



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft die Herstellung organischer Feldeffekttransistoren und darauf basierender Schaltungen auf der Oberfläche von Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindlichen Kunststoffen, was z.B. bei thermoplastischen Spritzgußkörpern häufig der Fall ist. Die Aufgabe wird dadurch gelöst, dass der Kunststoffkörper in einem Niedertemperaturprozess partiell oder ganzflächig mit einer Kunststoffschicht belegt wird, die für nachfolgend zur Anwendung kommende Lösungsmittel unlöslich ist.

## Stand der Technik

**[0002]** Organische Feldeffekttransistoren (OFET's) lassen sich mit einfachen Verfahren leicht auf verschiedenen Unterlagen wie Silizium, Glas, Polyesterfolie (PET, PEN) oder Polyimidfolie herstellen (C.J. Drury, C.M.J. Mutsaers, C.M. Hart, M. Matters and D.M. de Leeuw: Appl. Phys. Lett. 73 (1998), 108; F. Eder, H. Klauk, M. Halik, U. Zschieschang, G. Schmid and C. Dehm, Appl. Phys. Lett. 84 (2004), 2673; J. Ficker, A. Ullmann, W. Fix, H. Rost and W. Clemens, Proc. SPIE 4466 (2001), 95; M. Schrödner, H.-K. Roth, S. Sensfuss and K. Schultheis, e&i, 2003 (6), 2056; M. Halik, H. Klauk, U. Zschieschang, T. Kriem, G. Schmid and W. Radlik, Appl. Phys. Lett. 81 (2002), 289; H. Sirringhaus, T. Kawase, R.H. Friend, T. Shimoda, M. Inbasekaran, W. Wu and E.P. Woo: Science, 290 (2000), p. 2123). Dies geht im allgemeinen um so besser, je glatter die Oberfläche und je unempfindlicher das Material der Unterlage gegenüber organischen Lösungsmitteln ist. Da im Herstellungsprozess von polymerelektronischen Schaltungen häufig Temper- und Trocknungsschritte erforderlich sind, ist auch die maximale Dauergebrauchstemperatur des Trägermaterials für die Prozessführung wichtig. Diese Anforderungen werden z.B. von Polyethylenterephthalat (PET) und Polyimid weitgehend erfüllt. Weiterhin bekannt ist die Herstellung organischer elektronischer Bauelemente auf Folien, die mit anorganischen Barrierschichten zur Minderung der Wasser- bzw. Sauerstoffdiffusion beschichtet sind (US 6664137). Solche Barrierschichten können, wenn sie ausreichend dick und defektfrei in einem Niedertemperaturprozess aufgebracht werden, das Substratmaterial auch gegen Lösungsmittel schützen. Sie haben gegenüber organischen Schutzschichten den Nachteil, dass sie über teure und zeitaufwändige Vakuumprozesse abgeschieden werden müssen. Im Gegensatz z.B. zu Silizium, Glas oder Polyimid sind viele Spritzgusswerkstoffe wie ABS, Polycarbonat oder Polystyrol, welche häufig z.B. als Materialien für elektronische Gehäuse, Compact Disks (CDs) und DVDs Anwendung finden, empfindlich gegenüber organischen Lösungsmitteln. Darüber hinaus sind sie meist nur gering thermisch belastbar. Die Oberflächenrauigkeit wird von der Rauigkeit der Oberfläche des verwendeten Spritzgusswerkzeu-

ges bestimmt. Sie eignen sich somit nur stark eingeschränkt als Basismaterialien für organische Elektronik.

**[0003]** Aus ökonomischen Gründen ist es jedoch häufig vorteilhaft, die organische bzw. polymerelektronische Schaltung unmittelbar auf dem Objekt herzustellen, auf dem sie angewendet werden soll. Dies ist bei lösemittellempfindlichen und thermisch nur gering belastbaren Kunststoffen wie ABS, Polycarbonat und Polystyrol aus den genannten Gründen jedoch schwierig, so dass es bisher keine Lösung für diese Aufgabe gibt.

**[0004]** Organische oder polymere Feldeffekttransistoren (OFET's) im Sinne dieser Erfindung umfassen zumindest folgende Schichten auf einem Substrat: eine organische Halbleiterschicht zwischen und über bzw. unter zumindest einer Source- und zumindest einer Drain-Elektrode, die aus einem leitenden organischen oder anorganischen Material sind, eine organische Isolationsschicht über oder unter der halbleitenden Schicht und eine organische Leiterschicht.

**[0005]** Integrierte organische oder polymerelektronische Schaltungen bestehen aus mindestens zwei organischen oder polymeren Feldeffekttransistoren.

## Aufgabenstellung

## [Aufgabe der Erfindung]

**[0006]** Aufgabe der Erfindung ist es, ein einfaches und preisgünstiges Verfahren zur Herstellung organischer Feldeffekttransistoren und darauf basierender Schaltungen auf einem lösungsmittel- und/oder temperaturempfindlichen Kunststoffkörper anzugeben, dass es erlaubt, diese elektronischen Schaltungen ohne Beeinträchtigung des Formkörpers wie Anlösen der Oberfläche oder thermische Verformung herzustellen.

**[0007]** Die Aufgabe wird erfindungsgemäß dadurch gelöst, dass auf einer Teilfläche oder der gesamten Fläche des Spritzgusskörpers eine organische Schicht aufgebracht wird, die unlöslich gegenüber den nachfolgend verwendeten Lösungsmitteln ist sowie keine hohen Temperaturen während der Herstellung erfordert. Schichtdicken zwischen 1 µm und 5 µm sind im Allgemeinen ausreichend, um die Kunststoffoberfläche vor Lösemittelangriff zu schützen. Gleichzeitig wird eine Glättung der im Allgemeinen rauen Oberfläche erreicht. Besonders eignen sich vernetzbare Polymere wie Acrylate, Polyester- oder Epoxidharze. Um den Kunststoffkörper thermisch nicht zu belasten, sollte die Vernetzung bei niedrigen Temperaturen oder photochemisch erfolgen. Das Aufbringen der Schutzschicht kann durch Drucken oder lokales Auftropfen (Mikrodosierverfahren) erfolgen. Darauf kann dann der Aufbau der Polymertran-

sistoren und -schaltungen erfolgen. Dieser Aufbau ist in [Abb. 1](#) beispielhaft dargestellt.

**[0008]** In einer anderen Variante wird ein Aufbau gewählt, bei dem die Schichten umgekehrt zu dem in [Abb. 1](#) dargestellten Aufbau angeordnet sind ([Abb. 2](#)). Hierbei wird die Gate-Elektrode direkt auf der Kunststoffoberfläche aus einer leitenden Polymerdispersion erzeugt, welche die Kunststoffoberfläche nicht angreift. Dies kann zum Beispiel eine wässrige oder alkoholische Dispersion eines Rußkomposits sein. Darüber wird eine vernetzbare Isolierschicht aufgebracht, die den Spritzgusskörper vor Lösemitteln schützt und gleichzeitig als Isolator zwischen der Gateelektrode und der Source- bzw. Drainelektrode dient. Darüber werden dann der organische Halbleiter und die Source- bzw. Drainelektrode aufgebracht. Der Auftrag der Polymerschichten kann durch Drucken oder Auftropfen (Mikrodosierverfahren) erfolgen. Die Strukturierung der Elektroden kann, soweit nicht bereits beim Druck erfolgt, z.B. durch Laserbearbeitung geschehen.

#### Beispiel 1

**[0009]** Dieses Beispiel beschreibt eine Realisierung der Erfindung gemäß Bild 1. Auf eine ABS-Platte von 1 mm Dicke wird eine Schicht eines fotohärtbaren Acrylats durch Rakeln aufgebracht. Die Vernetzung erfolgt mit einer Hochleistungs-UV-Lampe mit einer Belichtungszeit bis zu 3 Sekunden. Die Schichtdicke beträgt ca. 5 µm. Darauf wird ebenfalls durch Rakeln eine Schicht eines leitfähigen Ruß-Polymer-Komposits aufgebracht. In dieser Schicht werden durch selektiven Abtrag mit einem Excimerlaser die Source-Drain-Elektroden erzeugt. Darauf wird mittels Schleuderbeschichtung (4000 U/min) der Polymerhalbleiter (PoLy-3-dodecylthiophen) aus einer 0,25%-igen Chloroform- oder Toluollösung aufgebracht. Als Isolator wird Polyvinylphenol aus einer 20%-igen Lösung mit 2000 Umdrehungen/Minute aufgeschleudert. Die Gate-Elektroden werden durch lokalen Auftrag eines kolloidalen Graphits hergestellt. [Abb. 3](#) zeigt die Ausgangskennlinien eines so hergestellten Feldeffekt-Transistors.

#### Beispiel 2

**[0010]** Diese Beispiel beinhaltet die Umsetzung der Erfindung wie in Bild 2 dargestellt. Auf eine ABS-Platte von 1 mm Dicke wird eine Schicht des leitfähigen Polymers Polyethyldioxythiophen (Baytron) gerakelt. Diese Schicht wird durch selektiven Abtrag mit einem Excimerlaser strukturiert, so dass man die Gate-Elektroden erhält. Darüber wird eine Schicht einer alkoholischen Polyvinylphenollösung, welche einen Vernetzer enthält, durch Schleudern bei 2000 U/min aufgebracht. Die Polyvinylphenolschicht wird 3 Stunden bei 70°C getempert. Darüber wird eine dünne Goldschicht (ca. 20 nm) aufgesputtert, aus wel-

cher wiederum mit einem Excimerlaser die Source-Drain-Elektroden generiert werden. Abschließend wird die Halbleiterschicht durch Aufschleudern einer 0,25%-igen Poly-3-hexylthiophen-Lösung in Toluol aufgebracht. Die Ausgangskennlinien eines so hergestellten Feldeffekt-Transistors zeigt [Abb. 4](#).

#### Bezugszeichenliste

- |   |                               |
|---|-------------------------------|
| 1 | Kunststoffkörper              |
| 2 | Source-Elektrode              |
| 3 | Halbleiterschicht             |
| 4 | Drain-Elektrode               |
| 5 | Gate-Elektrode                |
| 6 | Isolatorschicht               |
| 7 | schwer lösliche Schutzschicht |

#### Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung organischer Feldeffekttransistoren (OFET) und darauf basierender elektronischer Schaltungen auf Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindlichen Kunststoffkörpern (1), bestehend aus einer Source- (2), Drain- (4) und Gate-Elektrode (5), einer Halbleiterschicht (3) und einer Isolatorschicht (6), **dadurch gekennzeichnet**, dass der Kunststoffkörper vor schädlichen Lösemitteln geschützt, bei der Herstellung thermisch nicht oder nur gering belastet und die Oberflächenrauigkeit reduziert wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindliche Kunststoffkörper partiell oder ganzflächig mit einer Kunststoffschicht (7) belegt wird, die für nachfolgend zur Anwendung kommende Lösungsmittel unlöslich ist.

3. Verfahren nach Anspruch 1 und 2, dadurch gekennzeichnet, dass die schützende Kunststoffschicht aus einer wässrigalkoholischen Lösung oder lösungsmittelfrei aufgebracht wird.

4. Verfahren nach Anspruch 1–3, dadurch gekennzeichnet, dass die schützende Kunststoffschicht thermisch bei niedrigen Temperaturen oder photochemisch vernetzt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 1–4, dadurch gekennzeichnet, dass die Vernetzungstemperatur bei thermischer Vernetzung kleiner als 100°C, bevorzugt kleiner als 80°C ist.

6. Schutzschicht nach Anspruch 2–5 dadurch gekennzeichnet, dass es sich um ein Polyacrylat, ein Polyphenol, ein Melaminharz oder ein Polyesterharz handelt.

7. Verfahren nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Kunststoffschicht eine Einbe-

nung der Oberfläche bewirkt.

8. Verfahren nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht gleichzeitig die Funktion des Isolators im Feldeffekttransistor ausübt, wobei zuvor auf die noch ungeschützte Substratoberfläche in einem schonenden Prozess eine leitende Schicht strukturiert aufgebracht werden muss, die die Funktion der Gate-Elektrode (5) erfüllt.

9. Verfahren nach Anspruch 1–6, dadurch gekennzeichnet, dass die Schutzschicht bevorzugt durch Druckverfahren wie Offset-, Tintenstrahl, Tampon- oder Siebdruck, Rakeln oder ein Mikrodosierverfahren aufgebracht wird. Die elektrischen Funktionsschichten der organischen oder polymeren Feldeffekttransistoren werden mit den bekannten Verfahren aufgetragen und strukturiert.

10. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindliche Kunststoffkörper aus ABS, Polycarbonat oder Polystyrol besteht.

11. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass der Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindliche Kunststoffkörper ein Spritzguss- oder Prägekörper wie z.B. ein elektronisches Gehäuse, eine CD, DVD oder eine Chipkarte ist.

12. Organische oder polymere Feldeffekttransistoren und Schaltungen daraus, die auf Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindliche Kunststoffkörpern gemäß den vorstehenden Ansprüchen gefertigt werden.

13. Organische optoelektronische Bauelemente wie Solarzellen und OLEDs, die auf Lösungsmittel- und/oder temperaturempfindliche Kunststoffkörpern gemäß den vorstehenden Ansprüchen gefertigt werden

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

[Anhängende Zeichnungen]

Anzahl Anhängende Abbildungen: [2]

Bild 1

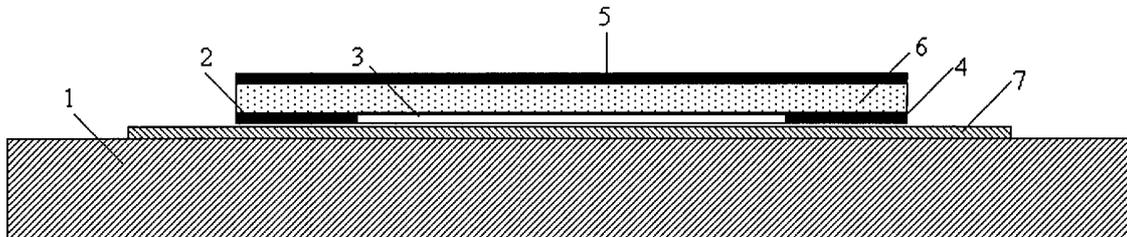


Bild2

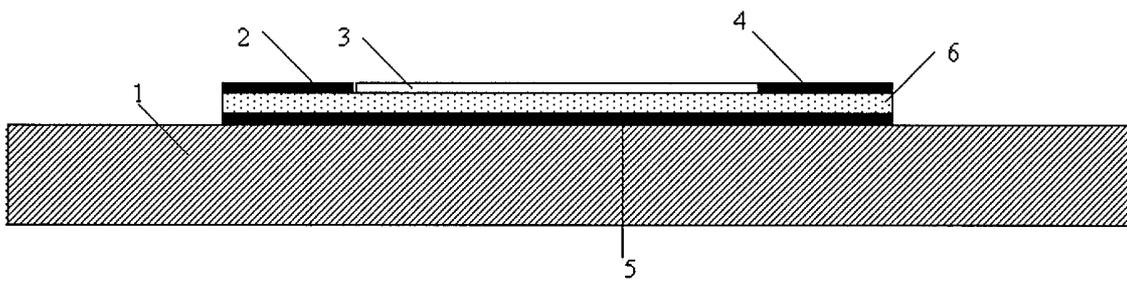


Bild 3

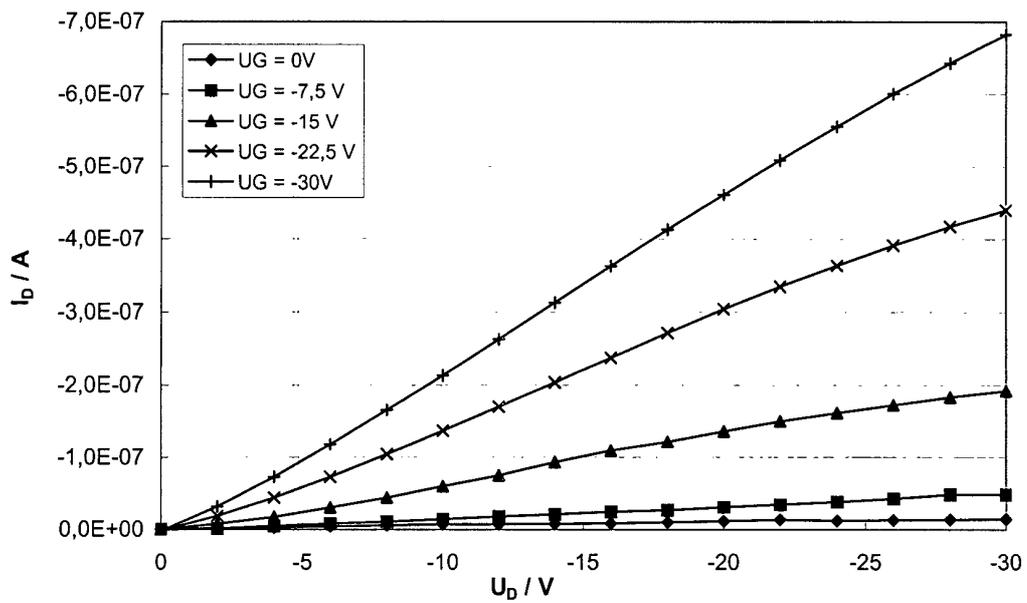


Bild 4

