durch das Zusatzmaterial in der Zusatzschicht 25 entfalten kann, ist diese elektrische Dotierungswirkung in dem weiteren Schichtbereich 29 gehemmt oder sogar vollständig neutralisiert. Im weiteren Schichtbereich 29 ist die Injektionsschicht 21 im Wesentlichen auch nicht elektrisch leitend.

- 10 In einer Ausgestaltung der Erfindung umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:
- Herstellen der Injektionsschicht 21,
 - Herstellen der Elektrode in Kontakt zu der Injektionsschicht 21, wobei die Elektrode die Injektionsschicht 21 teilweise deckt und
 - Herstellen der Zusatzschicht 25, die mindestens auf die von der Elektrode nicht gedeckten
- 15 Bereiche der Injektionsschicht 21 in Berührungskontakt aufgebracht wird

Fig. 3 zeigt eine schematische Darstellung eines Halbleiterbauelementes, bei dem auf einer organischen Halbleiterschicht 30 aus organischem Material eine Injektionsschicht 31 aus einem molekularen Dotierungsmaterial angeordnet ist. Auf der Injektionsschicht 31 sind eine Elektrode 32 sowie eine Zusatzschicht 33 abgeschieden. Es entstehen so ein erster Grenzflächenbereich 34, welcher den ersten Grenzflächenbereichen 26 in Fig. 2 vergleichbar ist, sowie zweite Grenzflächenbereiche 35, die dem zweiten Grenzflächenbereich 27 in Fig. 2 vergleichbar sind. Das Zusammenwirken von Zusatzschicht 33 und Injektionsschicht 31 entspricht den oben in Fig. 2 gemachten Ausführungen.

25 Die Verwendung der Inverter, die in den Fig. 4 bis 6 beschrieben werden, und andere Gatter, die mit der Erfindung hergestellt werden können, ermöglicht die Herstellung von stromeffizienten organischen Schaltkreise.

30 Fig. 4a zeigt eine schematische Darstellung einer Transistoranordnung mit zwei organischen Dünnschichttransistor (TFT - *thin-film transistor*), die zusammen einen Inverter (Nicht-Gatter) bilden. Ein Eingang 40 ist mit Gate-Elektroden 41, 42 der beiden Transistoren ver-

bunden, die als p-Kanal Transistor (oberer Transistor in Fig. 4a) und n-Kanal Transistor (unterer Transistor in Fig. 4a) gebildet sind. Unterhalb der Gate-Elektroden 41, 42 und über der Elektroden 45, 46, 47, 48 ist eine jeweilige Zusatzschicht 43, 44 gebildet, die mit Drain-Elektroden 45, 46 sowie Source-Elektroden 47, 48 der beiden Transistoren überlappt. Die Source-Elektrode 47 des einen Transistors sowie die Drain-Elektrode 46 des anderen Transistors sind mit einem Ausgang 49 verbunden. Weiterhin ist eine Gate-Isolatorschicht 50 vorgesehen. Die Transistoranordnung ist auf einem Halbleiter 51 gebildet. Bevorzugt wird ein ambipolares Halbleitermaterial verwendet, wobei die Ladungsträgerbeweglichkeiten μ_h und μ_e um weniger als zwei Größenordnungen abweichen. Alternativ zu der Fig. 4a können die Gate-Elektrode 41 und die Gate-Isolatorschicht 50 unterhalb der Halbleiterschicht 50 gebildet sein. Das Substrat ist in den Figuren nicht gezeigt, es kann z.B. Glass oder Plastik sein. Die Gate-Isolatorschicht 50 kann auch als Substrat dienen.

Fig. 4b zeigt eine schematische Schnittdarstellung der Transistoranordnung auf Fig. 4a entlang einer Linie AA'. Aus Fig. 4b ergibt sich insbesondere, dass unterhalb der Gate-Isolatorschicht 50 eine Injektionsschicht 52 gebildet ist, die randseitig mit der Source-Elektrode 48 sowie der Drain-Elektrode 46 überlappt.

Fig. 5a zeigt eine schematische Darstellung einer weiteren Transistoranordnung mit zwei organischen Dünnschichttransistoren, die als n- und p-Kanaltransistor ausgeführt sind. Ein Eingang 60 ist mit der jeweiligen Gate-Elektrode 61, 62 der beiden Transistoren verbunden. Eine Gate-Isolatorschicht 63 überlappt mit den beiden Gate-Elektroden 61, 62. Die beiden Transistoren, von denen der Transistor auf der linken Seite in Fig. 5a als p-Kanaltransistor und der Transistor auf der rechten Seite in Fig. 5a als n-Kanaltransistor ausgeführt ist, verfügen weiterhin jeweils über eine Drain-Elektrode 64, 65 sowie eine Source-Elektrode 66, 67. Bevorzugt wird ein ambipolares Halbleitermaterial verwendet, wobei μ_h und μ_e um weniger als zwei Größenordnungen abweichen. Alternativ zu der Fig. 5a können die Gate-Elektroden 61, 62 und die Gate-Isolatorschicht 63 unterhalb der Halbleiterschicht 70 gebildet sein.

Gemäß Fig. 5a sind weiterhin zwei Injektionsschichten 68, 69 gebildet. Die Transistoranordnung ist auf einem Halbleiter 70 angeordnet, auf dem ein Ausgang 71 gebildet ist, welcher mit der Source-Elektrode 66 sowie der Drain-Elektrode 65 verbunden ist.

Fig. 5b zeigt eine schematische Schnittdarstellung der weiteren Transistoranordnung aus Fig. 5a entlang einer Linie AA'. Aus Fig. 5b ergeben sich ergänzend zwei Zusatzschichten 72, 73.

- 5 Fig. 6a zeigt eine schematische Darstellung einer anderen Transistoranordnung mit zwei Transistoren, die als organische Dünnschichttransistoren in n- und p-Kanal-Ausführung gebildet sind. Die andere Transistoranordnung ist auf einem Halbleitersubstrat 80 angeordnet. Es sind ein Eingang 81 sowie ein Ausgang 82 vorgesehen. Der Eingang 81 ist mit Gate-Elektroden 83, 84 der beiden Transistoren verbunden. Vergleichbar den oben beschriebenen
- 10 Transistoranordnungen sind Injektionsschichten 85, 86 sowie Zusatzschichten 87, 88 vorgesehen. Gebildet sind weiterhin eine Drain-Elektrode 89 des oberen Transistors in Fig. 6a sowie eine Source-Elektrode 90 des unteren Transistors in Fig. 6a. Bevorzugt wird ein ambipolares Halbleitermaterial verwendet, wobei μ_h und μ_e um weniger als zwei Größenordnungen voneinander abweichen. Alternativ zu der Fig. 6a können die Gate-Elektroden 83, 84 und
- 15 die Gate-Isolatorschicht 91 unterhalb der Halbleiterschicht 80 gebildet sein.

Fig. 6b zeigt eine schematische Schnittdarstellung der anderen Transistoranordnung aus Fig. 6a. Aus Fig. 6b ergeben sich dann noch eine Gate-Isolatorschicht 91 sowie eine Gate-Elektrode 92, die mit dem Eingang 81 verbunden ist.

20

- Unabhängig von den beschriebenen Ausführungsformen für Transistoranordnungen können in den einzelnen Ausgestaltungen eines oder mehrere der folgenden Merkmale implementiert sein. Die Gate-Elektroden können oben oder unten an der Anordnung hergestellt sein. Die Gate-Elektrode kann mit dem Kanal des jeweiligen Transistors und den Drain- / Source-
- 25 Elektroden überlappen. Der Abstand zwischen den Drain- / Source-Elektroden beträgt vorzugsweise weniger als 10 μm , weiter bevorzugt weniger als 5 μm . Typischerweise ist der Elektrodenabstand kleiner als der Abstand zwischen benachbarten Bauelementen in der Anordnung.

- 30 Die Injektionsschicht 21 sollte aus ein Dotierungsmaterial sein, welches ein Dotand für die Halbleiterschicht ist. Ansonsten ist die Injektion nicht vollständig wirkungsvoll. Zwischen der Halbleiterschicht und der Elektrode gib es nur die Injektionsschicht und keine weitere

Schicht. Hierbei ist die Elektrode eine leitfähige Schicht, zum Beispiel ein entartetes System wie Metall, Metalllegierung, ITO oder dergleichen. Der Dotand ist ein elektrischer Dotand, welcher die freie Ladungsträgerdichte und die Lage des Fermi-Niveau verändert. Vorzugsweise reagiert er nicht chemisch mit der Matrix der Halbleiterschicht.

5

Im Fall, dass die Injektionsschicht aus ein n-Dotand besteht und die Zusatzschicht ein p-Dotand enthält (oder bevorzugt daraus entsteht), wird bevorzugt dass das LUMO des p-Dotanden niedriger (mehr negativ) als das LUMO der Halbleiterschicht ist, bevorzugt mehr als 1eV niedriger. Im Fall das die Injektionsschicht aus ein p-Dotand besteht, und die Zusatz-

10 schicht ein n-Dotand enthält (oder bevorzugt daraus entsteht), wird bevorzugt dass das HOMO des n-Dotanden größer (mehr positiv) als das HOMO der Halbleiterschicht ist, bevorzugt mehr als 1eV größer. In beide Fälle wird bevorzugt dass die Energiedifferenz zwischen HOMO_n-dotand und LUMO_p-dotand größer als das Gap von der Halbleiterschicht ist, bevorzugt größer als 2 eV.

15

Dotierungsmaterialien können zum Beispiel die folgenden Verbindungen sein: p-Dotanden in DE 103 57 044 (entsprechend US 2005/121667), US 2008/265216, EP 2 180 029 A1; n-Dotanden in DE 103 47 856 (entsprechend WO 05/036667), DE 10 2004 010 954 (entsprechend WO 05/086251) oder Vorläuferverbindung wie zum Beispiel in DE 103 07 125 (entsprechend US 2005/040390) oder DE10338406 (entsprechend US 2005/061232) beschrieben.

20 Der jeweilige Gegenstand aus den vorgenannten Dokumenten wird mittels Bezugnahme aufgenommen.

25

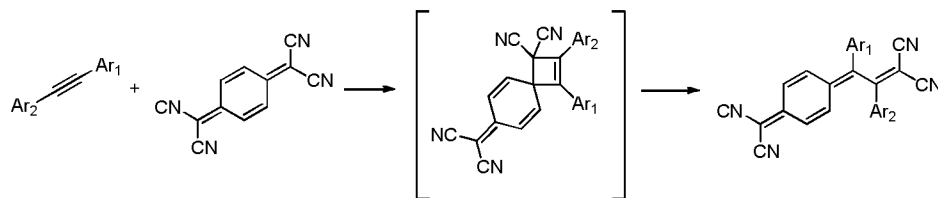
In vielen Fällen ist es vorteilhaft, wenn für eine p-Dotierung (n-Dotierung) das LUMO eines p-Dotanden (HOMO des n-Dotanden) maximal 0.5 eV größer (maximal 0.5 eV kleiner) ist als das HOMO (LUMO) einer p-Typ- (n-Typ-) Matrix. Gleichfalls ist es vorteilhaft, wenn für eine n-Dotierung das HOMO eines n-Dotanden maximal 0.5 eV kleiner ist als das LUMO einer n-Typ- Matrix. Hierbei werden der Konvention entsprechend die Größen HOMO bzw. LUMO als betragsmäßig gleich den Ionisationspotentials bzw. Elektronenaffinität angesehen,

30 jedoch die Elektronenaffinität mit entgegen gesetztem Vorzeichen.

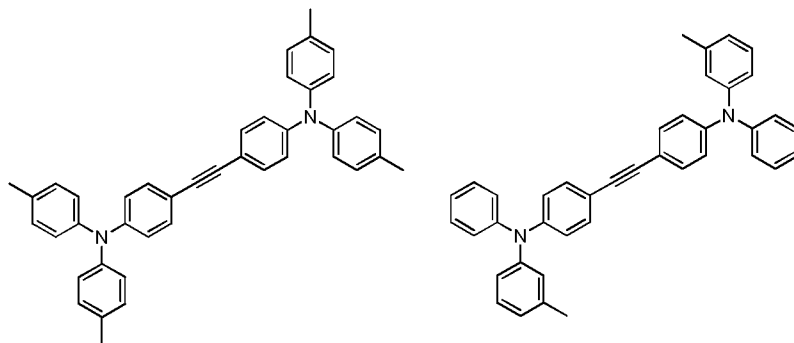
Zusatzmaterialien können elektronenreiche Tolane sein, welche in einer [2+2] Cycloaddition und anschließender Retro-Elektrocyclisierung mit p-Dotanden reagieren (zum Beispiel zu Tetracyanobutadienen). Die verwendeten Tolane können unsubstituiert oder substituiert sein, wobei Ar1 bzw. Ar2 verschiedene Triarylamine sein können.

5

Beispiel – Reaktionsmechanismus



Beispiele der Zusatzmaterialien sind die folgenden Verbindungen:



10

Es wurde festgestellt, dass Zusatzmaterialien mit einer Alkin-Einheit oder mehr ($C\equiv C$) mit p-Dotierungsmaterialien im Festkörperzustand miteinander chemisch reagieren und dass das Produkt der Reaktion kein starker Dotand ist. Für die Verwendung solcher Materialien wird es bevorzugt, dass die entsprechenden Tolane auch gering volatil sind und im Vakuum prozessierbar, d.h. die Materialien sollten eine Verdampfungstemperatur im Vakuum aufweisen, die mindesten 85°C, bevorzugt > 100 °C ist.

15

Es wird bevorzugt, dass Zusatzmaterialien ein Carbocyclus enthält, weiter bevorzugt, dass das mindestens ein Carbozyklus Teils eines konjugiertes System ist; somit wird sichergestellt dass das Produkt der Reaktion keinen starken Dotanden darstellt (Produkt ist schwächer als Ausgangsdotierungsmaterial der Injektionsschicht).

20

Bevorzugt ist, wenn das Material der Injektionsschicht vollständig neutralisiert wird. Deshalb ist es bevorzugt, dass mehr Molekülen pro Fläche in der Zusatzschicht vorhanden sind.

Die Anzahl der Molekülen (N) in einem Volumen (V) kann mit der bekannten Dichte (p) und der molekulare Masse (m_w) bestimmt werden (wobei N_A die Avogadro-Konstante darstellt).

$$N = \frac{p V}{N_A m_w}$$

- 5 Weil die Oberfläche in dem Reaktionsbereich dieselbe ist, ist die Gleichung nur von der Schichtdicke abhängig. Somit kann die Anzahl der Moleküle für beide Schichten aus den folgenden Gleichungen berechnet werden:

$$N_{AL} = \frac{p_{AL}}{m_{w_{AL}}} \frac{d_{AL}}{N_A}$$

$$N_{IL} = \frac{p_{IL}}{m_{w_{IL}}} \frac{d_{IL}}{N_A}$$

- 10 wobei IL der Index für die Injektionsschicht und AL der Index für die Zusatzschicht ist.

$$N_{AL} \geq N_{IL}$$

Hierbei ist die untere Grenze bei etwa 0.5:

$$N_{AL} \geq 0.5 N_{IL}$$

Bevorzugt ist ein leichter, aber begrenzter Überschuss von AL:

- 15 $N_{AL} \leq 1.5 N_{IL}$

Um die Reaktion zu vervollständigen, muss die Grenzfläche zwischen den beiden Materialien groß sein, was nur durch sehr dünne Schichtdicken erreicht werden kann. Bevorzugt ist, dass die nominelle Schichtdicke der Injektionsschicht höchstens 5 nm, weiter bevorzugt höchstens 1,5 nm beträgt.

20

Die Schichtdicke ist eine nominelle Schichtdicke. Diese wird berechnet aus der Masse, die auf eine bekannte Flächengröße abgeschieden wird. Dazu wird die Dichte des Materials benutzt. Zum Beispiel mittels VTE Herstellung ist die Schichtdicke, die die am Schichtdickenmonitor angezeigt wird. Falls die Schichtdicke direkt gemessen wird, z.B. mit einem Profilometer, kann es vorkommen, dass die Schichtdicke schwer zu messen ist. Falls die Schichten sehr rau sind, ist ggf. ein Mittelwert zu verwenden.

25

Nachfolgend werden Ausführungsbeispiele für Transistoren beschrieben.

Beispiel 1 - Transistor ohne Injektionsschicht (Stand der Technik)

- 5 Ein Transistor wurde wie folgt hergestellt: ein Substrat mit einer ITO Gate-Elektrode wurde mit einer 800 nm Dicke PMMA Schicht beschichtet. Die PMMA Schicht wurde durch Spin-coating aus einer THF Lösung hergestellt. Hier könnten auch andere gewöhnliche Gate-Elektroden und Gate-Isolators eingesetzt werden. Auf der PMMA Schicht wurde eine 50 nm Dicke Pentacene Halbleiterschicht hergestellt. Auf der Halbleiterschicht wurden die Au Elekt-
- 10 roden hergestellt, so dass der Kanal eine Breite von 100 μm und eine Länge von 1 cm hatte.

Bei dem Transistor wurden ein Sperrstrom von $3,8\text{E-}11$ und ein An/Aus-Verhältnis bei 60V von $1.66\text{E}4$ gemessen. Die berechnete Beweglichkeit ergibt sich zu $0,003 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

15 Beispiel 2 - Transistor mit Injektionsschicht

- Ein Transistor wurde nach Beispiel 1 hergestellt wobei eine 0,5 nm Dicke Injektionsschicht aus dicyano-2,3,5,6,7,8-hexaluoro-1,4-naphthoquinonediimine auf der Halbleiterschicht und unter den Elektroden verwendet wurde. Bei dem Transistor wurden ein erhöhter Sperrstrom von $2,2\text{E-}10$ und ein erhöhtes An/Aus-Verhältnis bei 60V von $6.63\text{E}4$ gemessen. Die berech-
- 20 nete Beweglichkeit ergab sich zu $0,07 \text{ cm}^2/\text{Vs}$. Sehr Ähnliche Ergebnisse wurden mit einer Injektionsschicht aus 2,2'-(perfluoronaphthalene-2,6-diylidene)dimalononitrile erhalten.

Beispiel 3 - Transistor mit Injektionsschicht und Zusatzschicht

- Ein Transistor wurde nach Beispiel 2 hergestellt, wobei eine 0,5 nm dicke Zusatzschicht aus
- 25 Tetrakis(1,3,4,6,7,8-hexahydro-2H-pyrimido[1,2-a]pyrimidiato)ditungsten auf der Halbleiterschicht und auf den Elektroden verwendet wurde. Bei dem Transistor wurden ein geminderter Sperrstrom von $1\text{E-}10$ und ein erhöhtes An/Aus-Verhältnis bei 60V von $1.3\text{E}5$ gemessen. Die berechnete Beweglichkeit war $0,06 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

Beispiel 4

Beispiel 3 wurde mit einer 1 nm dicke Injektionsschicht wiederholt. Bei dem Transistor wurden ein Sperrstrom von $2.5E-10$ und ein An/Aus Verhältnis bei 60V von $7.2E4$ gemessen. Die berechnete Beweglichkeit ergab sich zu $0,07 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

5

Beispiel 5

Beispiel 4 wurde mit einer 1 nm dicken Zusatzschicht wiederholt. Bei den Transistor wurden ein geringerer Sperrstrom von $5.6E-11$ und ein An/Aus-Verhältnis bei 60V von $2.3E5$ gemessen. Die berechnete Beweglichkeit ergab sich zu $0,05 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

10

Beispiel 6

Beispiel 4 wurde mit einer 1 nm dicke Injektionsschicht aus bis(2, 2':6',2"-terpyridin)ruthenium und einer 1 nm dicken Zusatzschicht aus F4TCNQ wiederholt. Bei dem Transistor wurden ein geringerer Sperrstrom von $4E-11$ und ein An/Aus-Verhältnis bei 60V von $3E5$ gemessen. Die berechnete Beweglichkeit ergab sich zu $0,05 \text{ cm}^2/\text{Vs}$.

15

Beispiel 7

Beispiel 4 wurde mit einer 1 nm dicken Zusatzschicht aus 4,4'-(ethyne-1,2-diyl)bis(N,N-diphenylaniline) wiederholt. Bei dem Transistor wurden ein geringerer Sperrstrom von $3E-11$ gemessen und ein An/Aus-Verhältnis von $3E5$ bei 60V.

20

Die Beispiele wurden auch mit anderen Elektroden wiederholt. Bei Al wurde eine Verbesserung von An/Aus-Verhältnis von bis zu zwei Größenordnungen gemessen.

Bei Transistoren mit einer Kanalbreite von unter $10 \mu\text{m}$ wurden ähnliche Ergebnisse erzielt. Das An/Aus-Verhältnis hat sich gegenüber dem Stand der Technik deutlich verbessert.

25

Die in der vorstehenden Beschreibung, den Ansprüchen und der Zeichnung offenbarten Merkmale der Erfindung können sowohl einzeln als auch in beliebiger Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren verschiedenen Ausführungsformen von Bedeutung sein.

30

Ansprüche

1. Halbleiterbauelement, aufweisend eine Schichtanordnung mit:

- einer Elektrode (20a; 20b; 32) aus einem Elektrodenmaterial,
- 5 - einer organischen Halbleiterschicht (22; 30) aus organischem Material,
- einer Injektionsschicht (21; 31), welche
 - zwischen der Elektrode (20a; 20b; 32) und der organischen Halbleiterschicht (22; 30) angeordnet ist und
 - aus einem molekularen Dotierungsmaterial besteht, das ein elektrischer Dotand für
 - 10 das organische Material der organischen Halbleiterschicht (22; 30) ist, und
- einer Zusatzschicht (25; 33), welche
 - auf der der Elektrode (20a; 20b; 32) zugewandten Seite der Injektionsschicht (21; 31) an der Injektionsschicht (21; 31) angeordnet ist und
 - aus einem Zusatzmaterial besteht, welches bei Kontakt mit dem molekularen
 - 15 Dotierungsmaterial dessen Dotierungsaffinität bezüglich des organischen Materials der organischen Halbleiterschicht (22; 30) verändert,

wobei in der Injektionsschicht (21; 31) ein Schichtbereich (28; 36) mit einer ersten Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials und ein weiterer Schichtbereich (29; 37) mit einer zweiten, im Vergleich zur

20 ersten Dotierungsaffinität kleineren Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials gebildet sind.

2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass

- die Injektionsschicht (21; 31) in Kontakt mit der Elektrode (20a; 20b; 32) und der
- 25 organischen Halbleiterschicht (22; 30) gebildet ist, so dass zwischen der Elektrode (20a; 20b; 32) und der Injektionsschicht (21; 31) ein erster Grenzflächenbereich (26; 34) gebildet ist,
- die Zusatzschicht (25; 33) auf der der Elektrode (20a; 20b; 32) zugewandten Seite der Injektionsschicht (21; 31) an der Injektionsschicht (21; 31) angeordnet ist, so dass
- 30 zwischen der Zusatzschicht (25; 33) und der Injektionsschicht (21; 31) ein zweiter Grenzflächenbereich (27; 35) gebildet ist, und

- in der Injektionsschicht (21; 31) der Schichtbereich (28; 36) gegenüber dem ersten Grenzflächenbereich (26; 34) und der weitere Schichtbereich (29; 37) gegenüber dem zweiten Grenzflächenbereich (27; 35) gebildet sind.

- 5 3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass das molekulare Dotierungsmaterial ein Molekulargewicht von wenigstens 300g/mol aufweist.
4. Halbleiterbauelement Dotierungsmaterial nach Anspruch 2 oder nach den Ansprüchen 2 und 3, dadurch gekennzeichnet, dass der erste Grenzflächenbereich (26; 34) und
10 der zweite Grenzflächenbereich benachbart (27; 35) zueinander gebildet sind.
5. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass für das organische Material der organischen Halbleiterschicht (22; 30) das molekulare Dotierungsmaterial der Injektionsschicht (21;
15 31) ein elektrischer p-Dotand und das Zusatzmaterial der Zusatzschicht (25; 33) ein elektrischer n-Dotand sind, oder umgekehrt.
6. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass das Zusatzmaterial ein die Dotierungsaffinität des
20 molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials mittels einer chemischen Reaktion zwischen dem Zusatzmaterial und dem molekularen Dotierungsmaterial minderndes Material enthält.
7. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch
25 gekennzeichnet, dass das Zusatzmaterial ein die Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials mittels einer Salzbildung zwischen dem Zusatzmaterial und dem molekularen Dotierungsmaterial minderndes Material enthält.
- 30 8. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzschicht (33) die Elektrode (32) auf einer von der

Injektionsschicht (31) abgewandten Seite der Elektrode (32) wenigstens teilweise bedeckt.

9. Halbleiterbauelement nach mindestens einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Zusatzschicht (25) zwischen der Elektrode (20a) und zumindest einer weiteren Elektrode (20b) gebildet ist.

10. Verfahren zum Herstellen eines Halbleiterbauelementes, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Herstellen einer Elektrode (20a; 20b; 32) aus einem Elektrodenmaterial,
- Herstellen einer organischen Halbleiterschicht (22; 30) aus organischem Material,
- Herstellen einer Injektionsschicht (21; 31), welche
 - zwischen der Elektrode (20a; 20b; 32) und der organischen Halbleiterschicht (22; 30) gebildet wird und
 - aus einem molekularen Dotierungsmaterial bestehend hergestellt wird, das ein elektrischer Dotand für das organische Material der organischen Halbleiterschicht (22; 30) ist, und
- Herstellen einer Zusatzschicht (25; 33), welche
 - auf der der Elektrode (20a; 20b; 32) zugewandten Seite der Injektionsschicht (21; 31) an der Injektionsschicht (21; 31) gebildet wird und
 - aus einem Zusatzmaterial bestehend hergestellt wird, welches bei Kontakt und / oder nachfolgende Aktivierung mit dem molekularen Dotierungsmaterial dessen Dotierungsaffinität bezüglich des organischen Materials der organischen Halbleiterschicht (22; 30) verändert,

wobei in der Injektionsschicht (21; 31) ein Schichtbereich (28; 36) mit einer ersten Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials und ein weiterer Schichtbereich (29; 37) mit einer zweiten, im Vergleich zur ersten Dotierungsaffinität kleineren Dotierungsaffinität des molekularen Dotierungsmaterials bezüglich des organischen Materials gebildet werden.

11. Verfahren nach Anspruch 10, wobei das Verfahren die folgenden Schritte aufweist:

- Herstellen der Injektionsschicht (21; 31), derart, dass die Injektionsschicht in Kontakt mit der Elektrode (20a; 20b; 32) und der organischen Halbleiterschicht (232 30) gebildet wird, so dass zwischen der Elektrode (20a; 20b; 32) und der Injektionsschicht (21; 31) ein erster Grenzflächenbereich (26; 34) gebildet wird,
 - 5 - Herstellen der Zusatzschicht (25; 33), derart, dass zwischen der Zusatzschicht (25; 33) und der Injektionsschicht (21; 31) ein zweiter Grenzflächenbereich (27; 35) gebildet wird, und
 - Ausbilden des Schichtbereiches (28; 36) gegenüber dem ersten Grenzflächenbereich (26; 34) und des weiteren Schichtbereiches (29; 37) gegenüber dem zweiten
10 Grenzflächenbereich (27; 35).
12. Verwendung eines Halbleiterbauelementes nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9 in organischen Transistor oder einem Passivmatrix-Display.
- 15 13. Inverter, mit zwei Halbleiterbauelementen nach mindestens einem der Ansprüche 1 bis 9.

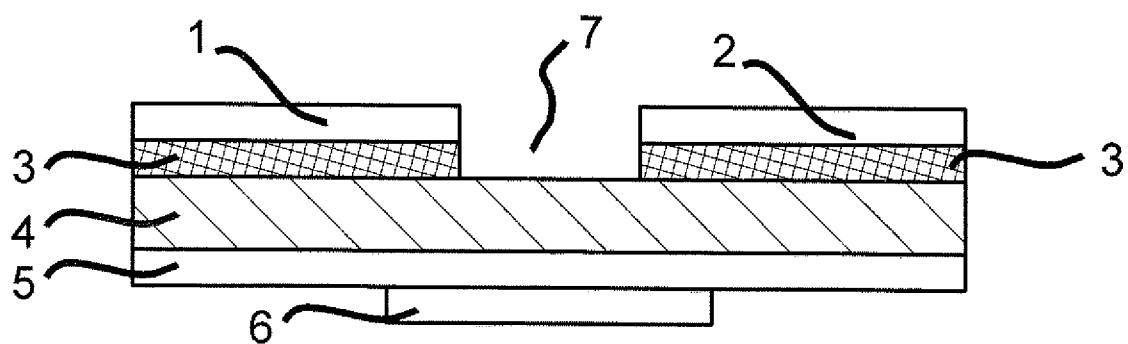


Fig. 1

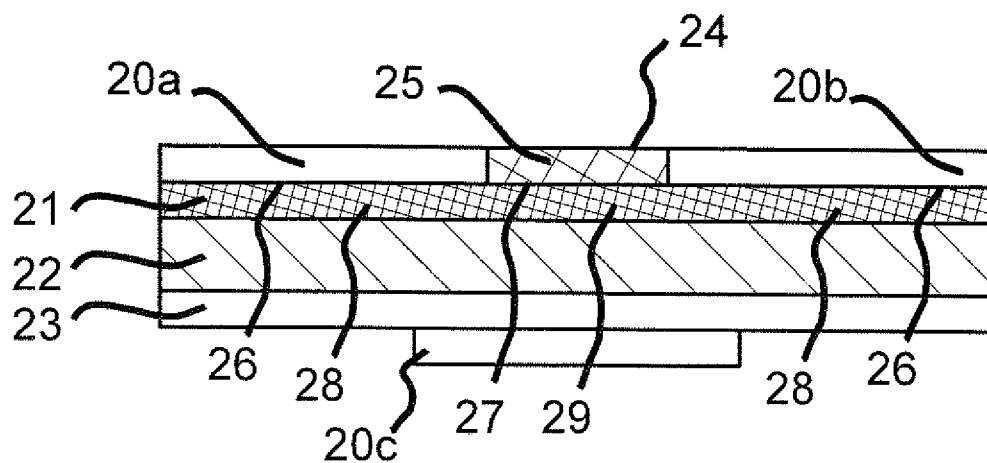


Fig. 2

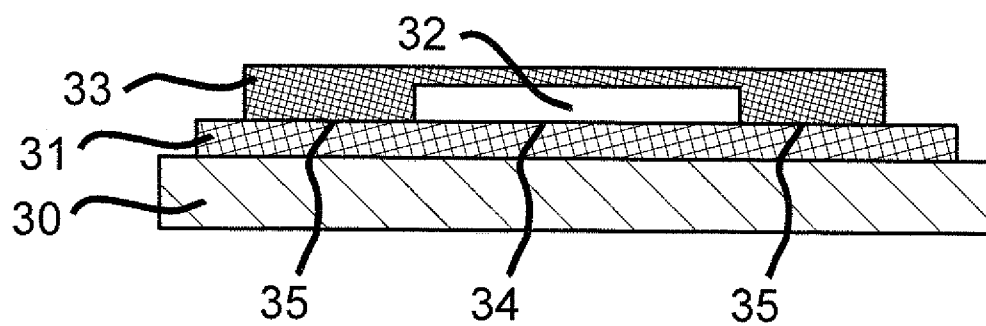


Fig. 3

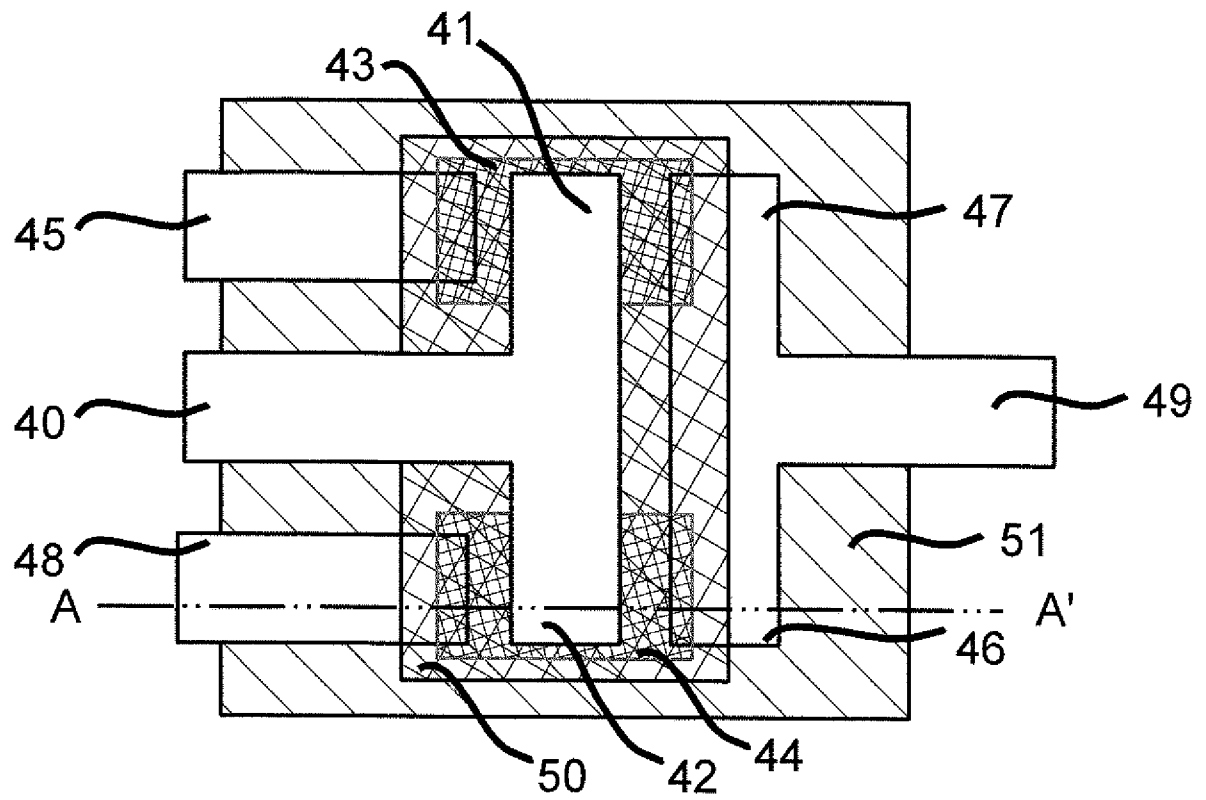


Fig. 4a

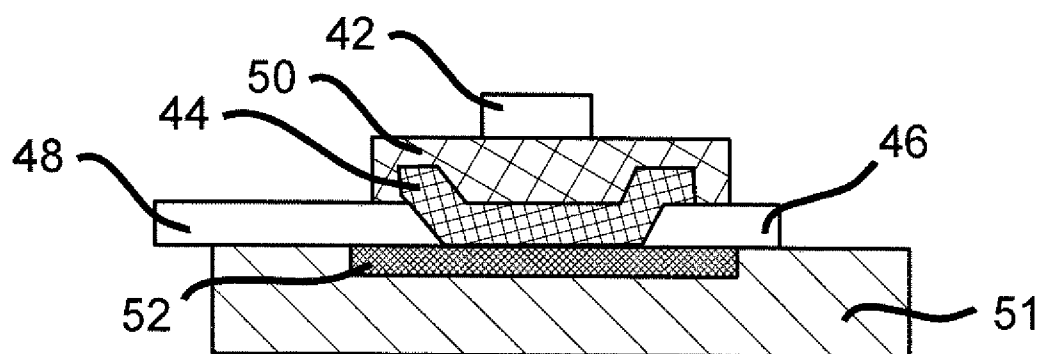


Fig. 4b

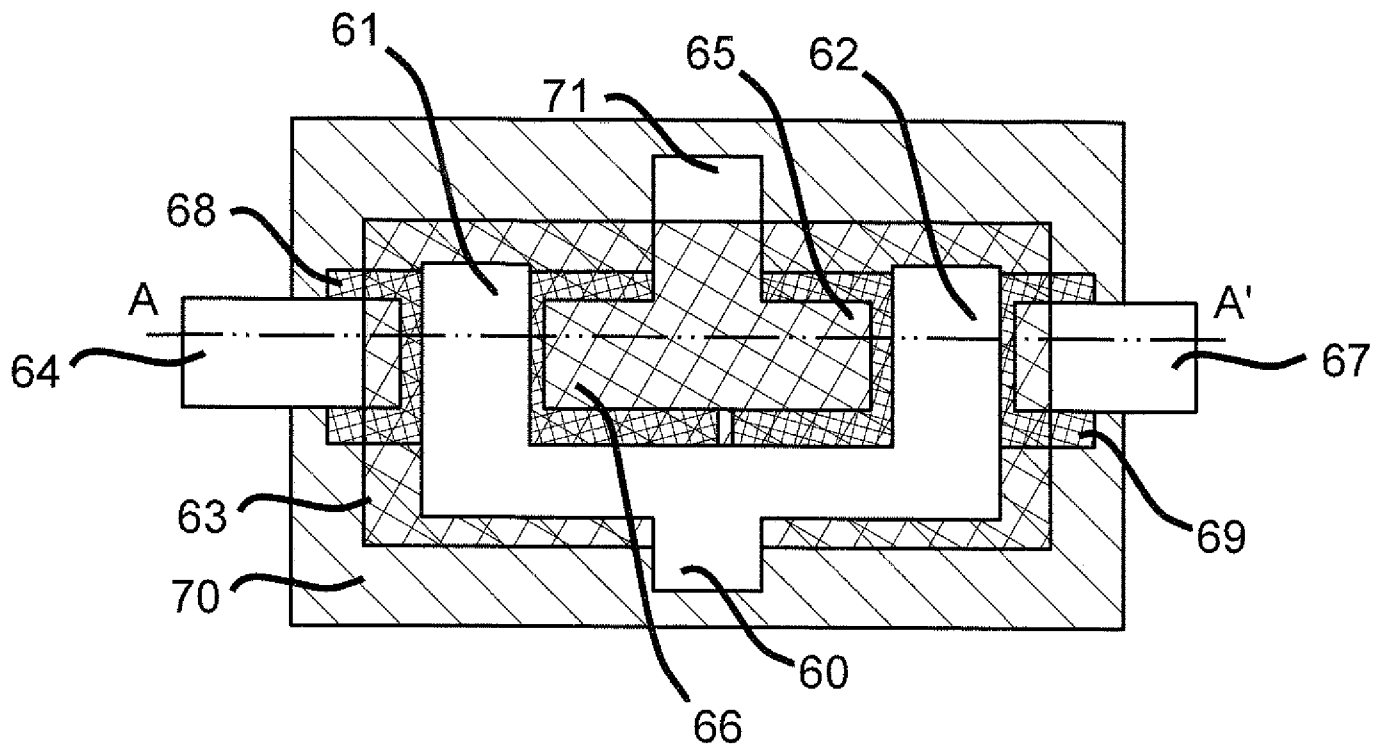


Fig. 5a

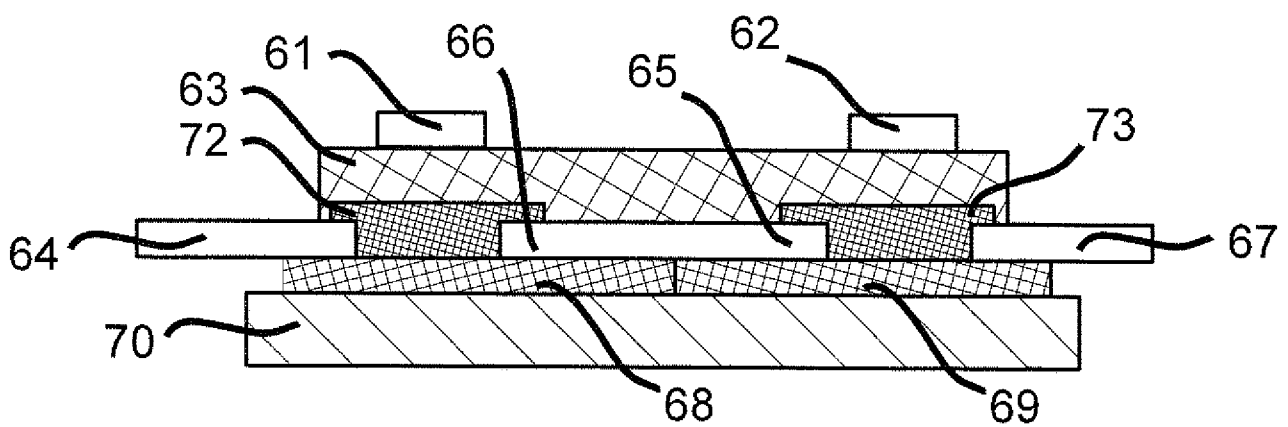


Fig. 5b

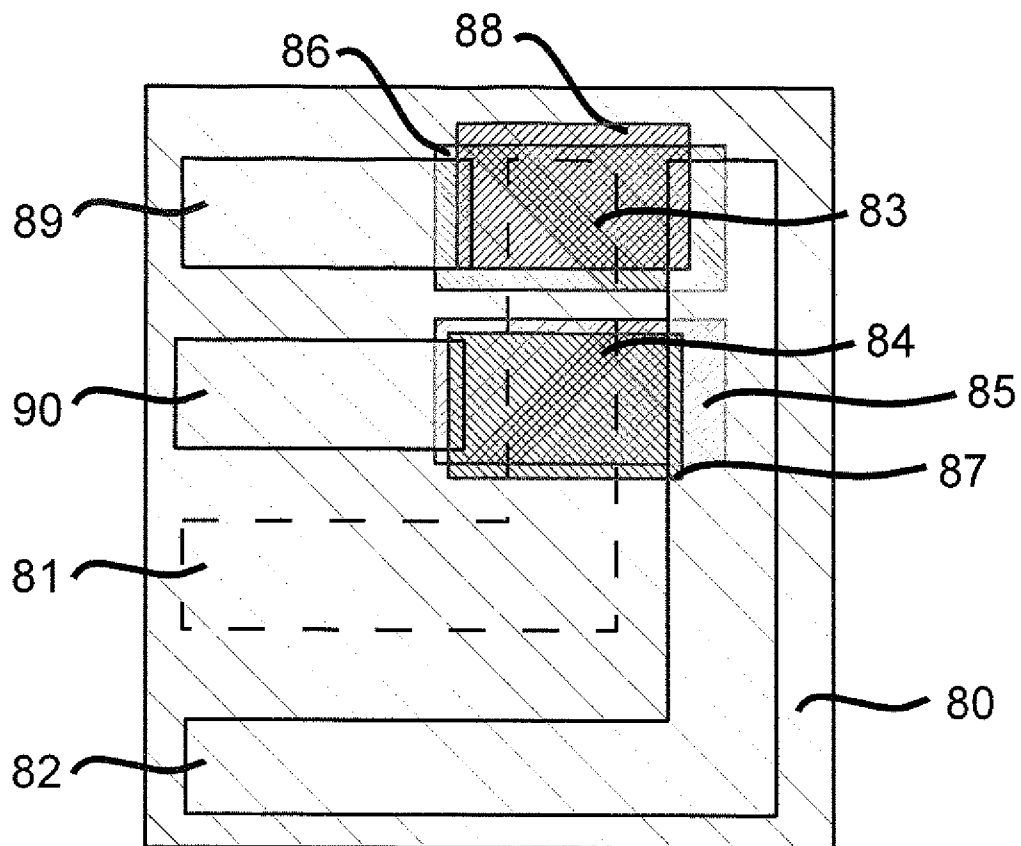


Fig. 6a

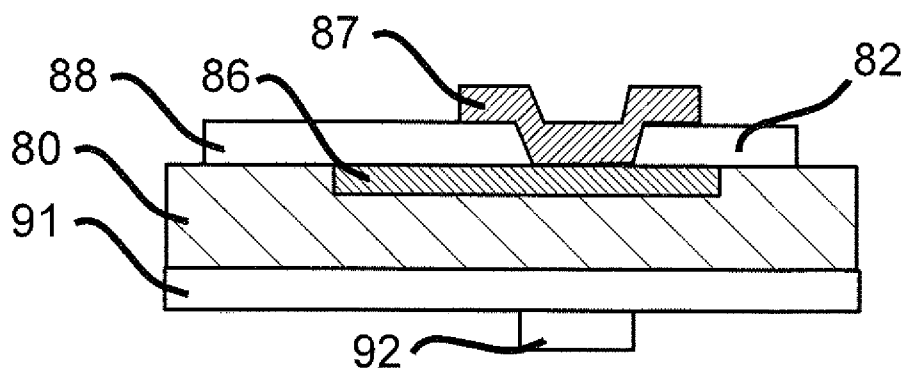


Fig. 6b

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2011/075172

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L51/10 H01L51/05
ADD.

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, COMPENDEX, INSPEC

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	US 2005/242342 A1 (SUH MIN-CHUL [KR] ET AL) 3 November 2005 (2005-11-03) paragraph [0057] - paragraph [0058]; figure 3A paragraph [0084] paragraph [0063] - paragraph [0064] -----	1-4,8, 10-13
Y	EP 2 194 582 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 9 June 2010 (2010-06-09) paragraph [0065]; figure 1 paragraph [0072] ----- -/-	1-4,8, 10-13



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.

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

11 January 2012

Date of mailing of the international search report

23/01/2012

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Beierlein, Udo

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/DE2011/075172

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	TAKASHIMA WATARU ET AL: "Unipolarization of ambipolar organic field effect transistors toward high-impedance complementary metal-oxide-semiconductor circuits", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, vol. 91, no. 7, 13 August 2007 (2007-08-13), pages 71905-71905, XP012100614, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.2770963 figure 1	13
A	----- JP 2004 327829 A (SHARP KK) 18 November 2004 (2004-11-18) paragraph [0012] - paragraph [0014]; figure 1	1,10
A	----- US 2006/033098 A1 (SHIH ISHIANG [CA] ET AL) 16 February 2006 (2006-02-16) paragraph [0023]; figure 4 paragraph [0027] -----	1,10

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/DE2011/075172

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2005242342	A1	03-11-2005	CN 1694278 A 09-11-2005
			JP 2005317923 A 10-11-2005
			KR 20050104811 A 03-11-2005
			US 2005242342 A1 03-11-2005

EP 2194582	A1	09-06-2010	CN 101809749 A 18-08-2010
			EP 2194582 A1 09-06-2010
			KR 20100057074 A 28-05-2010
			TW 200933944 A 01-08-2009
			US 2010283041 A1 11-11-2010
			WO 2009041254 A1 02-04-2009

JP 2004327829	A	18-11-2004	NONE

US 2006033098	A1	16-02-2006	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
 INV. H01L51/10 H01L51/05
 ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
 H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, COMPENDEX, INSPEC

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	US 2005/242342 A1 (SUH MIN-CHUL [KR] ET AL) 3. November 2005 (2005-11-03) Absatz [0057] - Absatz [0058]; Abbildung 3A Absatz [0084] Absatz [0063] - Absatz [0064] -----	1-4,8, 10-13
Y	EP 2 194 582 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 9. Juni 2010 (2010-06-09) Absatz [0065]; Abbildung 1 Absatz [0072] ----- -/-	1-4,8, 10-13



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

11. Januar 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

23/01/2012

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
 NL - 2280 HV Rijswijk
 Tel. (+31-70) 340-2040,
 Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Beierlein, Udo

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
Y	TAKASHIMA WATARU ET AL: "Unipolarization of ambipolar organic field effect transistors toward high-impedance complementary metal-oxide-semiconductor circuits", APPLIED PHYSICS LETTERS, AIP, AMERICAN INSTITUTE OF PHYSICS, MELVILLE, NY, US, Bd. 91, Nr. 7, 13. August 2007 (2007-08-13), Seiten 71905-71905, XP012100614, ISSN: 0003-6951, DOI: 10.1063/1.2770963 Abbildung 1 -----	13
A	JP 2004 327829 A (SHARP KK) 18. November 2004 (2004-11-18) Absatz [0012] - Absatz [0014]; Abbildung 1 -----	1,10
A	US 2006/033098 A1 (SHIH ISHIANG [CA] ET AL) 16. Februar 2006 (2006-02-16) Absatz [0023]; Abbildung 4 Absatz [0027] -----	1,10

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2011/075172

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung		Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
US 2005242342	A1	03-11-2005	CN	1694278 A		09-11-2005
			JP	2005317923 A		10-11-2005
			KR	20050104811 A		03-11-2005
			US	2005242342 A1		03-11-2005

EP 2194582	A1	09-06-2010	CN	101809749 A		18-08-2010
			EP	2194582 A1		09-06-2010
			KR	20100057074 A		28-05-2010
			TW	200933944 A		01-08-2009
			US	2010283041 A1		11-11-2010
			WO	2009041254 A1		02-04-2009

JP 2004327829	A	18-11-2004	KEINE			

US 2006033098	A1	16-02-2006	KEINE			
