



(19)  
Bundesrepublik Deutschland  
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 602 00 951 T2 2005.01.27**

(12) **Übersetzung der europäischen Patentschrift**

(97) **EP 1 385 919 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **602 00 951.0**

(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/GB02/02179**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **02 722 520.0**

(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 02/092724**

(86) PCT-Anmeldetag: **10.05.2002**

(87) Veröffentlichungstag  
der PCT-Anmeldung: **21.11.2002**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **04.02.2004**

(97) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung beim EPA: **11.08.2004**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **27.01.2005**

(51) Int Cl.7: **C09K 11/06**

**H01B 1/12, C08G 61/10, H01L 51/20,**

**H01L 51/30, H05B 33/14**

(30) Unionspriorität:

**0111549 11.05.2001 GB**

**315623 P 29.08.2001 US**

(84) Benannte Vertragsstaaten:

**AT, BE, CH, CY, DE, DK, ES, FI, FR, GB, GR, IE, IT,  
LI, LU, MC, NL, PT, SE, TR**

(73) Patentinhaber:

**Cambridge Display Technology Ltd.,  
Cambridgeshire, GB**

(72) Erfinder:

**TOWNS, Carl R., Cambridge CB3 0TX, GB;  
O'DELL, Richard, D-84416 Taufkirchen, GB**

(74) Vertreter:

**Prinz und Partner GbR, 81241 München**

(54) Bezeichnung: **SUBSTITUIERTE FLUORENE POLYMERE, IHRE HERSTELLUNG UND VERWENDUNG**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist (Art. 99 (1) Europäisches Patentübereinkommen).

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

## Beschreibung

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft ein Polymer und dessen Verwendungen, wie beispielsweise in einer optischen Anordnung, sowie ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Polymers.

**[0002]** Organische elektrolumineszierende Anordnungen, bei denen ein organisches Material zur Lichtemission verwendet wird, sind bekannt. WO 90/13148 beispielsweise beschreibt eine derartige Anordnung, die eine Halbleiterschicht mit einem Polymerfilm umfaßt, der mindestens ein zwischen Elektroden gelegenes konjugiertes Polymer umfaßt. Der Polymerfilm umfaßt in diesem Fall ein Poly(para-phenylenvinyl) (PPV), welches zur Lichtemission fähig ist, wenn Elektronen und Löcher darin injiziert werden. Andere Polymerschichten, die zum Transportieren von Löchern oder Elektronen zur emittierenden Schicht fähig sind, können in derartige Anordnungen integriert sein.

**[0003]** Für organische Halbleiter wichtige Eigenschaften sind die Bindungsenergien, die in Bezug auf das Vakuumniveau der elektronischen Energieniveaus, insbesondere das Niveau des „höchsten besetzten Molekülorbitals“ (HOMO) und des „niedrigsten unbesetzten Molekülorbitals“ (LUMO), gemessen werden. Diese können aufgrund von Messungen der Lichtemission und insbesondere von Messungen der elektrochemischen Oxidations- und Reduktionspotentiale abgeschätzt werden. Es ist auf diesem Gebiet hinlänglich bekannt, daß derartige Energien durch eine Anzahl von Faktoren, wie zum Beispiel die lokale Umgebung in der Nähe einer Grenzfläche und dem Punkt der Kurve (peak), aus dem der Wert bestimmt wird, beeinflusst werden. Folglich ist die Verwendung derartiger Werte mehr indikativ als quantitativ.

**[0004]** Fig. 1 zeigt einen Schnitt einer typischen Anordnung zur Lichtemission. Fig. 2 zeigt die Energieniveaus über die Anordnung. Die Anode **1** ist eine Schicht aus lichtdurchlässigem Indium-Zinnoxid (ITO) mit einer Austrittsarbeit von 4,8 eV. Die Kathode **2** ist eine LiAl-Schicht mit einer Austrittsarbeit von 2,4 eV. Zwischen den Elektroden befindet sich eine lichtemittierende Schicht **3** aus PPV mit einem LUMO-Energieniveau **5** um die 2,7 eV und einem HOMO-Energieniveau **6** um die 5,2 eV. In die Anordnung injizierte Löcher und Elektronen rekombinieren strahlend in der PPV-Schicht. Ein wichtiges Merkmal der Anordnung ist die Löchertransport-schicht **4** aus Polyethyldioxythiophen (PEDOT). Dieses Polymer ist in EP 0 686 662 offenbart. Es stellt ein Zwischenenergieniveau bei etwa 4,8 eV bereit, das den von dem ITO injizierten Löchern behilflich ist, zum HOMO-Niveau in dem PPV zu gelangen.

**[0005]** Es sei hier angemerkt, daß der für Energieniveaus, Austrittsarbeiten etc. angegebene Wert im allgemeinen mehr der Veranschaulichung dient, als daß es ein Absolutwert ist. Zum Beispiel kann die Austrittsarbeit in weiten Bereichen schwanken. Die Anmelder haben Messungen mit der Kelvin-Sonde durchgeführt, die dafür sprechen, daß 4,8 eV ein vernünftiger Wert ist. Es ist jedoch wohlbekannt, daß der tatsächliche Wert von dem ITO-Abscheidungsverfahren und von früheren Maßnahmen abhängen kann.

**[0006]** Bekannte Anordnungsstrukturen können auch eine zwischen einer Kathode **2** und der lichtemittierenden Schicht **3** gelegene Elektronentransportschicht aufweisen. Das stellt ein Zwischenenergieniveau bereit, das den von der Kathode injizierten Elektronen behilflich ist, zum LUMO-Niveau des die lichtemittierende Schicht bildenden Materials zu gelangen. Geeigneterweise besitzt die Elektronentransportschicht ein LUMO-Energieniveau zwischen den LUMO-Energieniveaus der Kathode und der lichtemittierenden Schicht.

**[0007]** Hinsichtlich des Wirkungsgrades der Anordnung ist der Wirkungsgrad des Elektronentransportmaterials bzw. der Elektronentransportschicht von großer Bedeutung. Ein Elektronentransportmaterial muß nicht nur wirksam Elektronen transportieren, sondern es muß auch geeignete Anordnungseigenschaften aufweisen. D.h., es muß auch eine gute Verarbeitbarkeit und Lebensdauer in einer Anordnung aufweisen.

**[0008]** JP 07301928 zeigt einen elektrophotographischen Photorezeptor. JP 7145372 offenbart ein Löchertransportmaterial. JP 06107605 offenbart einen Photoleiter für die Elektrophotographie. Alle diese Materialien bestehen aus kleinen Molekülen und weisen folglich die Nachteile auf, die mit der Verwendung von Schichten aus kleinen Molekülen in Anordnungen verbundenen sind. Keine dieser Schriften betrifft speziell die Bereitstellung eines verbesserten Elektronentransportmaterials.

**[0009]** WO 99/54385 betrifft insbesondere die Verbesserung der Lichtausbeute bei niedriger Steuerspannung und die Verbesserung des Wirkungsgrads von Materialien für die Anwendung in einer auf organischen Verbindungen basierenden lichtemittierenden Diode (Seite 1, Zeilen **3** bis **7**). Diesbezüglich offenbart das Dokument ein Copolymer, das 10 bis 90 Gew.-% einer Fluorengruppe umfaßt. Die Fluorengruppe ist in der 9-Position mit zwei R<sup>1</sup>-Gruppen substituiert. Es ist nur die Ausführungsform veranschaulicht, bei der jeder Rest R<sup>1</sup> C<sub>8</sub>H<sub>17</sub> ist.

Die Copolymere aus WO 99/54385 können, gemäß Seite 2, Zeilen **18** bis **21** der Beschreibung, als lichtemittierende und/oder löchertransportierende Schichtmaterialien in einer elektrolumineszierenden Anordnung verwendet werden. Dieses Dokument betrifft nicht die Bereitstellung eines verbesserten Elektronentransportmaterials.

**[0010]** Polym. Prepr. (1997) 38(1), 412–422 offenbart Copolymere aus 9,9-Di-n-hexylfluoren, die blaues Licht emittieren.

**[0011]** WO 00/22026 beschreibt Polymere, die im blau-blaugrünen Bereich emittieren und verbesserte morphologische Eigenschaften aufweisen. Ein konjugiertes Polymer ist offenbart, das Fluorenstruktureinheiten mit zwei unterschiedlichen Substituenten in der C9-Position enthält.

**[0012]** Während US 5,777,070 die Verbesserung der allgemein bekannten „Suzuki-Reaktion“ zur Herstellung konjugierter Polymere betrifft, wird dieses Verfahren in Beispiel 7 zur Herstellung eines Copolymers aus 9,9-Di-n-octylfluoren und 9,9-Di-(4-methoxyphenyl)fluoren verwendet. WO 99/20675 ist die der US 5,777,070 entsprechende internationale Patentanmeldung.

**[0013]** Die Herstellung eines 9,9-Diarylfluorenmonomers wird in Abschnitt c) von DE 198 46 767 gezeigt.

**[0014]** In dieser Hinsicht ist ein Problem von bekannten Elektronentransportmaterialien ihre geringe Wärmebeständigkeit. Physikalische Änderungen und Konformationsänderungen von Materialien (Polymere) mit geringer Wärmebeständigkeit während des Betriebs der Anordnung führen zu einer Verschiebung des Emissionsspektrums des Polymers. Anders ausgedrückt ist die Farbe der Emission eines Polymers mit geringer Wärmebeständigkeit während des Betriebs der Anordnung nicht konstant oder beständig, sondern kann sich verändern. Der Glasübergangstemperaturwert (T<sub>g</sub>) eines Materials ist ein Hinweis auf seine Wärmebeständigkeit in einer Anordnung. Materialien mit einem hohen T<sub>g</sub>-Wert sind im allgemeinen in einer Anordnung wärmebeständiger. Folglich wäre, zwecks einer Verbesserung des Wirkungsgrades, ein ladungstransportierendes Material mit einem höheren T<sub>g</sub>-Wert aufgrund seiner höheren Wärmebeständigkeit bevorzugt.

**[0015]** Diesbezüglich hat EP 1 088 875 zum Inhalt, lichtemittierende Polymere mit guter Wärmebeständigkeit bereitzustellen. Die gute Wärmebeständigkeit wird dem Einbau einer Adamantan-Spacergruppe in das Polymer zugeschrieben. Es wird ein Adamantan-Spacergruppen enthaltendes Copolymer beschrieben, worin die sich wiederholende Co-Einheit Diphenylfluoren (Polymer 66) oder Di-(4-methoxyphenyl)fluoren (Polymer 67) ist. Das sind zwei Polymere von 110 in EP 1 088 875 beschriebenen individuellen Polymeren.

**[0016]** J. Am. Chem. Soc. 2001, 123, 946–953 betrifft Polyfluorene mit Dendron-Seitenketten. Die Dendrone sollen als solubilisierende Gruppen dienen und außerdem eine Aggregation verhindern. Die Dendron-Seitenketten sind über eine CH<sub>2</sub>-Brücke mit dem C9-Atom der Fluorengruppe verknüpft. Die Protonen der CH<sub>2</sub>-Brücke sind sauer und tragen als solche zur Labilität des Polymers bei.

**[0017]** Angesichts des oben Gesagten besteht noch immer Bedarf, ein verbessertes Elektronentransportmaterial bereitzustellen, insofern als es verbessern Anordnungseigenschaften besitzt, die den Wirkungsgrad und die Lebensdauer der Anordnung verbessern.

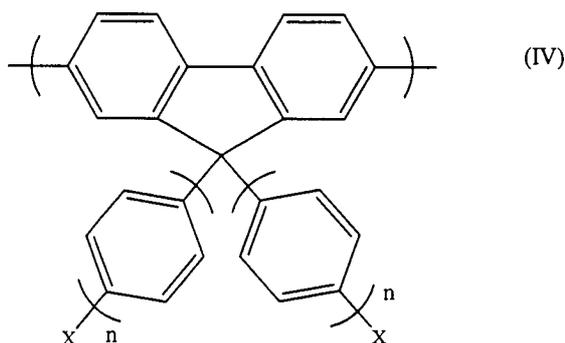
**[0018]** Ferner steht auf dem Gebiet von Polymer-OLEDs die Entwicklung von Vollfarbanzeigen im Mittelpunkt, für die rot-, grün- und blau-emittierende Materialien benötigt werden. Für gewerbliche Anwendungen ist es wünschenswert, daß das OLED eine Lebensdauer von mehreren tausend Stunden aufweist. Ein Nachteil von bestehenden Polymer-OLED-Anzeigen, die für diese Entwicklung von Bedeutung sind, ist die relativ kurze Lebensdauer der bis heute bekannten blau-emittierenden Materialien. Angesichts des oben Gesagten besteht noch immer Bedarf, elektrolumineszierende Materialien bereitzustellen, insbesondere blau-elektrolumineszierende Materialien, die eine verbessern Lebensdauer aufweisen.

**[0019]** Folglich ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, ein derartiges Polymer bereitzustellen.

**[0020]** Ein weiteres Ziel der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines derartigen Polymers bereitzustellen.

**[0021]** Weiterhin ist ein Ziel der vorliegenden Erfindung, Verwendungen eines derartigen Polymers in einer optischen Anordnung bereitzustellen, z.B. als Elektronentransportmaterial oder als emittierendes Material.

**[0022]** Gemäß einer ersten Ausführungsform eines ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Polymer mit einer ersten sich wiederholenden Einheit bereitgestellt, die eine substituierte oder unsubstituierte Gruppe der allgemeinen Formel IV aufweist:

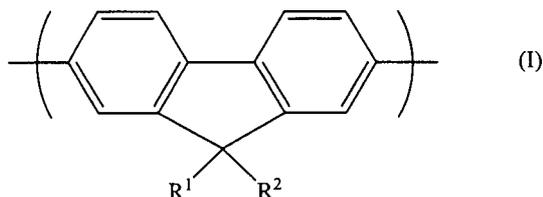


worin  $n$  1, 2 oder 3 ist, und  $X$  Wasserstoff oder ein Alkyl, Aryl, Heteroaryl, Alkoxy, Arylalkyl, Alkylaryl, Cyano, Halogen, Halogenalkyl, Halogenaryl, Halogenheteroaryl oder Halogenalkoxy ist.  $X$  ist vorzugsweise Wasserstoff oder eine Alkylgruppe.

**[0023]** Vorzugsweise ist  $n$  in dem Polymer gemäß des ersten Aspekts 1, und  $X$  ist Wasserstoff oder eine Alkylgruppe.

**[0024]** Bei einer Ausführungsform des ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung ist kein  $X$  substituiertes oder unsubstituiertes  $-N(\text{Aryl})_2$ , insbesondere ist kein  $X-N(\text{Phenyl})_2$ .

**[0025]** Bei einer zweiten Ausführungsform des ersten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Polymer mit einer ersten sich wiederholenden Einheit bereitgestellt, die eine substituierte oder unsubstituierte Gruppe der allgemeinen Formel I umfaßt:



worin  $R^1$  und/oder  $R^2$  mindestens zwei substituierte oder unsubstituierte Aryl- oder Heteroarylgruppen umfaßt, mit Ausnahme derjenigen Gruppe der allgemeinen Formel I, worin einer der Reste  $R^1$  und  $R^2$ , oder beide, eine Triarylamingruppe umfaßt bzw. umfassen.

**[0026]** Zur Erleichterung der Herstellung sind  $R^1$  und  $R^2$  vorzugsweise gleich.  $R^1$  und  $R^2$  können jedoch verschieden sein.

**[0027]** Bei einer Ausführungsform umfassen weder  $R^1$  noch  $R^2$  ein substituiertes oder unsubstituiertes Triarylamin.

**[0028]** Polymere gemäß des ersten Aspekts dieser Erfindung weisen gegenüber früher als Elektronentransportmaterialien verwendeten Polymeren eine überlegene Wärmebeständigkeit auf. Das ist aus ihren höheren Tg-Werten ersichtlich. Die Tg wird mittels Differential-Scanning-Kalorimetrie gemessen. Als konkretes Beispiel wurde für ein Polymer mit 80 mol% sich wiederholenden Dioctylfluoreneinheiten eine Tg von etwa 80°C gemessen. Bei einem analogen Polymer mit sich wiederholenden 9,9-Di(biphenyl)fluoreneinheiten anstelle von 30 % der sich wiederholenden Dioctylfluoreneinheiten wurde eine Tg von etwa 175°C gemessen. Durch Ersetzen des Dioctylfluorens durch 9,9-Di(biphenyl)fluoren konnte keine merkliche Verschiebung im Emissionsspektrum des Polymers beobachtet werden. Zusätzlich zu der durch die erfindungsgemäßen Materialien gelieferten Wärmebeständigkeit haben die Erfinder auch gezeigt, daß der Einbau von erfindungsgemäßen, die Tg erhöhenden, sich wiederholenden Einheiten in blau-elektrolumineszierende Materialien die Lebensdauer eines emittierenden Materials, insbesondere eines blau-elektrolumineszierenden Materials, erhöhen kann. Mit „blau-elektrolumineszierendem Material“ ist ein Material gemeint, das durch Elektrolumineszenz Strahlung mit einer Wellenlänge im Bereich von 400-500 nm, bevorzugter 430-500 nm, emittiert.

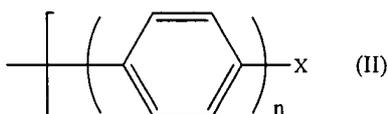
**[0029]** Ferner wurde nachgewiesen, daß Polymere, die eine erfindungsgemäße sich wiederholende Einheit

umfassen, eine höhere Tg als ein entsprechendes Polymer aufweisen, das sich wiederholende Fluoreneinheiten umfaßt, worin der oder jeder C9-Substituent nur einen Arylsubstituenten umfaßt. Insbesondere weist ein Polymer, das 30 % sich wiederholende 9,9-Diphenylfluoreneinheiten umfaßt, eine Tg von um die 140°C auf, wohingegen ein analoges Polymer, das 30 % sich wiederholende 9,9-Di(biphenyl)fluoreneinheiten (oben beschrieben) umfaßt, eine Tg von um die 175°C aufweist.

**[0030]** Aufgrund der oben besprochenen Gründe ist der Tg-Wert eines erfindungsgemäßen Polymers vorzugsweise mindestens etwa >100°C, bevorzugter 100–230°C.

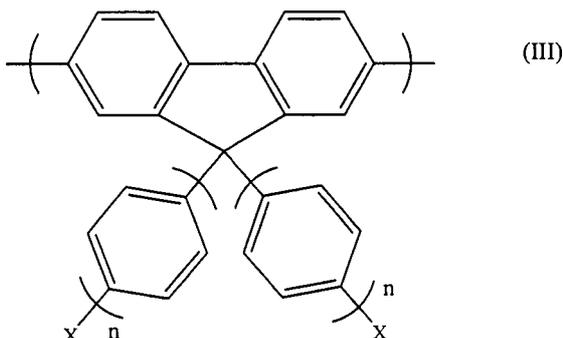
**[0031]** Vorzugsweise umfaßt mindestens einer der Reste R<sup>1</sup> oder R<sup>2</sup> eine substituierte oder unsubstituierte Phenyl-, Pyridin- oder Thiophengruppe.

**[0032]** Auch aus Gründen der Verbesserung von Elektronentransporteigenschaften umfaßt R<sup>1</sup> und/oder R<sup>2</sup> vorzugsweise eine Gruppe, die eine allgemeine Formel II, welche substituiert oder unsubstituiert ist, aufweist:



worin n 2 oder 3 ist, und X ausgewählt ist aus Wasserstoff, Alkyl, Aryl, Heteroaryl, Alkoxy, Arylalkyl, Alkylaryl, Cyano, Halogen, Halogenalkyl, Halogenaryl, Halogenheteroaryl oder Halogenalkoxy.

**[0033]** Diesbezüglich weist die Gruppe mit der allgemeinen Formel I vorzugsweise eine in der allgemeinen Formel III gezeigte Formel auf:



worin X und jedes n, unabhängig voneinander, die oben genannten Bedeutungen besitzen.

**[0034]** Insbesondere für eine mühelose Herstellung ist X bevorzugt aus Wasserstoff, Alkyl, Halogenalkyl oder Alkoxy ausgewählt. Aus entsprechenden Gründen ist X ferner bevorzugt aus Methyl, Ethyl, n-Butyl, s-Butyl oder tert.-Butyl ausgewählt. n ist vorteilhaft 2. Diesbezüglich kann mindestens ein n 2 sein, es können aber auch beide n 2 sein. Der Grund dafür besteht darin, daß dies zu einem Polymer mit einem hohen Tg-Wert und folglich hoher Wärmebeständigkeit führt.

**[0035]** Das Polymer gemäß der vorliegenden Erfindung kann ferner eine zweite sich wiederholende Einheit Ar aufweisen, die eine substituierte oder unsubstituierte Aryl- oder Heteroarylgruppe umfaßt. Ar auswählen zu können, ist ein wichtiges Merkmal, insbesondere bei der Konstruktion einer elektrolumineszierenden Anordnung. Die Struktur von Ar kann so ausgewählt werden, daß der Wirkungsgrad einer Anordnung durch Modulieren des LUMO-Niveaus des konjugierten Gerüsts verbessert wird, um der Elektroneninjektion von der Kathode in das lichtemittierende Material behilflich zu sein. Diesbezüglich umfaßt Ar, das substituiert oder unsubstituiert ist, vorzugsweise eine Fluoren-, Phenyl-, Phenylvinyl-, Benzothiadiazol-, Chinoxalin-, Thiophen-, Triarylamin-, bis-Triarylamin- oder bis-(Diarylamin)arylen-Gruppe, insbesondere bis-(Diphenylamin)benzol-Gruppen. Es zeigte sich, daß Polymere mit einer sich wiederholenden Einheit Ar, die eine Gruppe umfaßt, die aus diesen bevorzugten Gruppen ausgewählt wurde, in Kombination mit einer ersten sich wiederholenden Einheit, welche die oben genannten Bedeutungen besitzt, erwünschte Eigenschaften, wie gute Elektronentransport- und gute Löchertransporteigenschaften, aufweisen.

**[0036]** Gegebenenfalls ist das vorliegende Polymer löslich. Diesbezüglich können solubilisierende Substituentengruppen im Polymer enthalten sein, um seine Löslichkeit zu verbessern. Insbesondere sind Alkyl- und Alkoxygruppen zur Verbesserung der Löslichkeit bevorzugt.

**[0037]** Allgemein schließen Polymere gemäß der vorliegenden Erfindung verzweigte und lineare Polymere, Homopolymere, Copolymere und Terpolymere ein. Man denkt daran, daß HOMO-Polymere und -Copolymere gemäß der vorliegenden Erfindung von besonderem Interesse im Hinblick auf ihre Verwendung in lichtemittierenden Anordnungen sein werden.

**[0038]** Der Polymerisationsgrad eines Polymers gemäß dieser Erfindung sollte vorzugsweise mindestens 4 betragen.

**[0039]** Bevorzugte Verwendungen eines Polymers gemäß der vorliegenden Erfindung schließen die Verwendung als ein Bauelement in einer optischen Anordnung ein, insbesondere in einer elektrolumineszierenden Anordnung. Man denkt daran, daß das Polymer als elektronentransportierendes Material am nützlichsten sein wird.

**[0040]** Die vorliegende Erfindung stellt ferner ein Monomer, das eine erste sich wiederholende Einheit umfaßt, welche die oben genannten Bedeutungen besitzt, zum Transportieren von negativen Ladungsträgern in einem Polymer gemäß der vorliegenden Erfindung bereit. Diesbezüglich kann ein Polymer so definiert sein, daß es aus zwei oder mehreren unterschiedlichen Monomeren hergestellt wurde. Wenn das Copolymer ein regelmäßig alternierendes Copolymer ist, kann das Polymer so definiert sein, daß es nur eine sich wiederholende Einheit aufweist. Anders ausgedrückt kann ein regelmäßig alternierendes AB-Polymer, welches aus den Monomeren A und B hergestellt wurde, so definiert sein, daß es eine sich wiederholende AB-Einheit aufweist.

**[0041]** Monomere gemäß der vorliegenden Erfindung können zur Verwendung in einer oder mehreren Polymerisationsreaktion(en), die nachfolgend allgemein beschrieben werden, geeignet sein. Diesbezüglich umfaßt ein Monomer vorzugsweise eine oder mehrere reaktionsfähige Gruppe(n) und eine sich wiederholende Einheit, die die in jedem der obigen Aspekte genannten Bedeutungen besitzt. Bevorzugte reaktionsfähige Gruppen enthalten Halogene oder reaktive Bor-Derivat-Gruppen. Insbesondere sind Brom-, Boronsäure-, Boronsäureester- und Borangruppen bevorzugt.

**[0042]** Allgemein sind mehrere verschiedene Polymerisationsverfahren bekannt, die zur Herstellung der Polymere gemäß der vorliegenden Erfindung verwendet werden können.

**[0043]** Ein geeignetes Verfahren wird in WO 00/53656 offenbart. Dieses Dokument beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines konjugierten Polymers, welches das Polymerisieren in einer Reaktionsmischung umfaßt von: (a) einem aromatischen Monomer mit mindestens zwei funktionellen Bor-Derivat-Gruppen, die aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe ausgewählt sind, und einem aromatischen Monomer mit mindestens zwei reaktionsfähigen funktionellen Halogengruppen; oder von (b) einem aromatischen Monomer mit einer reaktionsfähigen funktionellen Halogengruppe und einer funktionellen Bor-Derivat-Gruppe, die aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe ausgewählt ist, worin die Reaktionsmischung eine katalytische Menge eines Katalysators, der zum Katalysieren der Polymerisation von aromatischen Monomeren geeignet ist, und eine organische Base in einer Menge umfaßt, die ausreichend ist, um die funktionellen Bor-Derivat-Gruppen in anionische  $BX_3$ -Gruppen zu überführen, worin X, unabhängig voneinander, ausgewählt ist aus der aus F und OH bestehenden Gruppe.

**[0044]** Ein anderes Polymerisationsverfahren wird in US 5,777,070 beschrieben. Dieses Verfahren ist im allgemeinen als „Suzuki-Polymerisation“ bekannt. Das Verfahren betrifft die Umsetzung von Monomeren mit zwei reaktionsfähigen Gruppen, die aus Boronsäure, Boronsäureestern mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen, Boranen mit 1 bis 6 Kohlenstoffatomen und deren Kombinationen bestehen, mit aromatischen funktionellen Dihalogen-Monomeren oder mit Monomeren mit einer reaktionsfähigen Boronsäure-, Boronsäureester- oder Borangruppe und einer reaktionsfähigen funktionellen Halogengruppe.

**[0045]** Ein weiteres Polymerisationsverfahren ist aus „Macromolecules“, 31, 1099-1103 (1998) bekannt. Die Polymerisationsreaktion betrifft die nickelvermittelte Kupplung von Dibromid-Monomeren. Dieses Verfahren ist im allgemeinen als „Yamamoto-Polymerisation“ bekannt.

**[0046]** Gemäß eines zweiten Aspekts der vorliegenden Erfindung wird ein Verfahren zur Herstellung eines Polymers entsprechend dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung bereitgestellt, welches das Polymerisieren in einer Reaktionsmischung umfaßt von:

- (a) einem ersten aromatischen Monomer, umfassend entweder
  - (i) eine erste sich wiederholende Einheit, die gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung definiert

ist; oder

(ii) eine zweite sich wiederholende Einheit, die gleich oder von der ersten sich wiederholenden Einheit verschieden sein kann;

sowie mindestens zwei reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppen, die ausgewählt sind aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und

(b) einem zweiten aromatischen Monomer, das das jeweils andere der ersten oder zweiten sich wiederholenden Einheiten und mindestens zwei reaktionsfähige Halogenfunktionalitäten umfaßt.

**[0047]** Der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung stellt auch ein Verfahren zur Herstellung eines Polymers gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung bereit, welches das Polymerisieren in einer Reaktionsmischung umfaßt von:

(a) einem ersten aromatischen Monomer, umfassend:

(i) eine erste sich wiederholende Einheit gemäß dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung;

(ii) eine reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppe, die ausgewählt ist aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und

(iii) eine reaktionsfähige Halogenfunktionalität; und

(b) einem zweiten aromatischen Monomer, umfassend:

(i) eine zweite sich wiederholende Einheit, die gleich oder von der ersten sich wiederholenden Einheit verschieden sein kann;

(ii) eine reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppe, die ausgewählt ist aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und

(iii) eine reaktionsfähige Halogenfunktionalität.

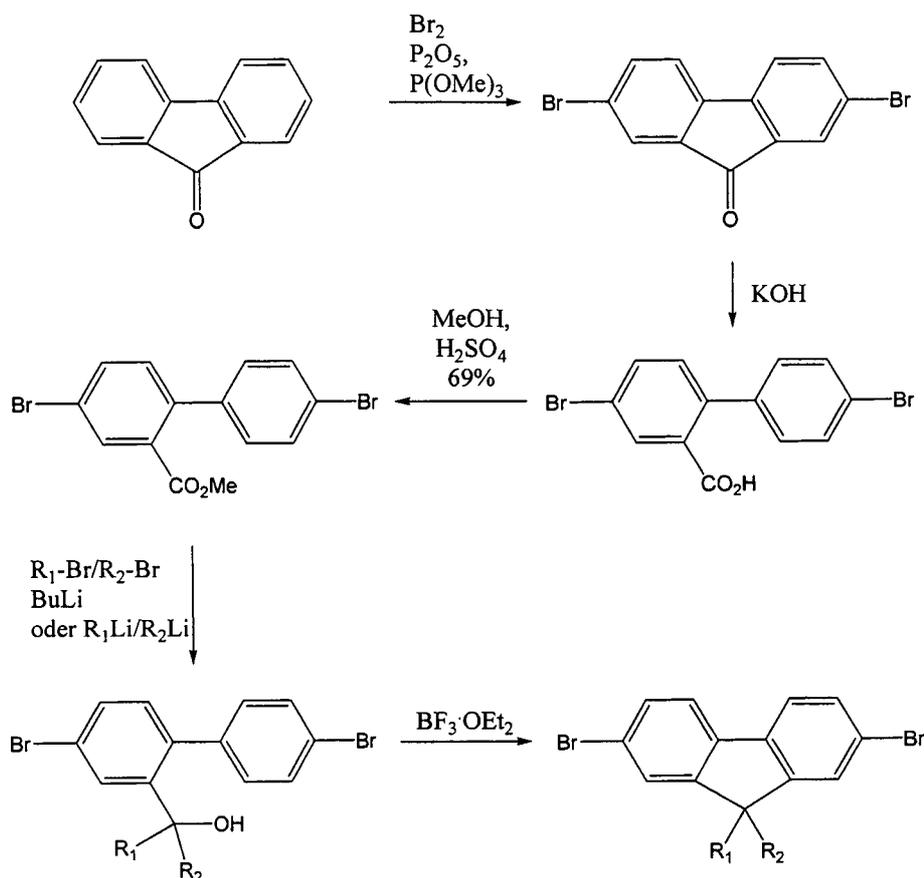
**[0048]** Weiterhin stellt der zweite Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung eines Polymers bereit, das einen Schritt umfaßt, bei dem ein erstes Monomer mit einem zweiten Monomer, das gleich oder vom ersten Monomer verschieden sein kann, unter solchen Bedingungen zur Reaktion gebracht wird, daß die Monomere polymerisieren, wobei das erste Monomer ein Monomer zum Einsatz in einer Polymerisationsreaktion ist und eine oder mehrere reaktionsfähige Gruppe(n) und eine Monomereinheit mit der Struktur einer ersten sich wiederholenden Einheit umfaßt entsprechend dem ersten Aspekt der vorliegenden Erfindung umfaßt.

**[0049]** Die vorliegende Erfindung stellt ferner eine optische Anordnung bereit, worin ein Bauelement dafür ein Substrat und ein auf das Substrat aufgebracht Polymer gemäß der vorliegenden Erfindung umfaßt. Vorzugsweise umfaßt die optische Anordnung eine elektrolumineszierende Anordnung. Eine derartige elektrolumineszierende Anordnung kann eine erste, Ladungsträger injizierende Schicht zum Injizieren von positiven Ladungsträgern, eine zweite, Ladungsträger injizierende Schicht zum Injizieren von negativen Ladungsträgern, eine lichtemittierende Schicht, die sich zwischen den Ladungsträger injizierenden Schichten befindet, zur Aufnahme und Vereinigung von positiven und negativen Ladungsträgern unter Erzeugung von Licht und ein Polymer gemäß der vorliegenden Erfindung zum Transport von negativen Ladungsträgern umfassen, das sich entweder zwischen der zweiten Ladungsträger injizierenden Schicht und der lichtemittierenden Schicht oder in der lichtemittierenden Schicht befindet. Dort wo es sich in der lichtemittierenden Schicht befindet, kann es mit einem lichtemittierenden Material und gegebenenfalls einem positiv geladenen Transportmaterial gemischt sein.

#### Beispiele

##### A) Monomerherstellung

**[0050]** Erfindungsgemäße Monomere wurden entsprechend der nachfolgenden schematischen Darstellung hergestellt:



Monomerbeispiel M1:2,7-Dibrom-9,9-bis(biphenyl)fluoren ( $\text{R}_1=\text{R}_2=\text{biphenyl}$ )

(1) 2,7-Dibromfluoren

**[0051]** In einem 31 Flanschkolben wurden Fluorenon (100,006g, 0,555 mol), Phosphorpentoxid (110,148g, 0,776 mol) und Trimethylphosphat (1200 ml) gemischt. Unter mechanischem Rühren wurde eine Bromlösung (63 ml, 1,23 mol) in Trimethylphosphat (200 ml) rasch zugegeben. Diese klare Lösung wurde dann 22 Stunden bei 120 °C erhitzt. Man ließ die Mischung auf Raumtemperatur abkühlen und goß sie dann in 31 Wasser. Nach Zugabe von Natriumthiosulfat (50,045g) färbte sich die Mischung gelb. Es wurde noch 1 Stunde weitergerührt, dann wurde der gelbe Feststoff abfiltriert. Dieser Feststoff wurde zum Entfernen der monobromierten Verbindung in Methanol erhitzt, und man erhielt 176,183g (98% HPLC rein, 94% Ausbeute).

**[0052]**  $^1\text{H NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ) 7,73 (2H, d, J 2,0), 7,61 (2H, dd, J 7,6, 2,0), 7,36 (2H, d, J 8,0);  $^{13}\text{C NMR}$  ( $\text{CDCl}_3$ ) 142,3, 137,5, 135,3, 127,9, 123,3, 121,8, 109,8.

(2) 4,4'-Dibrom-2-carbonsäure-1,1'-biphenyl

**[0053]** In einen 21 Flanschkolben wurden 2,7-Dibromfluoren (120,526g, 0,356 mol), Kaliumhydroxid (fein-gepulverte Plättchen, 168,327g, 3,000 mol) und Toluol (600 ml) eingetragen. Diese Mischung wurde 4 Stunden auf 120 °C erhitzt, dann ließ man sie auf Raumtemperatur abkühlen. Um den Feststoff zu lösen wurde unter kräftigem Rühren Wasser (ungefähr 21) zugegeben. Die grünliche wäßrige Phase wurde entfernt, und die gelbe Toluolphase wurde zweimal mit Wasser gewaschen. Die vereinigten wäßrigen Phasen wurden mit konzentrierter Salzsäure angesäuert, dann wurde der ausgefallene Feststoff abfiltriert, getrocknet und aus Toluol umkristallisiert, so daß man 100,547g beigefarbene Kristalle (79% Ausbeute) erhielt.

**[0054]**  $^1\text{H NMR}$  ( $(\text{CD}_3)_2\text{CO}$ ) 8,00 (1H, d, J 2,0), 7,77 (1H, dd, J 8,0, 2,4), 7,57 (2H, d, J 8,0), 7,34 (1H, d, J 8,4), 7,29 (2H, d, J 8,8);  $^{13}\text{C NMR}$  ( $(\text{CD}_3)_2\text{CO}$ ) 167,1, 140,4, 139,8, 134,2, 133,5, 132,8, 132,7, 131,2, 130,6, 121,4, 121,1.

(3) 4,4'-Dibrom-2-methylester-1,1'-biphenyl

**[0055]** 4,4-Dibrom-2-carbonsäurebiphenyl (171,14g, 0,481 mol) wurde in Methanol (700 ml) und Schwefel-

säure (15 ml) suspendiert und 21 Stunden auf 80 °C erhitzt. Das Lösungsmittel wurde entfernt, und das Öl wurde in Essigsäureethylester gelöst. Diese Lösung wurde mit 2N Natriumhydroxidlösung, Wasser und gesättigter Natriumchloridlösung gewaschen, über Magnesiumsulfat getrocknet, filtriert und eingedampft, so daß ein orangefarbenes Öl erhalten wurde. Dieses Öl wurde mit heißem Methanol behandelt, wobei beim Abkühlen der Ester ausfiel und abfiltriert wurde. Die Mutterlauge wurde eingedampft, und der Feststoff wurde umkristallisiert, so daß man zusätzliches Produkt erhielt. Der Ester war 100% GCMS rein, und es wurde eine Ausbeute von 123,27g (69%) erhalten.

**[0056]**  $^1\text{H}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ ) 7,99 (1H, d, J 2,0), 7,64 (1H, dd, J 8,0, 1,6), 7,51 (2H, d, J 8,4), 7,19 (1H, d, J 8,8), 7,13 (2H, d, J 8,8), 3,67 (3H, s);  $^{13}\text{C}$  NMR ( $\text{CDCl}_3$ ) 167,1, 140,3, 139,1, 134,4, 132,9, 132,1, 132,0, 131,3, 129,8, 121,9, 121,5, 52,3.

**[0057]** GCMS:  $\text{M}^+$  = 370 Literaturstelle: J.Am.Chem.Soc., 114,15 (1992)

(4) 4,4'-Dibrom-2-bis(biphenyl)-methylalkohol-biphenyl

**[0058]** 4-Bromdiphenyl (63,766g, 0,27 mol) wurde in trockenem THF (400 ml) gelöst. Die Lösung wurde dann auf  $-65^\circ\text{C}$  gekühlt, und n-BuLi (109 ml, 2,5M in Hexan, 0,27 mol) wurde unter Rühren tropfenweise zugegeben. Nach beendeter Zugabe wurde die Mischung eine Stunde lang bei  $-65^\circ\text{C}$  gerührt. Eine Lösung aus 4,4'-Dibrom-2-methylesterbiphenyl (39,14g, 0,106 mol) in trockenem THF (200 ml) wurde tropfenweise hinzugefügt, wobei darauf geachtet wurde, die Temperatur der Mischung unter  $-60^\circ\text{C}$  zu halten. Nach beendeter Zugabe ließ man die Mischung auf Raumtemperatur erwärmen. Die Reaktion wurde mit Wasser (10 ml) gequencht, und das Lösungsmittel wurde verdampft. Der Rückstand wurde dann in Toluol gelöst und mit gesättigter Ammoniumchloridlösung und Kochsalzlösung gewaschen. Die Lösung wurde getrocknet ( $\text{MgSO}_4$ ) und eingedampft; das Produkt wurde mit Petrolether ( $100-120^\circ\text{C}$ ) und ein wenig Essigsäureethylester behandelt. Die erhaltenen Kristalle wurden abfiltriert und getrocknet, so daß man 54,535g (78%) erhielt.

(5) 2,7-Dibrom-9,9-bis(biphenyl)fluoren

**[0059]** Der Alkohol (14,03g, 21,7 mmol) wurde in Dichlormethan (70 ml) gelöst, und die erhaltene Lösung wurde mit einem Eisbad gekühlt. Bortrifluorid-diethyletherat (14 ml) wurde tropfenweise zugegeben, worauf sich eine tiefblaue Mischung bildete. Die Mischung wurde in 21 Eiswasser gegossen, und Kaliumcarbonat wurde zugegeben, bis die Mischung basisch war (pH 8). Dichlormethan wurde zugegeben, und die Phasen wurden getrennt, wonach die wäßrige Phase mit mehr Dichlormethan extrahiert wurde. Die organischen Phasen wurden vereinigt, über Kieselgur filtriert und in Methanol ausgefällt. Der erhaltene Feststoff wurde abfiltriert und mehrmals aus Essigsäureethylester/Dichlormethan (50/50) umkristallisiert, so daß man 3,28g (24% Ausbeute, 99,44% HPLC) erhielt.

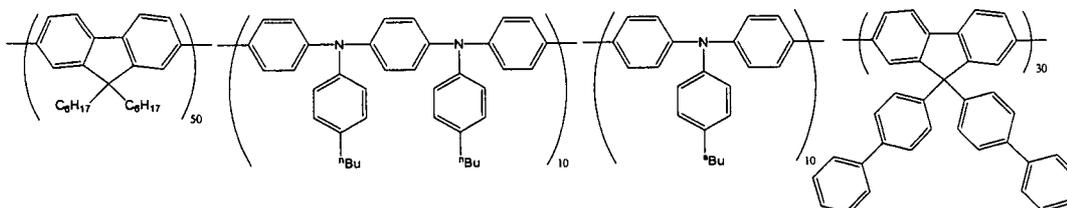
Monomerbeispiel M2: 2,7-Dibrom-9,9-bis(4-tert-butylbiphenyl)fluoren

**[0060]** Die Synthese erfolgte entsprechend der Synthese für das Monomerbeispiel M1, außer daß anstelle von 4-Brombiphenyl 4-Brom-4'-tert-butyl-1,1'-biphenyl verwendet wurde.

B) Polymerherstellung

Polymerbeispiel P1

**[0061]** Ein erfindungsgemäßes blau-emittierendes Polymer wurde entsprechend dem Verfahren aus WO 00/53656 hergestellt, wobei 9,9-Di-n-octylfluoren-2,7-di(ethylenboronat) (0,5 Äquivalente), 2,7-Dibrom-9,9-diphenylfluoren (0,3 Äquivalente), N,N-Di(4-bromphenyl)-sec-butylphenylamin (0,1 Äquivalente) und N,N'-Di(4-bromphenyl)-N,N'-di(4-n-butylphenyl)-1,4-diaminobenzol (0,1 Äquivalente) unter Bildung von Polymer P1 reagieren:



Polymer P1 besitzt eine Tg von 175°C

#### Vergleichspolymer Beispiel

**[0062]** Ein blau-elektrolumineszierendes Polymer, wie in WO 00/55927 offenbart, wurde gemäß Polymerbeispiel 1 hergestellt, bei dem alle sich wiederholenden 9,9-Diphenylfluoreneinheiten durch sich wiederholende 9,9-Di-n-octylfluoreneinheiten ersetzt wurden. Dies wurde der Herstellung von Polymerbeispiel 1 folgend bewerkstelligt, außer daß anstelle von 2,7-Dibrom-9,9-diphenylfluoren 0,3 Äquivalente 2,7-Dibrom-9,9-di-n-octylfluoren verwendet wurden.

**[0063]** Das Polymer gemäß diesem Vergleichsbeispiel weist eine Tg von um die 80°C auf.

#### Beispiel für eine Optische Anordnung

**[0064]** Auf ein Glas-Substrat, das ein ITO-Substrat mit einer Dicke von 270 µm trägt, wurde Poly(ethylendioxythiopen)/Polystyrolsulfonat (erhältlich von Bayer als Baytron P®) durch Schleuderbeschichten in einer Dicke von 270 µm abgeschieden. Darüber wurde ein erfindungsgemäßes Polymer durch Schleuderbeschichten in einer Dicke von 50 nm abgeschieden. Eine Schicht aus Lithiumfluorid (Dicke 4 nm) wurde auf dem Polymer durch Aufdampfen abgeschieden, gefolgt von einer Kalziumkathode (Dicke 50 nm), die auch durch Aufdampfen abgeschieden wurde. Die Anordnung wurde mittels eines Metallbehälters eingekapselt.

**[0065]** Die Lebensdauer der Anordnung beträgt etwa 3000 Stunden oder mehr (mit „Lebensdauer“ ist die Zeit gemeint, bis die Leuchtdichte der Anordnung von 100 cd/m<sup>2</sup> auf 50 cd/m<sup>2</sup> unter Gleichstromansteuerung bei Raumtemperatur gefallen ist).

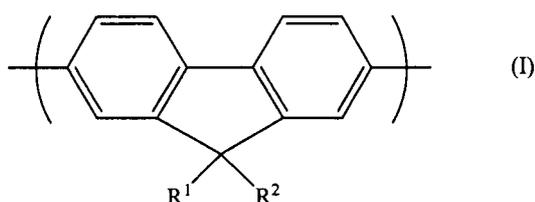
#### Beispiel für eine Vergleichsanordnung

**[0066]** Es wurde eine der obigen optischen Anordnung analoge Anordnung hergestellt, außer daß das oben beschriebene Vergleichspolymer verwendet wurde. Die Lebensdauer dieses Bauelements beträgt etwa 1000 Stunden.

**[0067]** Sowohl Polymer P1 als auch das Polymer des Vergleichsbeispiels sind blauelektrolumineszierende Polymere.

### Patentansprüche

1. Polymer mit einer ersten sich wiederholenden Einheit, die eine substituierte oder unsubstituierte Gruppe der allgemeinen Formel I umfaßt:



worin R<sup>1</sup> und/oder R<sup>2</sup> mindestens zwei substituierte oder unsubstituierte Aryl- oder Heteroarylgruppen umfaßt, mit Ausnahme derjenigen Gruppe der allgemeinen Formel I, worin einer der Reste R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup>, oder beide, eine Triarylamingruppe umfaßt bzw. umfassen.

2. Polymer nach Anspruch 1, worin R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> gleich sind.

3. Polymer nach Anspruch 1, worin R<sup>1</sup> und R<sup>2</sup> verschieden sind.

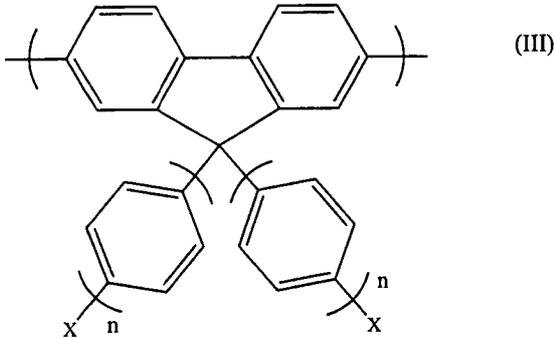
4. Polymer nach einem der Ansprüche 1 bis 3, worin R<sup>1</sup> und/oder R<sup>2</sup> eine substituierte oder unsubstituierte Phenyl-, Pyridin- oder Thiophengruppe umfaßt bzw. umfassen.

5. Polymer nach einem der Ansprüche 1 bis 4, worin R<sup>1</sup> und/oder R<sup>2</sup> eine Gruppe umfaßt bzw. umfassen, die die allgemeine Formel II, welche substituiert oder unsubstituiert ist, aufweist:



worin  $n$  2 oder 3 ist, und  $X$  ausgewählt ist aus Wasserstoff, Alkyl, Aryl, Heteroaryl, Alkoxy, Arylalkyl, Alkylaryl, Cyano, Halogen, Halogenalkyl, Halogenaryl, Halogenheteroaryl oder Halogenalkoxy.

6. Polymer nach Anspruch 5, worin die Gruppe mit der allgemeinen Formel I eine in der allgemeinen Formel III gezeigte Formel aufweist:



worin  $X$  und  $n$ , jeweils unabhängig voneinander, die in Anspruch 5 genannten Bedeutungen besitzen.

7. Polymer nach Anspruch 5 oder 6, worin  $X$  ausgewählt ist aus Wasserstoff, Alkyl, Halogenalkyl oder Alkoxy.

8. Polymer nach Anspruch 7, worin  $X$  ausgewählt ist aus Methyl, Ethyl, *n*-Butyl, *s*-Butyl oder *tert*-Butyl.

9. Polymer nach einem der Ansprüche 6 bis 8, worin  $n$  2 ist.

10. Polymer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, welches ferner eine zweite sich wiederholende Einheit + Ar + aufweist, die eine substituierte oder unsubstituierte Aryl- oder Heteroarylgruppe umfaßt.

11. Polymer nach Anspruch 10, worin Ar substituiert oder unsubstituiert ist und eine Fluoren-, Phenyl-, Phenylvinyl-, Benzothiadiazol-, Chinoxalin-, Thiophen-, Triarylamin-, bis-Triarylamin-, oder bis-(Diarylamin)arylen-Gruppe umfaßt.

12. Polymer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem das Polymer ein Homopolymer umfaßt.

13. Polymer nach einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Polymer ein Copolymer umfaßt.

14. Polymer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, worin der Polymerisationsgrad mindestens 4 beträgt.

15. Polymer nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Glasübergangstemperatur  $T_g$  mindestens  $100^\circ\text{C}$  beträgt.

16. Verwendung einer ersten sich wiederholenden Einheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 zum Transportieren von negativen Ladungsträgern in einem Polymer gemäß einem der vorhergehenden Ansprüche.

17. Verwendung eines Polymers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 als Bauelement in einer optischen Anordnung.

18. Verwendung eines Polymers gemäß Anspruch 17, bei der die optische Anordnung eine elektrolumineszierende Anordnung umfaßt.

19. Optische Anordnung oder Bauelement dafür, die bzw. das ein Substrat und ein auf das Substrat aufgebrachtes Polymer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 umfaßt.

20. Optische Anordnung oder Bauelement dafür gemäß Anspruch 19, wobei die optische Anordnung eine elektrolumineszierende Anordnung umfaßt.

21. Optische Anordnung gemäß Anspruch 20, bei dem die elektrolumineszierende Anordnung umfaßt: eine erste Ladungsträger injizierende Schicht zum Injizieren von positiven Ladungsträgern; eine zweite Ladungsträger injizierende Schicht zum Injizieren von negativen Ladungsträgern; eine lichtemittierende Schicht, die sich zwischen den Ladungsträger injizierenden Schichten befindet, zur Aufnahme und Vereinigung von positiven und negativen Ladungsträgern unter Erzeugung von Licht; und ein Polymer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15 zum Transport von negativen Ladungsträgern, das sich entweder zwischen der zweiten Ladungsträger injizierenden Schicht und der lichtemittierenden Schicht oder in der lichtemittierenden Schicht befindet.

22. Monomer zur Verwendung in einer Polymerisationsreaktion, das eine oder mehrere reaktionsfähige Gruppen und eine Monomereinheit mit der Struktur einer ersten sich wiederholenden Einheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9 umfaßt.

23. Verfahren zur Herstellung eines Polymers, das einen Schritt umfaßt, bei dem ein erstes Monomer gemäß Anspruch 22 mit einem zweiten Monomer, das gleich oder vom ersten Monomer verschieden sein kann, unter solchen Bedingungen zur Reaktion gebracht wird, daß die Monomere polymerisieren.

24. Verfahren nach Anspruch 23 zur Herstellung eines Polymers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, umfassend das Polymerisieren von:

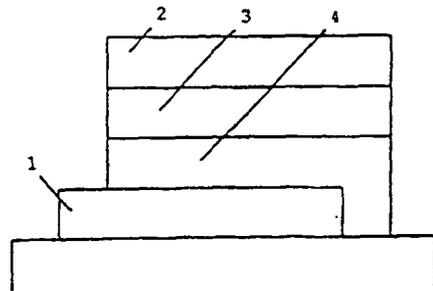
- (a) einem ersten aromatischen Monomer, umfassend entweder
  - (i) eine sich wiederholende Einheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9; oder
  - (ii) eine zweite sich wiederholende Einheit, die gleich oder von der ersten sich wiederholenden Einheit verschieden sein kann, und mindestens zwei reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppen, die ausgewählt sind aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und
- (b) einem zweiten aromatischen Monomer, das das jeweils andere der ersten oder zweiten sich wiederholenden Einheiten und mindestens zwei reaktionsfähige Halogenfunktionalitäten umfaßt, in einer Reaktionsmischung.

25. Verfahren nach Anspruch 23 zur Herstellung eines Polymers gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, umfassend das Polymerisieren von:

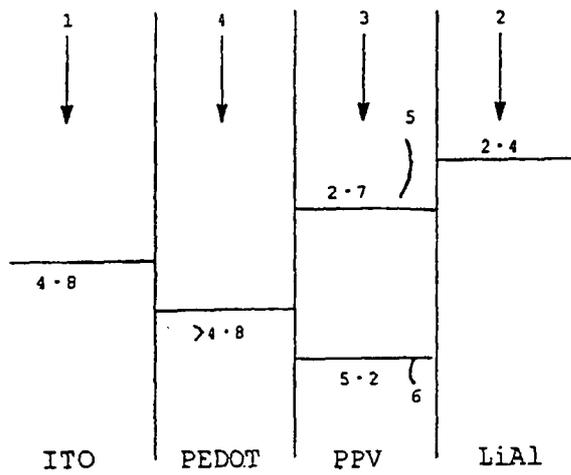
- (a) einem ersten aromatischen Monomer, umfassend:
  - (i) eine erste sich wiederholende Einheit gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9;
  - (ii) eine reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppe, die ausgewählt ist aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und
  - (iii) eine reaktionsfähige Halogenfunktionalität; und
- (b) einem zweiten aromatischen Monomer, umfassend:
  - (i) eine zweite sich wiederholende Einheit, die gleich oder von der ersten sich wiederholenden Einheit verschieden sein kann;
  - (ii) eine reaktionsfähige Bor-Derivat-Gruppe, die ausgewählt ist aus einer Boronsäuregruppe, einer Boronsäureestergruppe und einer Borangruppe; und
  - (iii) eine reaktionsfähige Halogenfunktionalität, in einer Reaktionsmischung.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen



Figur 1



Figur 2