



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 600 07 080 T2 2004.09.23**

(12)

Übersetzung der europäischen Patentschrift

(97) **EP 1 149 827 B1**

(21) Deutsches Aktenzeichen: **600 07 080.8**

(96) Europäisches Aktenzeichen: **00 108 877.2**

(96) Europäischer Anmeldetag: **26.04.2000**

(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **31.10.2001**

(97) Veröffentlichungstag

der Patenterteilung beim EPA: **10.12.2003**

(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **23.09.2004**

(51) Int Cl.7: **C07C 211/55**
H01L 51/30

(73) Patentinhaber:

Sony International (Europe) GmbH, 10785 Berlin, DE; Max-Planck-Gesellschaft zur Förderung der Wissenschaften e.V., 80539 München, DE

(74) Vertreter:

BOEHMERT & BOEHMERT, 28209 Bremen

(84) Benannte Vertragsstaaten:

DE, FR, GB, NL

(72) Erfinder:

Yasuda, Akio, 70327 Stuttgart, DE; Knoll, Wolfgang, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE; Meisel, Andreas, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE; Miteva, Tzenka, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE; Neher, Dieter, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE; Nothofer, Heinz-Georg, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE; Scherf, Ullrich, Ackermannweg 10, 55128 Mainz, DE

(54) Bezeichnung: **Polyfluore mit Endgruppen, Filme und darauf beruhende Anordnungen**

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 Polyfluorene mit Endkappengruppen, Filme und Vorrichtungen, die darauf basieren.

[0002] In jüngeren Jahren ist viel Aufmerksamkeit Polymeren gewidmet worden, die zum Einbau in Feldefekttransistoren, Licht-emittierenden Dioden (LEDs) und Photovoltaik-Vorrichtungen geeignet sind. Eine große Vielzahl von Polymeren sind als aktive Medien in diesen elektronischen Vorrichtungen eingebaut worden. Eine Klasse von Verbindungen, von der gefunden worden ist, daß sie für einen solchen Zweck potentiell nützlich sind, sind die Polyfluorene.

[0003] Verschiedene Gründe unterstützen die Verwendung von Polyfluorenen in diesen Vorrichtungen: Als erstes weisen Polyfluorene eindrucksvolle Blauemissionseigenschaften auf, und deswegen zogen sie beträchtliche Aufmerksamkeit auf sich im Hinblick auf ihr Potential zum Einbau in Emissionsschichten von LEDs. Mehrere Berichte haben eine leuchtend blaue Emission von Polyfluorenhomopolymeren gezeigt (A. W. Grice; D. D. C. Bradley; M. T. Bernius; M. Inbasekaran; W. W. Wu; E. P. Woo; Appl. Phys. Lett. 1998, 73, 629; Y. Yang und Q. Pei; J. Appl. Phys. 81, 3294 (1997)).

[0004] Eine zweite wichtige Eigenschaft von Polyfluorenen, insbesondere Polyfluorenhomopolymeren ist ihr thermotropes flüssigkristallines Verhalten, das es ermöglicht, diese Polymere auf Alignment-Schichten, zum Beispiel geriebenen Polyimidschichten zu orientieren (M. Grell, D. D. C. Bradley, M. Inbasekaran, E. P. Woo, Adv. Mater. 9, 798 (1997); M. Grell, D. D. C. Bradley, X. Long, T. Chamberlain, M. Inbasekaran, E. P. Woo, M. Soliman, Acta Polym. 49, 439 (1998)). Eine Orientierung der Polymere auf solchen Alignment-Schichten ermöglicht die Emission von linear polarisiertem Licht, was besonders für Vorrichtungen, wie etwa Flüssigkristall (LC)-Anzeigen nützlich ist, bei denen Emissionsschichten, die Polyfluorene enthalten, als Hintergrundleuchten verwendet werden. LEDs, die linear polarisiertes Licht emittieren und ein dichroitisches Verhältnis hinsichtlich der Emission von mehr als 20 und eine Helligkeit von mehr als 100 cd/m² haben, konnten hergestellt werden, wenn die Polyimid-Schichten mit geeigneten Lochtransportierenden Molekülen gedopt waren (M. Grell, W. Knoll, D. Lupo, A. Meisel, T. Miteva, D. Neher, H. G. Nothofer, U. Scherf, H. Yasuda, Adv. Mater. 11, 671 (1999)).

[0005] Die Effizienz der Vorrichtungen, die auf nicht-ausgerichteten und ausgerichteten Polyfluorenen beruhen, ist jedoch immer noch zu niedrig für Anwendungen. Die Effizienz einer Doppelschichtvorrichtung, umfassend eine quervernetzte Lochtransportierende Schicht (HTL) und eine Emissionsschicht (EML), basierend auf Poly(9,9-bis(n-octyl)fluoren-2,7-diyl) (PFO) mit linearen Octylseitenketten war nur 0,25 cd/A (A. W. Grice; D. D. C. Bradley; M. T. Bernius; M. Inbasekaran; W. W. Wu; E. P. Woo; Appl. Phys. Lett. 73, 629 (1998)). Es wird berichtet, daß Vorrichtungen mit ausgerichteten Polyfluorenen, unter Verwendung von Poly(9,9-bis(2-ethylhexyl)fluoren-2,7-diyl) sogar noch eine niedrigere Effizienz von näherungsweise 0,12 cd/A aufweisen (M. Grell, W. Knoll, D. Lupo, A. Meisel, T. Miteva, D. Neher, H. G. Nothofer, U. Scherf, H. Yasuda, Adv. Mater. 11, 671 (1999)).

[0006] Mehrere Versuche sind unternommen worden, um Polyfluorene chemisch zu modifizieren, um die Vorrichtungseffizienz zu erhöhen. Zum Beispiel copolymerisierten Kim et al. (Macromolecular Symposia, 1999, 143, 221-230) 2,7-Diethinyl-9,9'-di-n-hexylfluoren und 2,7-Dibrom-9,9'-di-n-hexylfluoren, um Poly(9,9'-di-n-hexyl-2,7-fluorenylenethinyl) zu ergeben. Das alternierende Copolymer emittierte eine blaue Farbe mit einem Spitzenmaximum bei 475 nm bei Anregung bei entweder 340, 365 oder 400 nm. Das Hauptemissionsmaximum verschob sich auf 425 nm bei Anregung bei 340 nm, wenn das Polymer mit Polyvinylcarbazol gemischt war (PVK). Licht-emittierende Dioden (LEDs), die mit dem alternierenden Copolymer, das zwischen Indium-Zinn-Oxid-Glass und Al eingebracht war, hergestellt wurden, emittierten ein Licht mit einem Spitzenmaximum bei 550 nm. Das Spitzenmaximum verschob sich auf 425 nm, wenn das Copolymer mit PVK gemischt wurde, wobei die Mischverhältnisse zwischen 5 bis 20% des emissiven Copolymers betragen.

[0007] Ein Farbtuning wurde mittels Einbau von Benzothiadiazol, Perylen oder Anthracengruppen absichtlich erzielt (Klaerner, G.; Davey, M. H.; Chen, W. D.; Scott, J. C.; Miller, R. D.; Adv. Mater. 10, 993 (1998); M. Kreyenschmidt, G. Klärner, T. Fuhrer, J. Ashenurst, S. Karg, W. D. Chen, V. Y. Lee, J. C. Scott, R. D. Miller, Macromolecules 31, 1099 (1998); Y. He, S. Gong, R. Hattori, J. Kanicki, Appl. Phys. Lett. 74, 2265 (1999)). Das Problem mit dem Einschluß solcher chemischen Gruppen in die Polyfluorenhauptkette oder die Copolymerisierung mit anderen Gruppen ist jedoch die unvermeidliche Modifizierung von wesentlichen Eigenschaften der Hauptkette, wie etwa die Steilheit und die geometrische Form, wodurch unvermeidlich der Charakter des Polyfluorens verändert wird, z. B. sein flüssigkristallines Verhalten, sofern ein solches vor jeglicher Modifizierung vorhanden war.

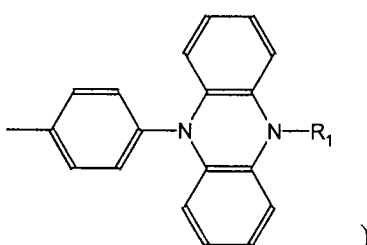
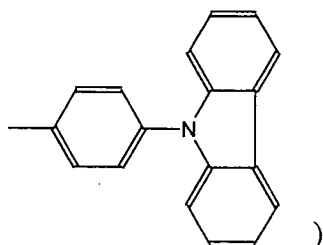
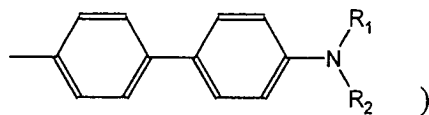
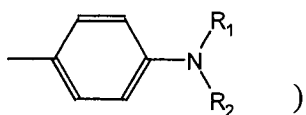
[0008] Ein anderes Problem mit LED-Vorrichtungen, die auf Polyfluoren-Emissionsschichten beruhen, ist, daß das Emissionsspektrum einer solchen LED einen signifikanten Beitrag von längeren Wellenlängen aufweist, insbesondere im Bereich des roten Teils des Spektrums (M. Grell, D. D. C. Bradley, X. Long, T. Chamberlain, M. Inbasekaran, E. P. Woo, M. Soliman; Acta Polym. 49, 439 (1998); M. Grell, W. Knoll, D. Lupo, A. Meisel, T. Miteva, D. Neher, H. G. Nothofer, U. Scherf, H. Yasuda, Adv. Mater. 11, 671 (1999); J. Teetsov, M. A. Fox; Journal of Materials Chemistry 9, 2117 (1999), V. N. Bliznyuk, S. A. Carter, J. C. Scott, G. Klärner, R.

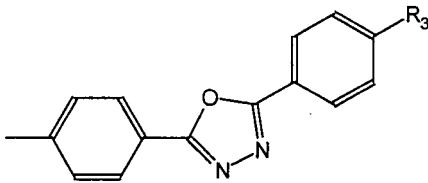
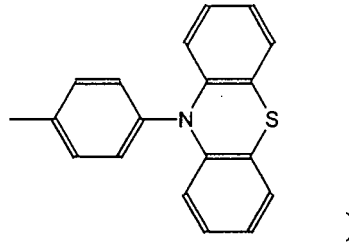
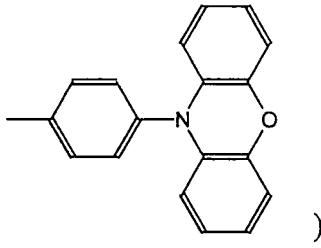
D. Miller, und D. C. Miller; *Macromolecules* 32, 361 (1999)). Die Stärke dieses Beitrags verändert sich stark mit dem Molekulargewicht und der Natur der Seitenketten. Diese Situation wird durch die Tatsache erschwert, daß das Alignment des Polymers in dem flüssigkristallinen Zustand einen Temper-Schritt (annealing step) bei höheren Temperaturen erfordert, was diesen unerwünschten Rotbeitrag verstärkt. Mehrere Versuche sind in Richtung auf eine Kontrolle von rot-verschobenen Emissionsbanden unternommen worden. Diese schließen die Synthese von statistischen (M. Kreyenschmidt, G. Klärner, T. Fuhrer, J. Ashenurst, S. Karg, W. D. Chen, V. Y. Lee, J. C. Scott, R. D. Miller; *Macromolecules* 1998, 31, 1099) oder Block (D. Marsitzky, M. Klapper, K. Müllen; *Macromolecules* 1999, 32, 8685)-Copolymeren, das Anhängen von sterisch anspruchsvollen Gruppen (G. Klärner, R. D. Miller, C. J. Hawker; *Polym. Prepr.* 1998, 1006) oder das thermische Quervernetzen von terminalen reaktiven Gruppen z. B. Benzocyclobutan ((a) E. P. Woo, M. Inbasekaran, W. Shiang, G. R. Roof, *Int. Pat. Anm. WO97/05184* (1997); (b) M. Inbasekaran, W. Wu, E. P. Woo; *US Pat. 5,770,070* (1998))-Einheiten oder ungesättigten Funktionen (z. B. Styryl) (Klaerner, G.; Davey, M. H.; Chen, W. D.; Scott, J. C; Miller, R. D.; *Adv. Mater.* 1998, 10, 993; G. Klärner, J.-I. Lee, V. Y. Lee, E. Chan, J.-P. Chen, A. Nelson, D. Markiewitz, R. Siemens, J. C. Scott, R. D. Miller; *Chem. Mater.* 1999, 11, 1800) ein. In den meisten dieser Fälle sind die elektronischen Eigenschaften ebenso wie das Phasenverhalten deutlich verändert worden im Vergleich zu dem der Polyfluoren-Homopolymere. Zum Beispiel hat die Synthese von Block-Copolymeren in der Tat zu einem sogar verstärkten Beitrag von unerwünschten rotverschobenen Emissionszuständen geführt (D. Marsitzky, M. Klapper, K. Müllen; *ibid.*).

[0009] Entsprechend ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Polymere bereitzustellen, die zum Einbau in elektronische Vorrichtungen, wie etwa FETs, LEDs und Photovoltaik-Vorrichtungen nützlich sind, die keinen unerwünschten Rotverschiebungsbeitrag zeigen. Insbesondere ist es eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, Polyfluorene bereitzustellen, die zum Einbau in diese Vorrichtungen nützlich sind, die keinen unerwünschten Rotverschiebungsbeitrag zeigen. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, Polymere, insbesondere Polyfluorene bereitzustellen, die die Herstellung von elektronischen Vorrichtungen ermöglichen, insbesondere LEDs, FETs und Photovoltaik-Vorrichtungen mit einer höheren Effizienz. Es ist eine weitere Aufgabe der vorliegenden Verbindung, LEDs mit einer höheren Leuchtstärke, einer niedrigeren Einsetzspannung, einem vernachlässigbaren Rotbeitrag, einer besseren Farbstabilität und dem Potential höhere dichroitische Verhältnisse zu erzielen, bereitzustellen.

[0010] All diese Aufgaben werden gelöst durch ein Polyfluoren, das mit wenigstens einer Ladungstransportierenden Gruppe als Endkappengruppe versehen ist, wobei die Ladungstransportierende Gruppe eine chemische Gruppe ist, die in der Lage ist, den Transport von Elektronen, Löchern oder Ionen zu erleichtern.

[0011] Es wird bevorzugt, daß in einem solchen Polyfluoren die Ladungs-transportierende Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Elektronen-transportierende Gruppen, Lochtransportierende Gruppen und Ionen-transportierende Gruppen, wobei, bevorzugter, die Ladungstransportierende Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend:





wobei R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryloxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl, und wobei R_3 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl.

[0012] In einer Ausführungsform wird bevorzugt, daß das Polyfluoren ungefähr 0,5 – 9 Gewichtsprozent an Ladungs-transportierenden Gruppen umfaßt.

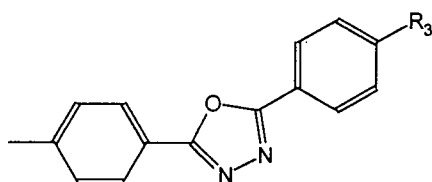
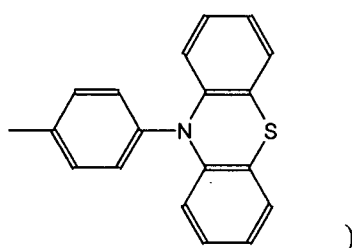
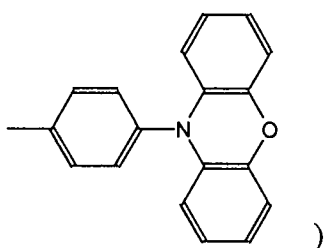
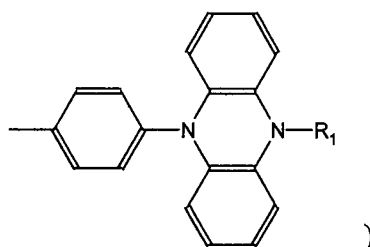
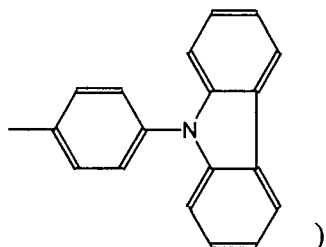
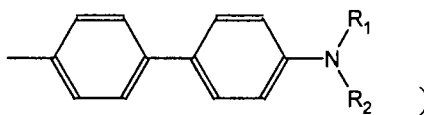
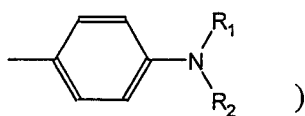
[0013] Es wird ebenso bevorzugt, daß Polyfluoren ungefähr 0,5–9 Molprozent an Ladungstransportierenden Gruppen umfaßt.

[0014] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform sind R_1 und R_2 bei jedem Auftreten unabhängig ausgewählt aus der Gruppe, umfassend 4-Methylphenyl, 2-Methylphenyl, Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 4-Methoxyphenyl, 2-Methoxyphenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 2-Dimethylaminophenyl, 4-Diphenylaminophenyl und 4-Phenoxyphenyl.

[0015] Bevorzugte Kombinationen sind:

- a) R_1 = Phenyl, R_2 = 4-Methylphenyl;
- b) R_1 = Phenyl, R_2 = 1-Naphthyl;
- c) R_1 = Phenyl, R_2 = 2-Naphthyl;
- d) R_1 = R_2 = 4-Methylphenyl ;
- e) R_1 = R_2 = Phenyl;
- f) R_1 = R_2 = 4-Dimethylaminophenyl;
- g) R_1 = R_2 = 4-Diphenylaminophenyl.

[0016] Die Aufgaben der Erfindung werden ebenso durch ein Polyfluoren gelöst, das mit wenigstens einer Gruppe als Endkappengruppe versehen ist, die ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend



wobei R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryloxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl, und

wobei R_3 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl.

[0017] In einer Ausführungsform wird bevorzugt, daß das Polyfluoren ungefähr 0,5 – 9 Gewichtsprozent an Ladungs-transportierenden Gruppen umfaßt.

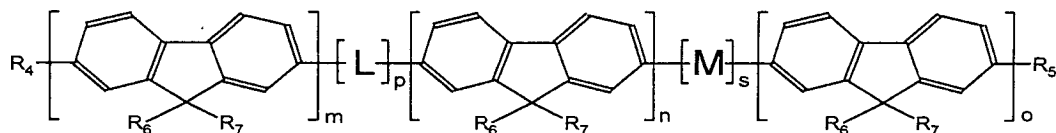
[0018] Es wird ebenso bevorzugt, daß das Polyfluoren ungefähr 0,5 – 9 Molprozent an Ladungstransportierenden Gruppen umfaßt.

[0019] In einer bevorzugten Ausführungsform sind R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt aus der Gruppe, umfassend 4-Methylphenyl, 2-Methylphenyl, Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 4-Methoxyphenyl, 2-Methoxyphenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 2-Dimethylaminophenyl, 4-Diphenylaminophenyl und 4-Phenoxyphenyl.

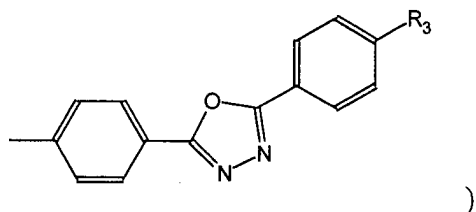
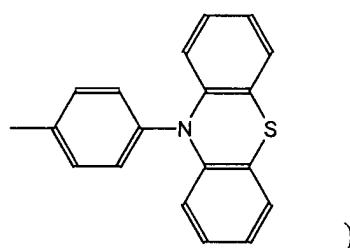
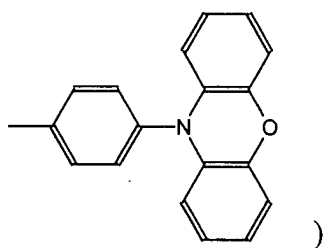
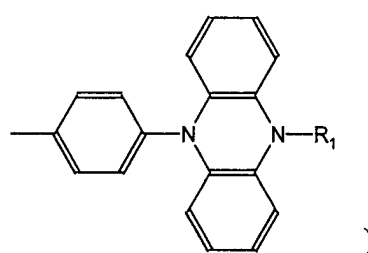
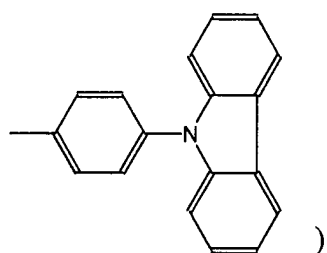
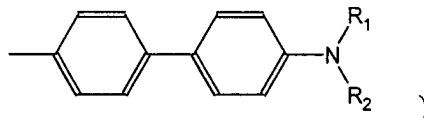
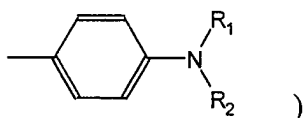
[0020] Bevorzugte Kombinationen sind:

- $R_1 = \text{Phenyl}$, $R_2 = 4\text{-Methylphenyl}$;
- $R_1 = \text{Phenyl}$, $R_2 = 1\text{-Naphthyl}$;
- $R_1 = \text{Phenyl}$, $R_2 = 2\text{-Naphthyl}$;
- $R_1 = R_2 = 4\text{-Methylphenyl}$;
- $R_1 = R_2 = \text{Phenyl}$;
- $R_1 = R_2 = 4\text{-Dimethylaminophenyl}$;
- $R_1 = R_2 = 4\text{-Diphenylaminophenyl}$.

[0021] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden weiterhin gelöst durch ein Polyfluoren mit der Formel



wobei R_4 und R_5 bei jedem Auftreten unabhängig ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend:



und H,

R_1 und R_2 unabhängig ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigtkettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkyl-aryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryl-oxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl,

R_3 ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigtkettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl,

und wobei R_6 und R_7 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigtkettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, $-(CH_2)_q-(O-CH_2-CH_2)_r-O-CH_3$,

wobei q ausgewählt ist aus dem Bereich $1 \leq q \leq 10$, r ausgewählt ist aus dem Bereich $0 \leq r \leq 20$,

und wobei L und M unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend Thiophen, substituiertes Thiophen, Phenyl, substituiertes Phenyl, Phenanthren, substituiertes Phenanthren, Anthracen,

substituiertes Anthracen, jedes aromatische Monomer, das als ein Dibrom-substituiertes Monomer synthetisiert werden kann, Benzothiadiazol, substituiertes Benzothiadiazol, Perylen und substituiertes Perylen, und wobei $m + n + o \geq 10$, wobei jedes von m , n , o unabhängig ausgewählt ist aus dem Bereich 1 – 1.000, und wobei p ausgewählt ist aus dem Bereich 0–15, und wobei s ausgewählt ist aus dem Bereich 0 – 15,

unter der Voraussetzung, daß, wenn R_4 H ist, R_5 nicht H ist, und wenn R_5 H ist, R_4 nicht H ist.

[0022] In einer Ausführungsform wird ein Polyfluoren bevorzugt,

bei dem m , p , s , o 0 sind, und

bei dem R_4 – R_7 und R_1 – R_3 wie zuvor definiert sind.

[0023] In einer Ausführungsform wird ein Polyfluoren bevorzugt, das ungefähr 0,5 – 9 Gewichtsprozent an R_4 - und R_5 -Gruppen umfaßt.

[0024] In einer Ausführungsform wird ein Polyfluoren bevorzugt, das ungefähr 0,5 – 9 Molprozent an R_4 - und R_5 -Gruppen umfaßt.

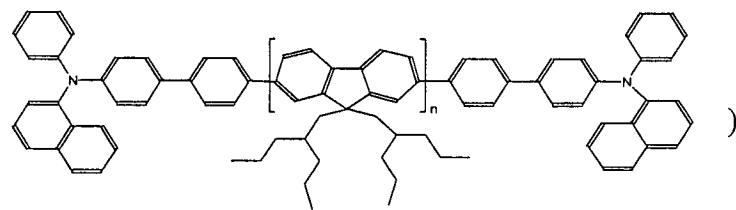
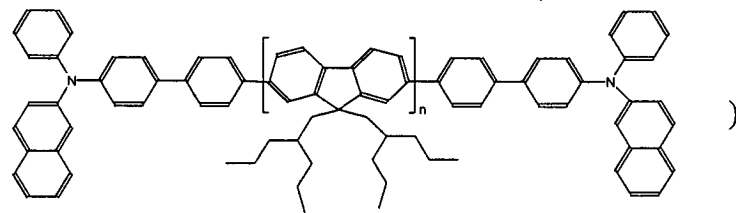
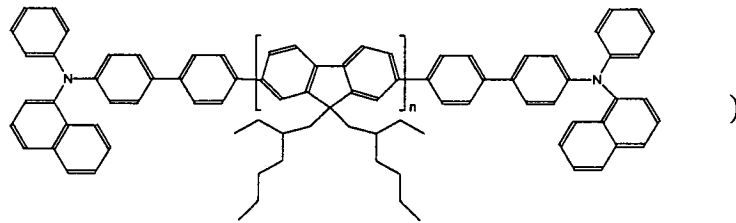
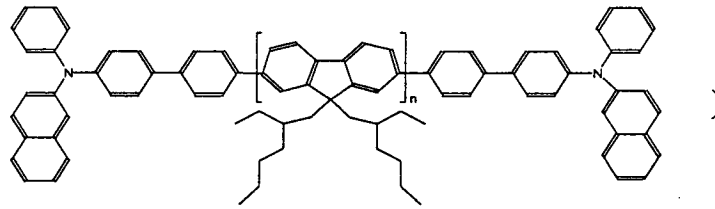
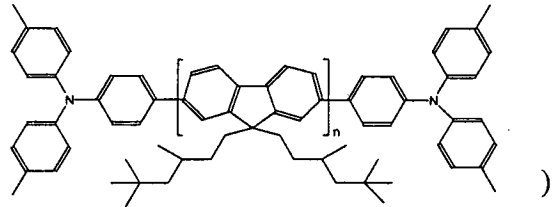
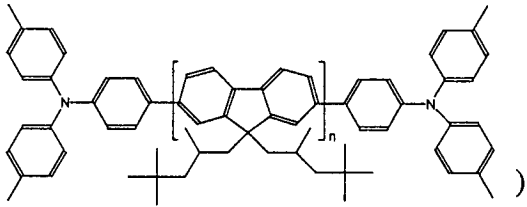
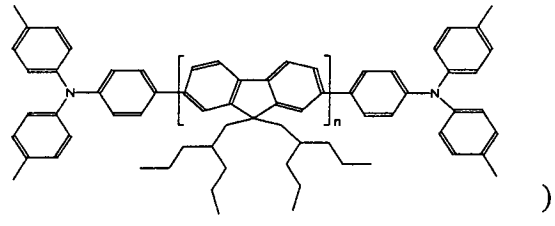
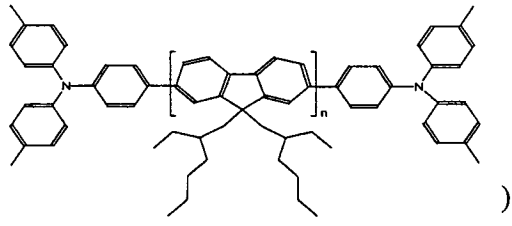
[0025] Es wird bevorzugt, daß ein Polyfluoren gemäß der vorliegenden Erfindung mit einem Polyfluoren gemäß der vorliegenden Erfindung über wenigstens eine Verbindung quervernetzt ist, die ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend eine 9,9-Spirobifluoren-Verknüpfung, eine Bifluorenyl-Verknüpfung, eine Bifluorenyliden-Verknüpfung und eine α,ω -Difluorenylalkan-Verknüpfung mit einer Länge des Alkan-Spacer im Bereich von 1–20 C-Atomen.

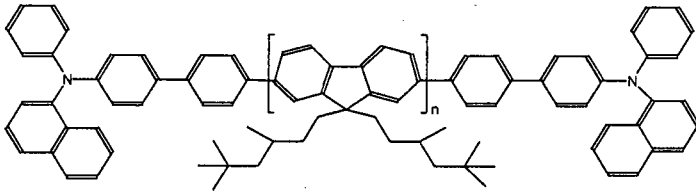
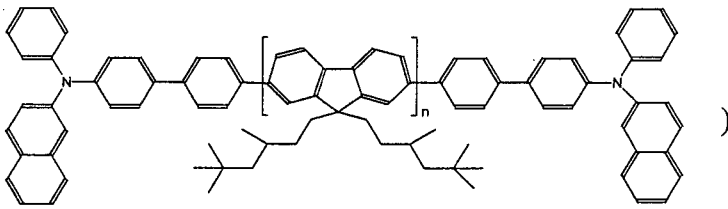
[0026] Es wird ebenso bevorzugt, daß ein Polyfluoren gemäß der vorliegenden Erfindung wenigstens eine farbverändernde (colour tuning) Gruppe in die Hauptkette eingebaut hat, wobei, bevorzugter, die farbverändernde Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Thiophen, substituiertes Thiophen, Phenyl, substituiertes Phenyl, Phenanthren, substituiertes Phenanthren, Anthracen, substituiertes Anthracen, jedes aromatische Monomer, das als ein Dibromsubstituiertes Monomer synthetisiert werden kann, Benzothiadiazol, substituiertes Benzothiadiazol, Perylen und substituiertes Perylen.

[0027] In einer Ausführungsform wird ein Polyfluoren bevorzugt, das flüssigkristallin ist, wobei, bevorzugter, es flüssigkristallin bei oder oberhalb von 70°C ist.

[0028] In einer anderen Ausführungsform wird ein Polyfluoren bevorzugt, das amorph ist.

[0029] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden weiterhin durch ein Polyfluoren gelöst, das ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend





wobei n wie zuvor definiert ist.

[0030] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso durch einen Film gelöst, der ein Polyfluoren gemäß der vorliegenden Erfindung enthält.

[0031] Es wird bevorzugt, daß der Film ausgerichtet (aligned) ist.

[0032] Es wird bevorzugt, daß der Film wenigstens eine weitere Substanz enthält, wobei besagte weitere Substanz ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend fluoreszierende Farbstoffe, Lochtransportierende Gruppen, Elektronen-transportierende Gruppen, Ionen-transportierende Gruppen, phosphoreszierende Farbstoffe, Nanopartikel, niedrigmolekulargewichtige flüssigkristalline Gruppen, andere flüssigkristalline und/oder fluoreszierende und/oder phosphoreszierende und/oder Ladungs-transportierende Polymere.

[0033] In einer Ausführungsform wird bevorzugt, daß der Film auf einer Alignment-Schicht abgelegt wird.

[0034] In einer Ausführungsform hat der Film eine Dicke im Bereich von 10 nm bis 2 µm. In einer Ausführungsform wird bevorzugt, daß der Film eine Dicke im Bereich von 50 – 300 nm hat.

[0035] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch eine Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, Photovoltaik-Elemente, LEDs und Sensoren, die ein Polyfluoren gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten.

[0036] Es wird bevorzugt, daß die Vorrichtung ein weiteres Polymer eingebaut hat, wobei, bevorzugter, besagtes Polymer ein lumineszierendes Polymer ist.

[0037] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch eine Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, Photovoltaik-Elemente, LEDs und Sensoren, die einen Film gemäß der vorliegenden Erfindung enthalten.

[0038] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch die Verwendung eines Polyfluorens gemäß der vorliegenden Erfindung in einem Film, wobei, bevorzugter, der Film eine Emissionsschicht ist.

[0039] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch die Verwendung eines Polyfluorens gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, Photovoltaik-Elemente, LEDs und Sensoren.

[0040] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch die Verwendung eines Films gemäß der vorliegenden Erfindung in einer Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, Photovoltaik-Elemente, LEDs und Sensoren.

[0041] Die Aufgaben der vorliegenden Erfindung werden ebenso gelöst durch die Verwendung einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung in Kombination mit einer Flüssigkristallanzeige (LCD).

[0042] Es ist überraschenderweise gefunden worden, daß das Versehen einer Polyfluoren-Polymerhauptkette mit Ladungs-transportierenden Gruppen als Endkappengruppen LEDs mit einer höheren Effizienz und einer besseren Farbstabilität ergibt, ohne jedoch die elektronischen Eigenschaften der Polyfluoren-Polymerhauptkette zu verändern. Darüberhinaus stört das Versehen mit geeigneten Ladungs-transportierenden Gruppen als Endkappengruppen überraschenderweise nicht die Phaseneigenschaft des Polyfluoren-Polymers und beeinflusst nicht ihre Orientationsfähigkeiten. Ein weiterer Vorteil im Zusammenhang mit der vorliegenden Erfindung ist die Tatsache, daß das Versehen des Polyfluorenmoleküls mit einer Ladungstransportierenden Gruppe als Endkappengruppe in dem angezeigten Gewichtsprozentbereich oder Molprozentbereich eine genaue Kontrolle über das Molekulargewicht des Polyfluorens ermöglicht.

[0043] Die Begriffe, wie hierin verwendet, sind wie folgt definiert:

[0044] Ein Molekül ist mit einer Gruppe "als Endkappengruppe versehen", wenn die Gruppe an besagtes Molekül angehängt ist, bevorzugt kovalent angehängt ist. Die Stelle des Anhängens kann jede Stelle in dem Molekül sein, die die angehängte Gruppe zu einer Endgruppe macht; im Falle eines linearen Polymers ist die be-

vorzugte Stelle des Versehens mit Endkappengruppen die beiden Enden. Es werden jedoch auch Anhängungsstellen, die nicht die Endstellen sind, in Erwägung gezogen, wie etwa Anhängungsstellen für Seitenketten. In einem verzweigten Polymer sind die bevorzugten Stellen zum Versehen mit Endkappengruppen die terminalen Stellen jedes Zweigs des Polymers.

[0045] Der Begriff "Ladungs-transportierende Gruppe" soll jede chemische Gruppe bezeichnen, die in der Lage ist, den Transport von Elektronen, Löchern (z. B. Ladungsdefizienzen, insbesondere Elektronendefizienzen) und Ionen zu bezeichnen. Der Begriff umfaßt weiterhin auch diejenigen Gruppen, die zu Elektronen-transportierenden Gruppen, Loch-transportierenden Gruppen oder Ionen-transportierenden Gruppen transformiert werden können, z. B. durch Protonierung, Spaltung, Proteolyse, Photolyse etc.

[0046] Eine "farbverändernde Gruppe" ist jede Gruppe, die in der Lage ist, die spektralen Eigenschaften eines Moleküls zu modifizieren, an welches eine solche Gruppe angehängt ist, und/oder in die eine solche Gruppe eingebaut ist.

[0047] Ein "Film" ist jede Schicht mit einer Dicke, ausgewählt aus dem Bereich 10 nm–2 µm, bevorzugt ausgewählt aus 50 – 300 nm. Ein solcher Film kann z. B. eine Emissionsschicht einer opto-elektronischen Vorrichtung sein, z. B. einer LED. Der Film kann ausgerichtet (aligned) oder nicht-ausgerichtet (non-aligned) sein und zum Beispiel mittels Gießen aus einer Lösung, Spin-Casting, Doctor-Blading, Offsetdruck, Tintenstrahldruck etc. hergestellt sein. Das Alignment wird bevorzugt durch Tempern mittels Erhitzens oberhalb oder in der Nähe der Übergangstemperatur zur flüssigkristallinen Phase erzielt, aber andere Verfahren und Wege zum Tempern und Ausrichten sind möglich, zum Beispiel durch Aussetzen gegenüber einem Lösungsmitteldampf. Der Film kann auf einer spezifischen Alignment-Schicht zum Zwecke der Ausrichtung der Moleküle in dem Film abgelegt werden, oder er kann durch Techniken wie Strecken, Reiben etc. direkt ausgerichtet werden. Bevorzugte Materialien für eine Alignment-Schicht sind ausgewählt aus der Gruppe, umfassend Polyimid, Nylon, PVA, Poly(pphenylenvinyl), Polyamid, Teflon (heißgerieben)(hot rubbed) und Glas, sind aber nicht darauf beschränkt. Die Alignment-Schicht kann ihre Eigenschaften durch Reiben, Beleuchtung mit polarisiertem Licht, Ionen-Bombardierung, Oberflächenstrukturinduktion mittels Reibens etc. induziert haben. In einer Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung kann ein Film gemäß der vorliegenden Erfindung zusammen mit wenigstens einer anderen Schicht verwendet werden, z. B. einer anderen Emissionsschicht oder mehreren anderen Emissionsschichten, abhängig von den Anforderungen der Anwendung (zusätzlich zu den anderen Schichten, deren Anwesenheit inhärent essentiell für das richtige Funktionieren der Vorrichtung ist).

[0048] Der Begriff "in Kombination mit einer Flüssigkristallanzeige" soll jede Anordnung bezeichnen, in der ein Film und/oder eine Vorrichtung gemäß der vorliegenden Erfindung in physikalischer Nähe zu einer Flüssigkristallanzeige (LCD) ist, und/oder funktionell daran gekoppelt ist, z. B. die Verwendung einer LED, bevorzugt einer LED, die polarisiertes Licht emittiert, als ein Hintergrundlicht für eine Flüssigkristallanzeige.

[0049] Die Erfindung wird nun vollständiger in der folgenden spezifischen Beschreibung und den folgenden Figuren beschrieben, wobei

[0050] **Fig. 1** eine allgemeine synthetische Route zu Poly(9,9-dialkylfluoren-2,7-diyl)en zeigt;

[0051] **Fig. 2** Leuchtdichte-Spannungskurven für LEDs mit Emissionsschichten von reinem Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren (PF2/6_1) und Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin zeigt, das mit unterschiedlichen Konzentrationen (2, 4, 9 mol%) der Loch-transportierenden Endkappengruppe versehen ist (PF2/6am2, PF2/6am4; PF2/6am9); der eingesetzte Kasten in **Fig. 2** zeigt Lumineszenz-Stromdichtenkurven für dieselben Vorrichtungen;

[0052] **Fig. 3** zeigt normalisierte Elektrolumineszenzspektren der Vorrichtungen mit aktiven Schichten von reinem Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren (PF2/6_1 & PF 2/6_2) mit unterschiedlichen Molekulargewichten und Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin (PF2/6am2; PF2/6am4; PF2/6am9) mit unterschiedlichen Konzentrationen an Loch-transportierenden Endkappengruppen;

[0053] **Fig. 4** zeigt Leuchtdichten-Spannungskurven für LEDs mit Emissionsschichten von reinem Poly(9,9-bis(2,4,4-trimethylpentyl))fluoren (PF3/1/5) und Poly(9,9-bis(2,4,4-trimethylpentyl) fluoren-2,7-bis-(4-methylphenyl)phenylamin (PF3/1/5am4), das mit 4 mol% Endkappengruppe versehen ist; der eingesetzte Kasten zeigt normalisierte Elektrolumineszenzspektren derselben Vorrichtungen;

[0054] **Fig. 5** zeigt Leuchtdichten-Spannungskurven für LEDs mit Emissionsschichten von reinem Poly(2,7-(9,9-bis(2-propylpentyl))fluoren (PF3/5) und Poly(2,7-(9,9-bis(2-propylpentyl)) fluoren-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin (PF3/5am6), das mit 6 mol% Endkappengruppe versehen ist; der eingesetzte Kasten zeigt normalisierte Elektrolumineszenzspektren der Vorrichtung mit frischem, mit Endkappengruppen versehenem Polymer und nach 15 Minuten Betriebsdauer;

[0055] **Fig. 6** zeigt die polarisierte Absorption von ca. 100 nm dicker ausgerichteter Schicht von Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin (PF2/6am4) mit 4 mol% Endkappengruppe auf geriebenem Polyimid, getempert bei 145° unter Argon;

[0056] **Fig. 7** zeigt eine Intensitäts-Spannungskurve für eine polarisierte LED mit einer ausgerichteten Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin (PF2/6am4), 4 mol% Endkappengruppe, Emissionsschicht; der eingesetzte Kasten zeigt Emissionsspektren derselben Vorrichtung, gemessen

parallel und rechtwinklig zu der Reibungsrichtung der Lochtransportschicht.

[0057] Die folgenden nicht-beschränkenden Beispiele beschreiben die vorliegende Erfindung voll-ständiger und auf eine detailliertere Weise, ohne daß sie die vorliegende Erfindung beschränken sollen.

Beispiele:

Beispiel 1: Synthese der Monomere

[0058] Die Synthese von hochmolekulargewichtigen löslichen Polyfluorenen mittels Übergangsmetall-katalysiertem Aryl-Aryl-Koppeln wurde zuerst von Pei und Yang von UNIAX Corp. beschrieben (Y. Yang, Q. Pei; J. Am. Chem. Soc., 118, 7416 (1996)). Die zur Vorrichtungsherstellung verwendeten Materialien wurden gemäß allgemeinen Prozeduren für reduktive Polykondensationen vom Yamamoto-Typ von Dihalogen-aromatischen Verbindungen mit $Ni(COD)_2$ als ein effektives Aryl-Aryl-Kopplungsmittel synthetisiert (T. Yamamoto; Progr. Polym. Sci., 17, 1153 (1992)). Die 9,9-Dialkyl-substituierten Monomere wurden in enger Analogie mit Literaturverfahren hergestellt ((a) E. P. Woo, M. Inbasekaran, W. Shiang, G. R. Roof Int. Pat. Anm. WO97/05184 (1997); (b) M. Inbasekaran, W. Wu, E. P. Woo; US Pat. 5, 777, 070 (1998)). Sofern erforderlich, wurde ein primärer Alkohol in das entsprechende Alkylbromid vor der Alkylierung von 2,7-Dibromfluoren umgewandelt.

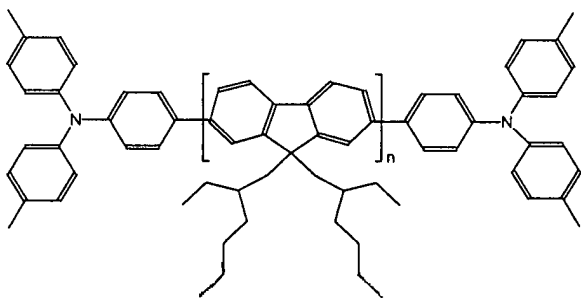
Beispiel 2: Synthese der mit Endkappengruppen versehenen Polymere

[0059] Am Anfang wurden Bis(4-methylphenyl)(4-bromphenyl)amin zu der Reaktionsmischung in einer Konzentration von 2–9 mol/l als ein geeignetes monofunktionelles Reagenz zum Anhängen von Endkappengruppen zu der Reaktionsmischung zugegeben. Die resultierenden Polymere wurden in einer Mischung von Methanol/Aceton/konzentrierter Salzsäure ausgefällt und mit Ethylacetat für 5 Tage extrahiert. Schließlich wurden die Polymere in Toluol erneut aufgelöst, das Lösungsmittel partiell verdunstet, die Polymere erneut ausgefällt und unter Vakuum bei 80°C getrocknet. Die Ausbeuten sind zwischen 50%–80%.

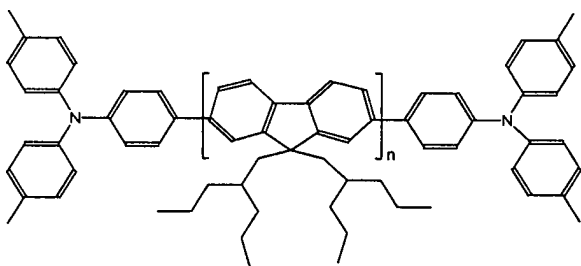
[0060] Die Monofunktionalität des Reagenz zum Versehen mit Endkappengruppen stellte sicher, daß das Polymer nach einer Reaktion mit einem solchen Reagenz ein Ende hatte. Gemäß dieser synthetischen Prozedur wird keine der Endkappengruppen deshalb in den Hauptteil der Hauptkette eingebaut sein. Stattdessen wird die Endkappengruppe ausschließlich an den Termini des Polymers zu liegen kommen.

[0061] Die folgenden Polymere wurden gemäß dieser Prozedur hergestellt:

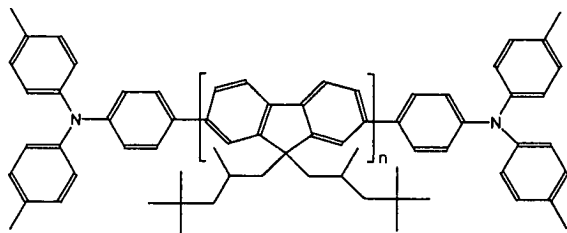
Poly(2,7-(9,9-bis(2-ethylhexyl))fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin [PF2/6am]:



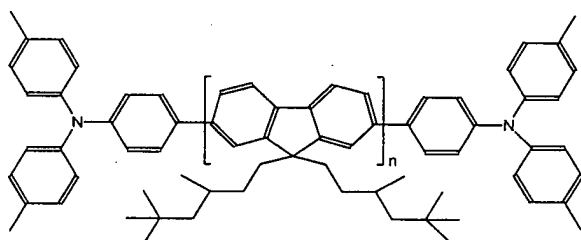
Poly(2,7-(9,9-bis(2-propylphenyl))fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin [PF3/5am]:



Poly(9,9-bis(2,4,4-trimethylpentyl)fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin [PF3/1/5am]:



Poly(9,9-bis(3,5,5-trimethylhexyl)fluoren)-2,7-bis(4-methylphenyl)phenylamin [PF3/1/6am]:



[0062] Eine Zusammenfassung der untersuchten, mit Endkappengruppen versehenen Polyfluorene. Eine Gelpermeationschromatographie (GPC) wurde in THF mit einem Polystyrolstandard durchgeführt:

	Verhältnis Monomer: Endkappen- gruppen (am Anfang der Polymerisationsreaktion)	M_n (g/mol)	M_w (g/mol)	D
PF2/6am2	98:2	102000	145000	1,42
PF2/6am4	96:4	48400	75100	1,55
PF2/6am9*	91:9	12000	30800	2,57
PF3/5am6	94:6	29500	54300	1,84
PF3/1/5am4	96:4	32000	61500	1,92
PF3/1/6am2	98:2	70800	137300	1,94

* Das Polymer wurde mit Aceton anstelle von Ethylacetat extrahiert.

Beispiel 3: Herstellung von LED-Vorrichtungen

[0063] Einzelschicht-LEDs wurden aus dem reinen PF2/6 und aus PF2/6, das mit 2, 4 und 9 mol% Triphenylamin als Endkappengruppe versehen war, hergestellt – PF2/6am2, PF2/6am4 bzw. PF2/6am9. Reines PF3/5 und PF3/5am, mit Endkappengruppen versehen, ebenso wie reines PF3/1/5 und PF3/1/5am, mit Endkappengruppen versehen, wurden ebenso untersucht. Alle Vorrichtungen wurden bei Umgebungsbedingungen mittels Spin-Casting der Polymerlösung in Toluol auf Glassubstrat hergestellt, die von gemueterten ITO-Elektroden und einer 25 nm-Schicht des leitenden Polymers Polyethylendioxythiophen (PEDT) bedeckt waren. Proben wurden in Vakuum bei Zimmertemperatur für 24 Stunden vor dem Verdunsten von Ca/Al-Topoelektroden getrocknet. Typische Emissionsschichtdicken (gemessen mit einem Tencor α -Schritt-Profilier) waren 90 nm. Die Überlappung zwischen den beiden Elektroden führte zu Vorrichtungsflächen von 5 mm². Die Vorrichtungskarakterisierung wurde in einer evakuierten Probenkammer durchgeführt.

Beispiel 4: Vorrichtungseigenschaften von LEDs, basierend auf PF2/6am

[0064] Die Leuchtdichten-Spannungskurven der Vorrichtungen mit aktiven Schichten aus PF2/6am2, PF2/6am4, und PF2/6am9 werden in **Fig. 2** gezeigt. Ebenso dargestellt sind die Vorrichtungseigenschaften einer Vorrichtung mit der Emissionsschicht, basierend auf einem Polyfluoren, das nicht mit Endkappengruppen

versehen ist (PF2/6_1, $M_n = 195\ 000$). Die Helligkeit bei 9 V wächst von ca. 50 cd/m² für das nicht mit Endkappengruppen versehene Polymer auf bis zu 1.500 cd/m² für das PF2/6 mit 9 mol% Endkappengruppe. Der eingesetzte Graph zeigt das Anwachsen der Effizienz mit wachsender Endkappengruppenkonzentration auf bis zu 0,4 Cd/A bei 1.500 cd/m² für die Vorrichtung mit dem höchsten Endkappengruppengehalt. Die Abweichungen für die Proben mit 4 mol% Endkappengruppe könnten auf dem höheren Grad an Kristallinität der Emissionsschicht beruhen, die durch dieses Polymer gebildet werden.

Beispiel 5: Spektrale Eigenschaften von LEDs, basierend auf PF2/6am

[0065] Emissionsspektren wurden auf einem E686 Princeton Applied Research Model 1235 Digital Dreifachgitterspektrograph für Vorrichtungen mit Emissionsschichten, basierend auf PF2/6am2, PF2/6am4, PF2/6am9, PF2/6_1 und einem Homopolymer mit einem Molekulargewicht von $M_n = 100.000$ (PF2/6_2) aufgenommen. Drei Hauptspitzen können in dem PF EL-Spektrum, gezeigt in **Fig. 3**, identifiziert werden: Excitonenemission bei ca. 422 nm und 448 nm (Null-Phonon-Linie und ihre Schwingungs-Progression) und eine breite Bande bei ca. 517 nm. Für das reine PF2/6 mit einem höheren Molekulargewicht (PF2/6_1) wird das EL-Spektrum vollständig von der rot-verschobenen Emission bei ca. 520 nm bestimmt, mit signifikanten Variationen von Probe zu Probe. Der Gehalt an Loch-transportierenden Endkappengruppen (HTE) beeinträchtigt signifikant die EL-Spektren von PF2/6am, wie in **Fig. 3** gezeigt. Bei Erhöhung der Endkappengruppenkonzentration wird die Intensität der Schwingungs-Progression kleiner, und der Rotbeitrag bei 517 nm wird vollständig unterdrückt. Es sollte bemerkt werden, daß PF2/6am2 mit 2 mol% Loch-transportierenden Endkappengruppen näherungsweise dieselbe M_n wie das nicht mit Endkappengruppen versehene PF2/6_2 hat.

Beispiel 6: Vorrichtungseigenschaften und spektrale Eigenschaften von LEDs, basierend auf PF3/1/5am

[0066] Ähnliche Effekte werden für das Polyfluoren mit symmetrischem, aber großem Seitenkettenmuster (PF3/1/5), wie in **Fig. 4** gezeigt, beobachtet. Bei Versehen mit 4 mol% HTE Endkappengruppen, wird die Einsetzspannung (onset voltage) für die Elektrolumineszenz kleiner, und die Vorrichtungshelligkeit steigt an. Die blaue excitonische Emissionsbande bei 422 nm, die die inhärenten Eigenschaften der Polyfluorene darstellt, wird ausgeprägter, und der Rotbeitrag bei ca. 517 nm wird stark unterdrückt. Das M_n des nicht mit Endkappengruppen versehenen PF3/1/5 betrug 80.000.

Beispiel 7: Vorrichtungseigenschaften und spektrale Eigenschaften von LEDs, basierend auf PF3/5am

[0067] Das PF3/5-Polymer hat die höchste Kristallisationstendenz wegen seiner stark symmetrischen und weniger großen Seitenketten. Die Einsetzspannung für EL von Vorrichtung mit einer PF3/5am6-Emissionsschicht ist signifikant niedriger im Vergleich mit der von PF3/5-Vorrichtungen, und die Vorrichtungshelligkeit ist höher, was in **Fig. 5** gesehen werden kann. Das EL-Spektrum des nicht mit Endkappengruppen versehenen PF3/5 enthält keinen rotverschobenen Emissionsbeitrag, aber die Farbstabilität ist für das mit Endkappengruppen versehene PF3/5am6 besser – es gibt praktisch keine Veränderung in der Vorrichtungsemission nach mehr als 15 Min Betriebsdauer (PF3/5am6 = 0 Min; pf3/5am6 opp = 15 Min Betriebsdauer), wie anhand des eingesetzten Kastens in **Fig. 5** gesehen werden kann.

[0068] Im allgemeinen zeigen alle Vorrichtungen, die aktive Schichten von mit einer Ladungstransportierende Gruppe als Endkappengruppen versehenen Polyfluorenen umfassen, stabile Farbeigenschaften.

Beispiel 8: Ausrichtung von PF2/6am

[0069] Polyimid (PI)-Alignment-Schichten wurden mittels Spin-Casting eines PI-Vorläufers bei einem Gesamtfeststoffgehalt von 30 g/L in dem Merck-ZLI 2650-Kit-Lösungsmittel bei 2.000 upm für 50 s hergestellt. Nach 15 Min. Weichbacken bei 80°C wurde der Vorläufer bei 300°C für 1 h unter einem Rotationspumpenvakuum umgewandelt. PI-Schichten wurden in einer Richtung unter Verwendung einer Reibemaschine von E. H. C. Co., Ltd., Japan gerieben. Der rotierende Zylinder war mit einem Reyon-Tuch abgedeckt und wurde bei 1.400 upm rotiert. Die Proben wurden zweimal unter dem Zylinder mit einer Translationsgeschwindigkeit für 2,2 mm/s durchlaufen gelassen. Die Tiefe des Aufdrucks des Reibetuchs auf das Substrat war näherungsweise 0,8 mm. Filme von PF2/6am wurden aus einer 10 g/l Toluollösung auf geriebene PI-Alignment-Schichten gedreht (spun). Die endgültige Filmdicke war 90 nm, gemessen mit einem Tencor- α -Schritt-Profilier. Um eine Monodomain-Ausrichtung zu induzieren, wurden Filme in einem Autoklaven bei einer Temperatur von 145°C für zwei Stunden in einer 0,1 bar Ar-Atmosphäre getempert und auf Zimmertemperatur mit einer Rate von 5 K/Min gekühlt. Wie in **Fig. 6** gesehen werden kann, wurde ein Dichroismusverhältnis von 26 bei 380 nm erhalten.

Beispiel 9: Herstellung von LEDs mit ausgerichteter Emissionsschicht

[0070] Ein Polyimidvorläufer, der zum Lochtransport modifiziert worden war, wurde auf ITOgemusterten Glassubstraten mittels Spin-Casting aufgetragen. Umwandlung, Reiben, Spin-Coating von PF2/6am und Tempern wurden durchgeführt, wie in Beispiel 8 beschrieben. Ca/Al Top-elektroden wurden thermisch aufgedampft. Die Überlappung zwischen den beiden Elektroden führte zu Vorrichtungsf lächen von 5 mm². Die Vorrichtungskarakterisierung wurde in einer evakuierten Probenkammer durchgeführt.

Beispiel 10: Vorrichtungseigenschaften und spektrale Eigenschaften von polarisierten LEDs

[0071] Die Leuchtdichten-Spannungskurven einer typischen polarisierten LED mit einer aktiven Schicht von PF2/6am₄, ausgerichtet auf einer Loch-transportierenden Alignmentschicht, wird in **Fig. 7** gezeigt. Die Vorrichtung hat eine Einsetzspannung für die polarisierte Emission von gerade einmal 4,5 V, eine Leuchtstärke von mehr als 200 Cd/m² bei 10 V und ein Polarisationsverhältnis des bei 447 nm emittierten Lichts von höher als 11 (siehe eingesetzter Graph von **Fig. 7**).

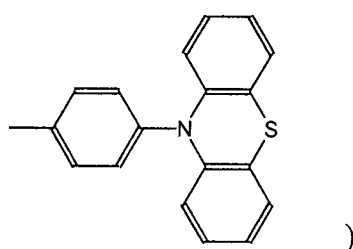
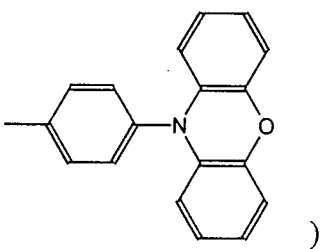
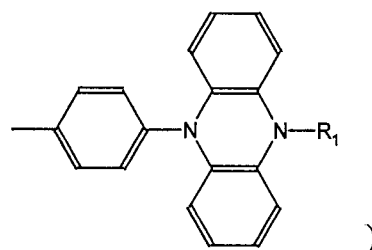
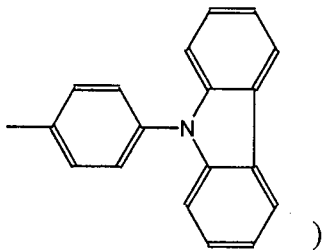
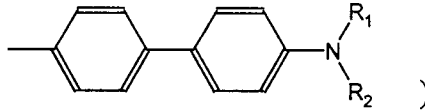
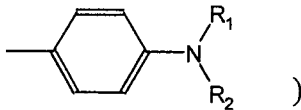
[0072] Die Merkmale, die in der vorhergehenden Beschreibung und den Ansprüchen offenbart sind, können getrennt und in beliebiger Kombination davon für die Verwirklichung der Erfindung in unterschiedlichen Formen davon wesentlich sein.

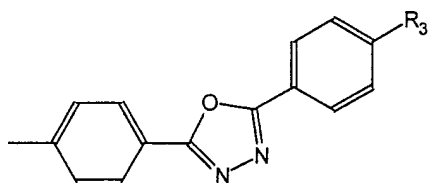
Patentansprüche

1. Ein Polyfluoren, das mit wenigstens einer Ladungs-transportierenden Gruppe als Endkappengruppe versehen ist, wobei die Ladungs-transportierende Gruppe eine chemische Gruppe ist, die in der Lage ist, den Transport von Elektronen, Löchern oder Ionen zu erleichtern.

2. Polyfluoren nach Anspruch 1, wobei die Ladungs-transportierende Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Elektronen-transportierende Gruppen, Loch-transportierende Gruppen und Ionen-transportierende Gruppen.

3. Polyfluoren nach einem der Ansprüche 1–2, wobei die Ladungs-transportierende Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend:

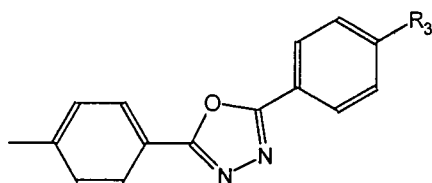
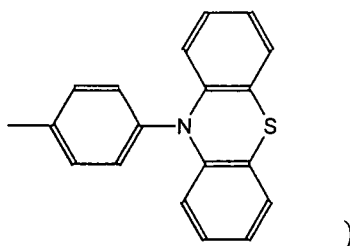
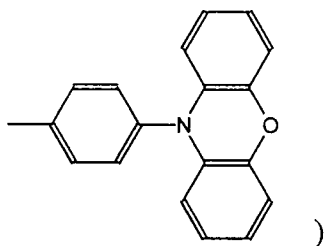
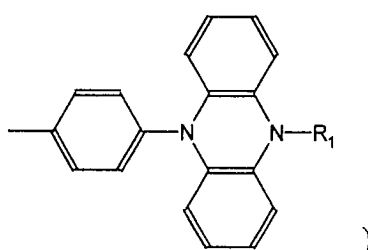
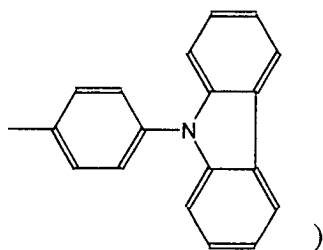
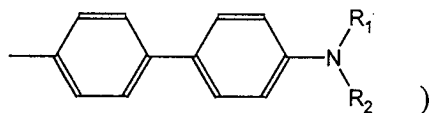
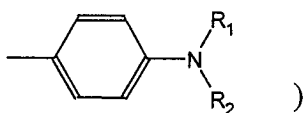




wobei R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryloxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl, und wobei R_3 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl.

4. Polyfluoren nach Anspruch 3, wobei R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend 4-Methylphenyl, 2-Methylphenyl, Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 4-Methoxyphenyl, 2-Methoxyphenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 2-Dimethylaminophenyl, 4-Diphenylaminophenyl und 4-Phenoxyphenyl.

5. Ein Polyfluoren, das mit wenigstens einer Gruppe als Endkappengruppe versehen ist, die ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend

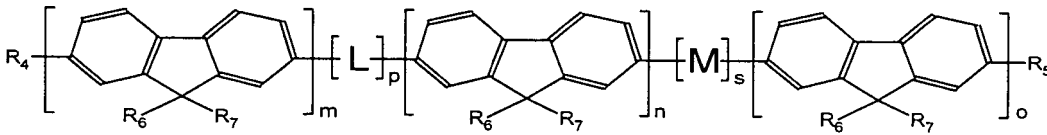


wobei R_1 und R_2 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigt-kettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryloxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl, und wobei R_3 unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C_{1-20} -Alkyl,

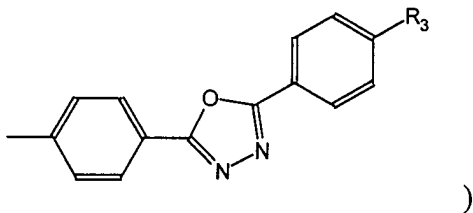
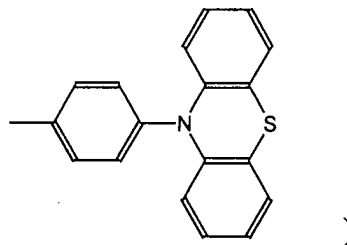
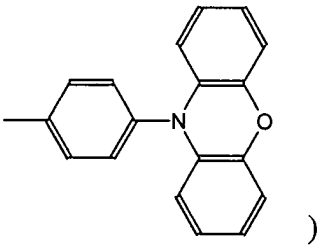
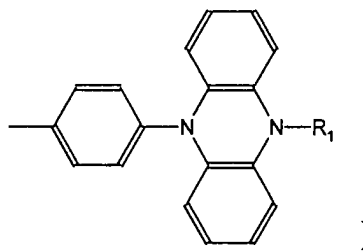
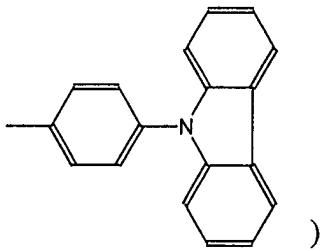
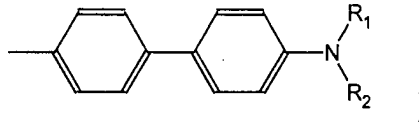
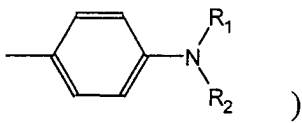
verzweigt-kettiges C₁₋₂₀-Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl.

6. Polyfluoren nach Anspruch 5, wobei R₁ und R₂ unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend 4-Methylphenyl, 2-Methylphenyl, Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 4-Methoxyphenyl, 2-Methoxyphenyl, 4-Dimethylaminophenyl, 2-Dimethylaminophenyl, 4-Diphenylaminophenyl und 4-Phenoxyphenyl.

7. Ein Polyfluoren mit der Formel



wobei R₄ und R₅ bei jedem Auftreten unabhängig ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend:



und H,

wobei R₁ und R₂ unabhängig ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C₁₋₂₀-Alkyl, verzweigt-kettiges C₁₋₂₀-Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, Alkoxyaryl, substituiertes Alkoxyaryl, Aryloxyaryl, substituiertes Aryloxyaryl, Dialkylaminoaryl, substituiertes Dialkylaminoaryl, Diarylaminoaryl und substituiertes Diarylaminoaryl,

R₃ ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend geradkettiges C₁₋₂₀-Alkyl, verzweigt-kettiges C₁₋₂₀-Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl und substituiertes Alkylaryl,

und wobei R₆ und R₇ unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend geradkett-

tiges C_{1-20} -Alkyl, verzweigtkettiges C_{1-20} -Alkyl, Aryl, substituiertes Aryl, Alkylaryl, substituiertes Alkylaryl, $-(CH_2)_q-(O-CH_2-CH_2)_r-O-CH_3$,
wobei q ausgewählt ist aus dem Bereich $1 \leq q \leq 10$, wobei r ausgewählt ist aus dem Bereich $0 \leq r \leq 20$,
und wobei L und M unabhängig bei jedem Auftreten ausgewählt sind aus der Gruppe, umfassend Thiophen, substituiertes Thiophen, Phenyl, substituiertes Phenyl, Phenanthren, substituiertes Phenanthren, Anthracen, substituiertes Anthracen, jedes aromatische Monomer, das als ein Dibrom-substituiertes Monomer synthetisiert werden kann, Benzothiadiazol, substituiertes Benzothiadiazol, Perylen und substituiertes Perylen,
und wobei $m + n + o \geq 10$, wobei jedes von m, n, o unabhängig ausgewählt ist aus dem Bereich 1–1.000,
und wobei p ausgewählt ist aus dem Bereich 0–15,
und wobei s ausgewählt ist aus dem Bereich 0–15,
unter der Voraussetzung, daß, wenn R_4 H ist, R_5 nicht H ist, und wenn R_5 H ist, R_4 nicht H ist.

8. Polyfluoren nach Anspruch 7, wobei m, p, s, o 0 sind, und wobei R_4-R_7 und R_1-R_3 wie zuvor definiert sind.

9. Polyfluoren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das mit einem Polyfluoren nach einem der vorangehenden Ansprüche über wenigstens eine Verknüpfung quervernetzt ist, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend eine 9,9-Spirobifluoren-Verknüpfung, eine Bifluorenyl-Verknüpfung, eine Bifluorenyliden-Verknüpfung und eine α,ω -Difluorenylalkan-Verknüpfung mit einer Länge des Alkan-Spacer im Bereich von 1–20 C-Atomen.

10. Polyfluoren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das wenigstens eine farbverändernde Gruppe in die Hauptkette eingebaut hat.

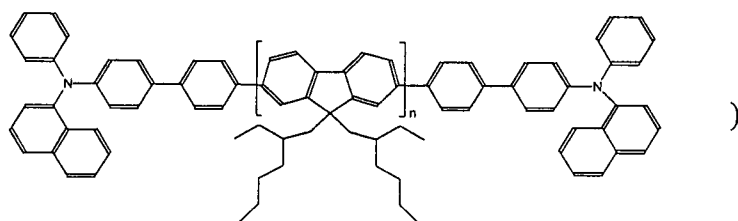
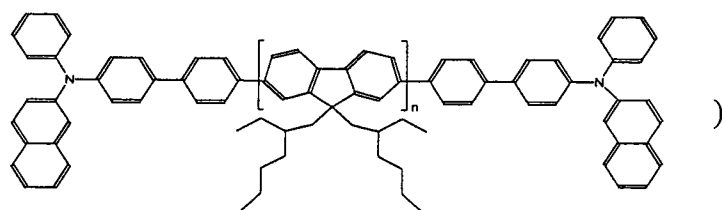
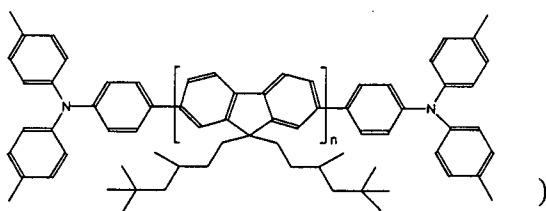
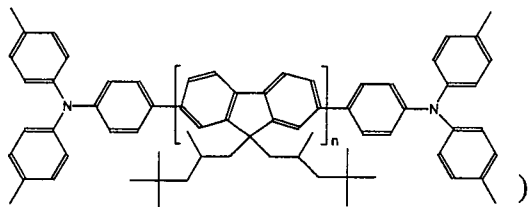
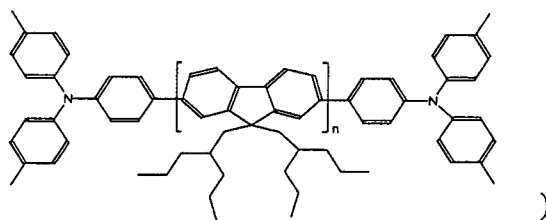
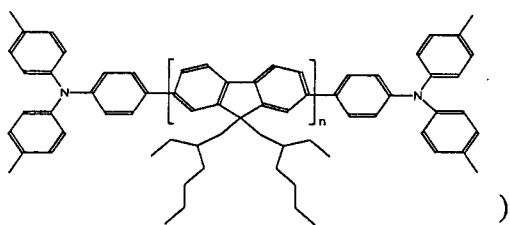
11. Polyfluoren nach Anspruch 10, wobei die farbverändernde Gruppe ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend Thiophen, substituiertes Thiophen, Phenyl, substituiertes Phenyl, Phenanthren, substituiertes Phenanthren, Anthracen, substituiertes Anthracen, jedes aromatische Monomer, das als ein Dibrom-substituiertes Monomer synthetisiert werden kann, Benzothiadiazol, substituiertes Benzothiadiazol, Perylen und substituiertes Perylen.

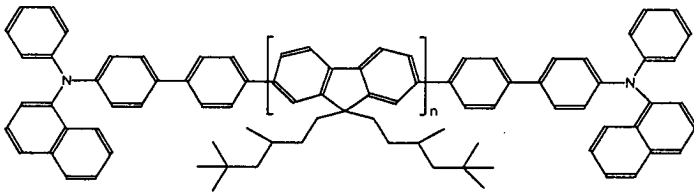
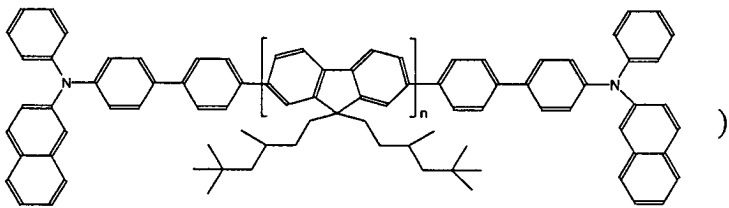
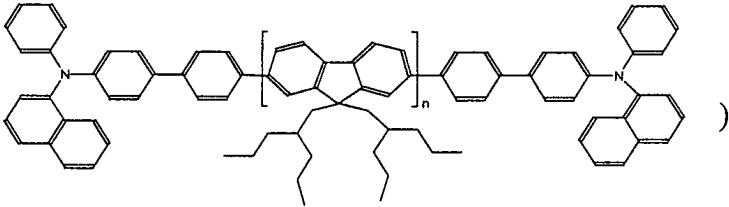
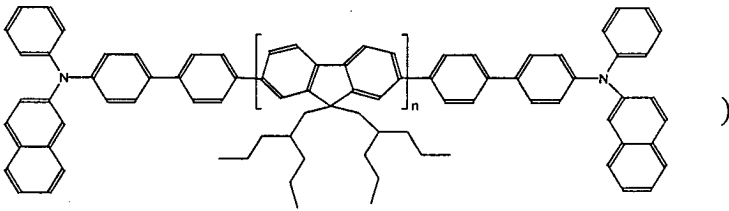
12. Polyfluoren nach einem der vorangehenden Ansprüche, das flüssigkristallin ist.

13. Polyfluoren nach Anspruch 12, das bei oder oberhalb von 70°C flüssigkristallin ist.

14. Polyfluoren nach einem der Ansprüche 1–11, das amorph ist.

15. Ein Polyfluoren, das aus der Gruppe ausgewählt ist, umfassend





wobei n wie zuvor definiert ist.

16. Ein Film, der ein Polyfluoren nach einem der vorangehenden Ansprüche enthält.
17. Film nach Anspruch 16, der ausgerichtet ist.
18. Film nach einem der Ansprüche 16–17, der wenigstens eine andere Substanz enthält.
19. Film nach Anspruch 18, bei dem besagte andere Substanz ausgewählt ist aus der Gruppe, umfassend fluoreszierende Farbstoffe, Loch-transportierende Gruppen, Elektronentransportierende Gruppen, Ionen-transportierende Gruppen, phosphoreszierende Farbstoffe, Nanopartikel, flüssigkristalline Gruppen mit niedrigem Molekulargewicht, andere flüssigkristalline und/oder fluoreszierende und/oder phosphoreszierende und/oder Ladungstransportierende Polymere.
20. Film nach einem der Ansprüche 16–19, der auf einer Alignment-Schicht abgelegt ist.
21. Film nach einem der Ansprüche 16–20 mit einer Dicke im Bereich von 10 nm bis 2 μm .
22. Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, photovoltaische Elemente, LEDs und Sensoren, wobei die Vorrichtung ein Polyfluoren nach einem der Ansprüche 1 – 15 enthält.
23. Vorrichtung nach Anspruch 22, die ein weiteres Polymer enthält.
24. Vorrichtung nach Anspruch 23, wobei besagtes Polymer ein lumineszierendes Polymer ist.
25. Eine Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, photovoltaische Elemente, LEDs und

Sensoren, wobei die Vorrichtung einen Film nach einem der Ansprüche 16–21 enthält.

26. Verwendung eines Polyfluorens nach einem der Ansprüche 1–15 in einem Film.

27. Verwendung nach Anspruch 26, wobei der Film eine Emissionsschicht ist.

28. Verwendung eines Polyfluorens nach einem der Ansprüche 1–15 in einer Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, photovoltaische Elemente, LEDs und Sensoren.

29. Verwendung eines Films nach einem der Ansprüche 16–21 in einer Vorrichtung, ausgewählt aus der Gruppe, umfassend FETs, photovoltaische Elemente, LEDs und Sensoren.

30. Verwendung einer Vorrichtung nach einem der Ansprüche 22–25 in Kombination mit einer Flüssigkristall-Anzeige (LCD).

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

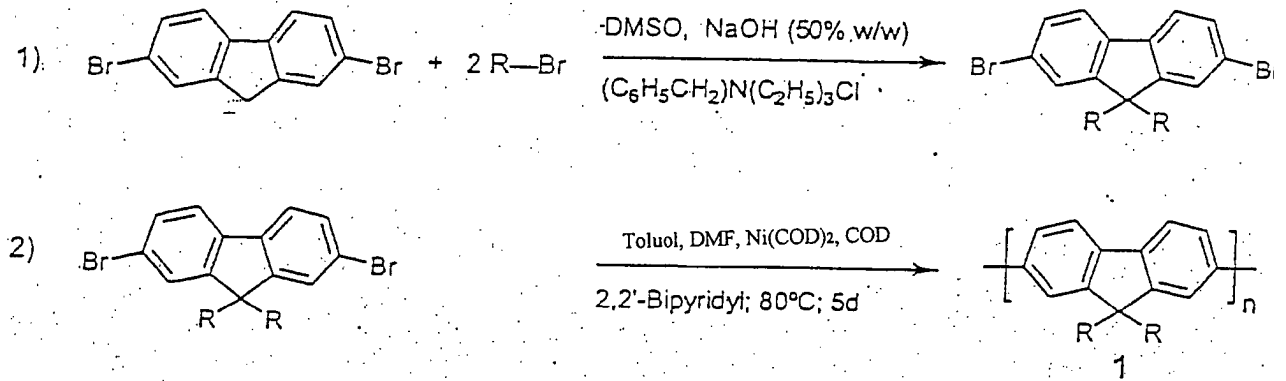


Fig. 1

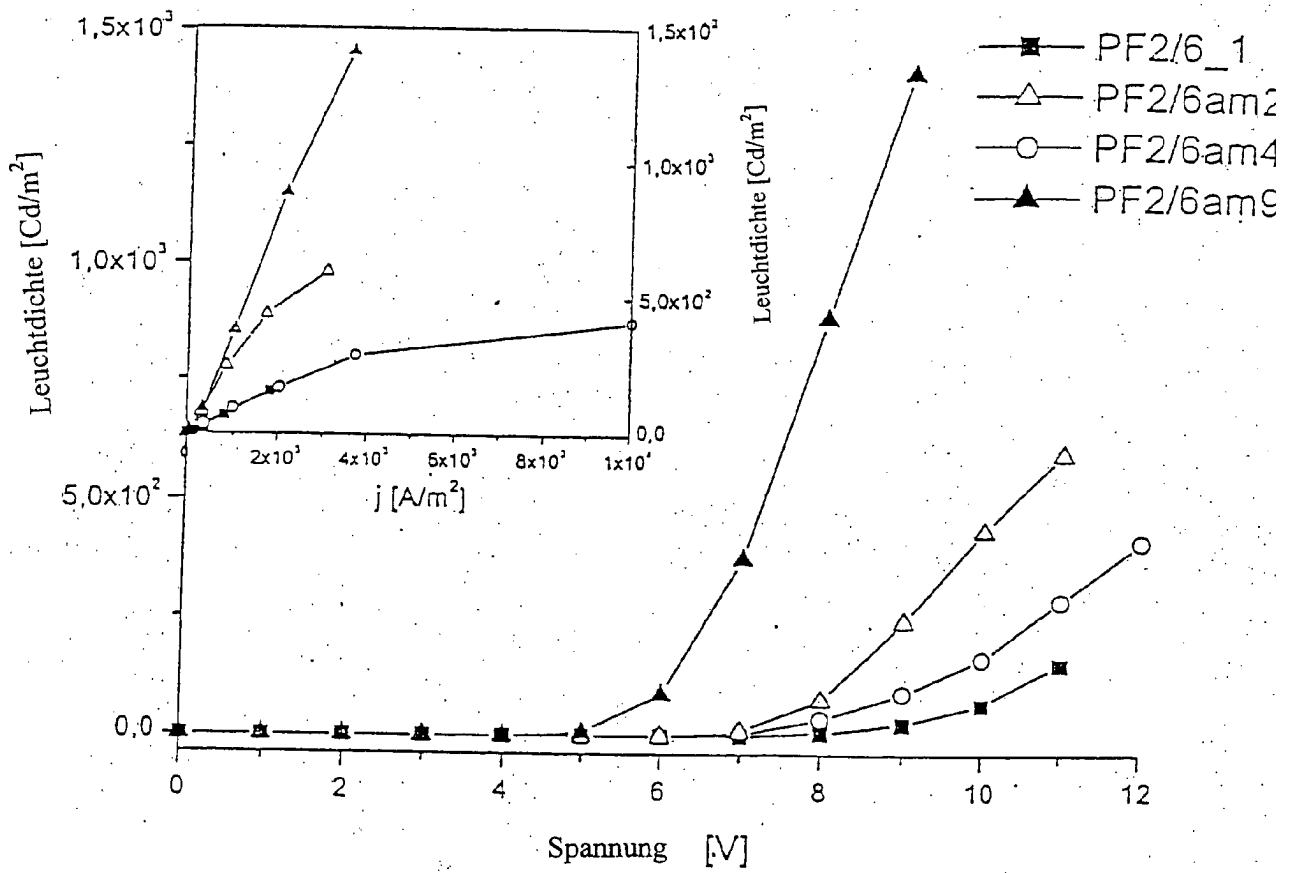


Fig. 2

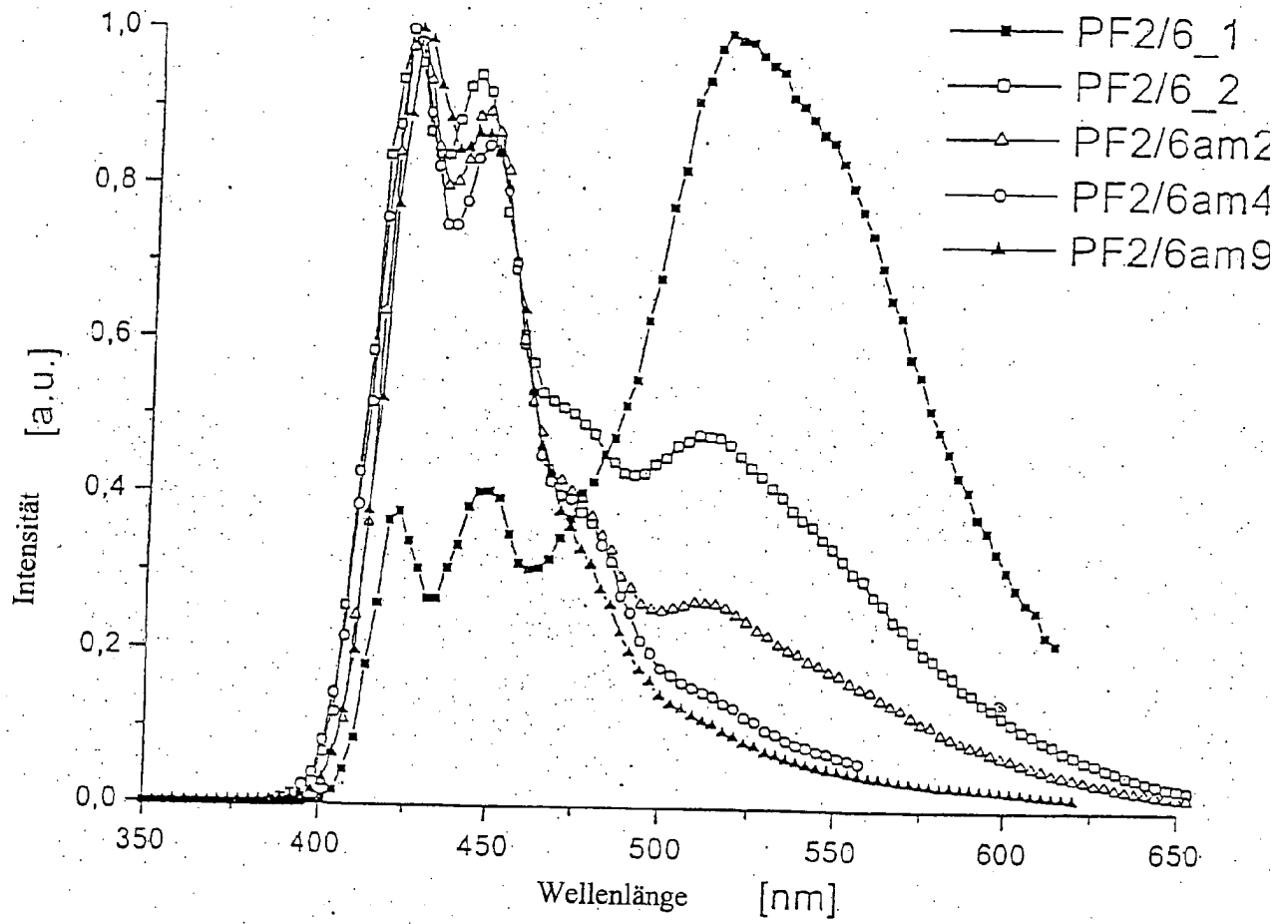


Fig. 3

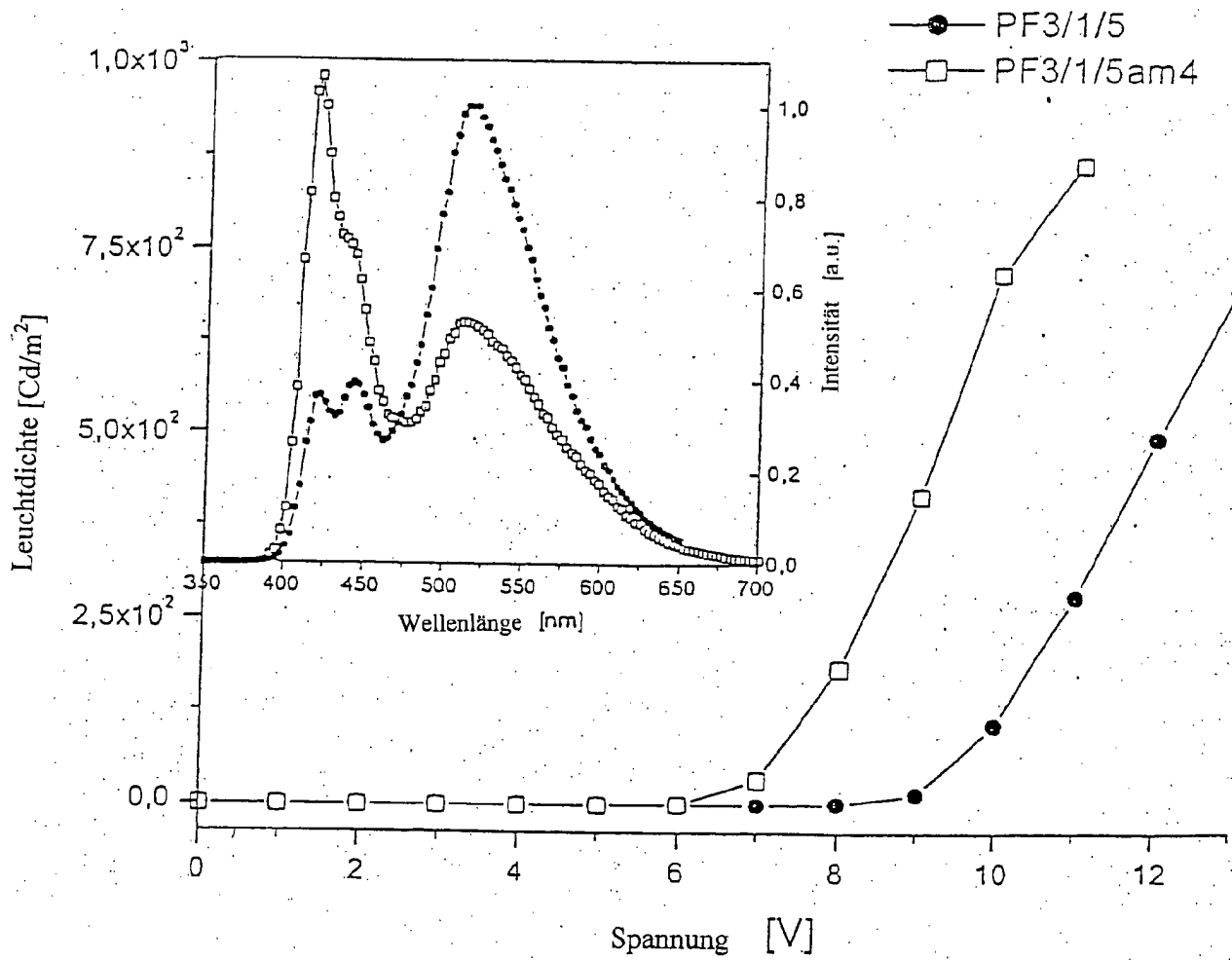


Fig. 4

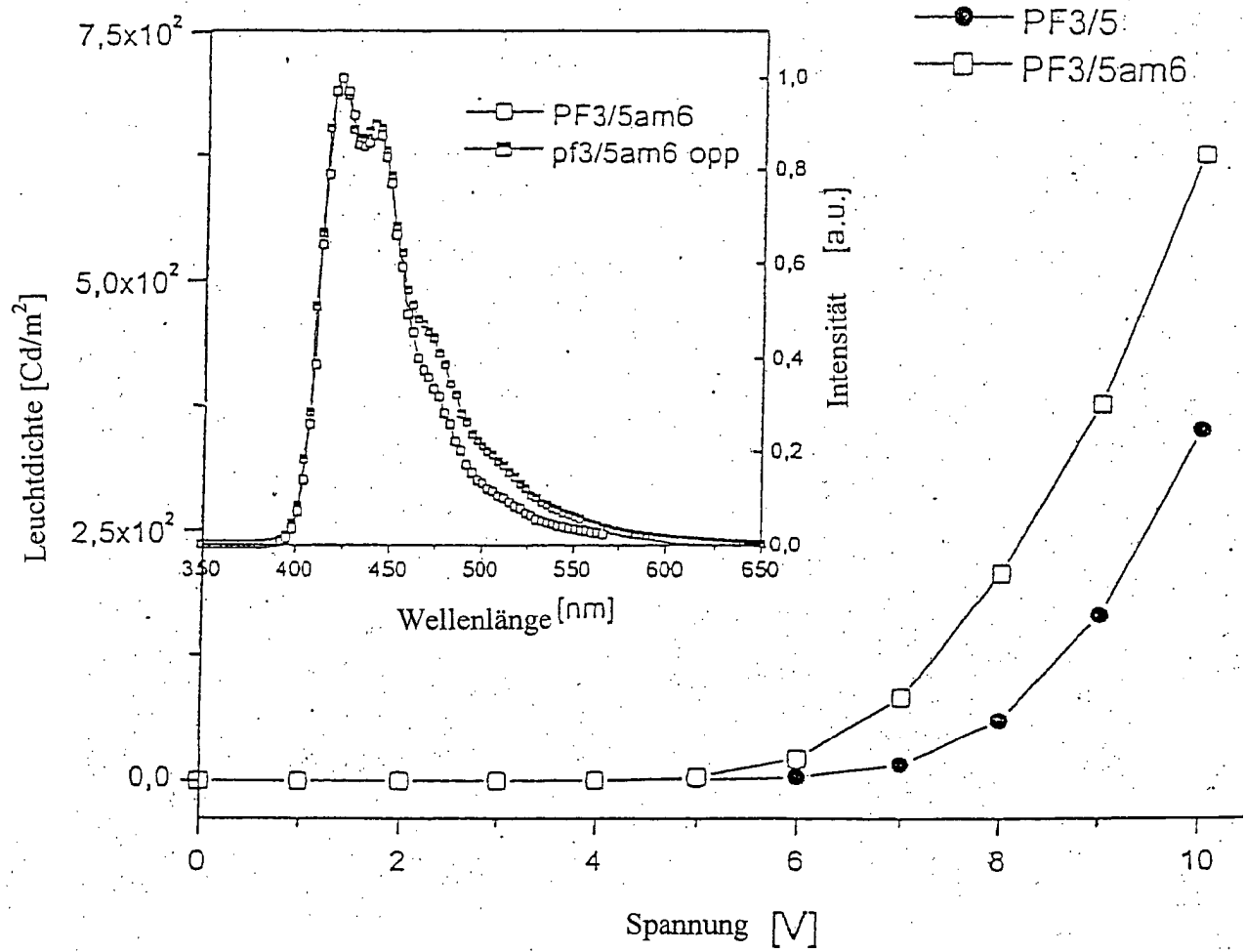


Fig. 5

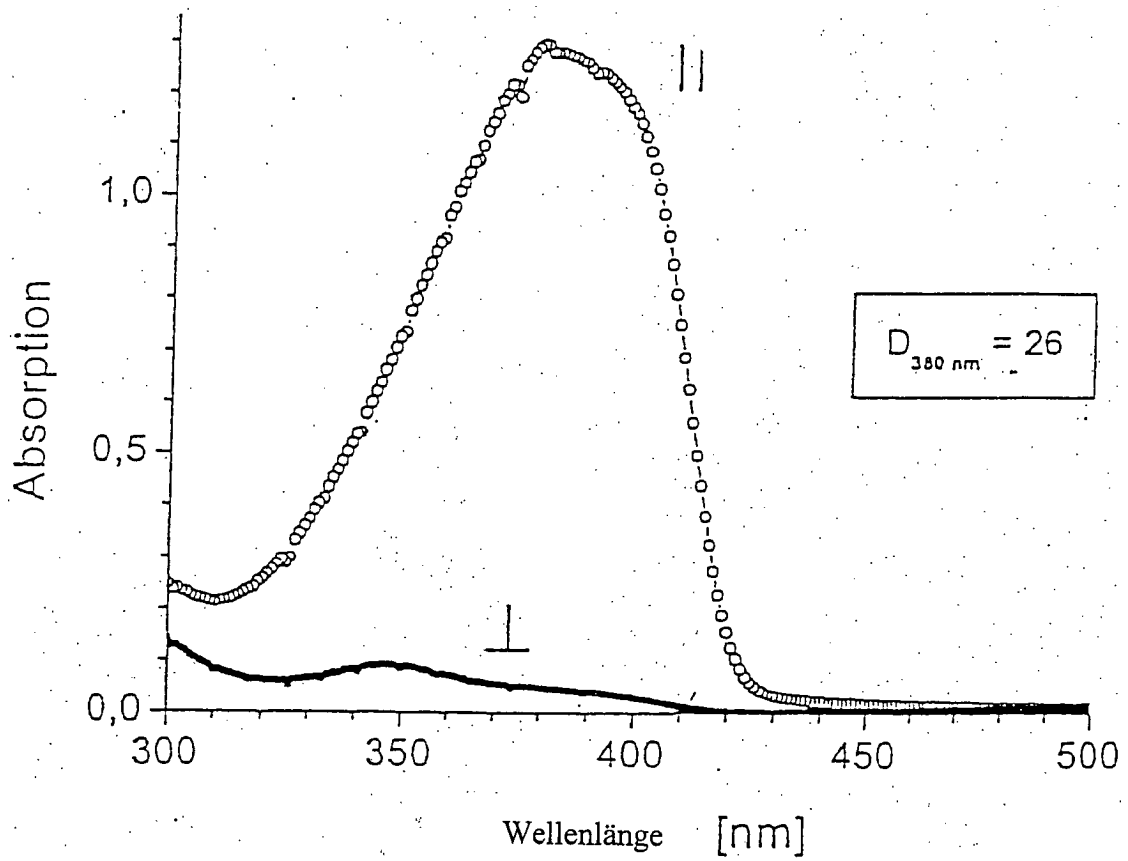


Fig. 6

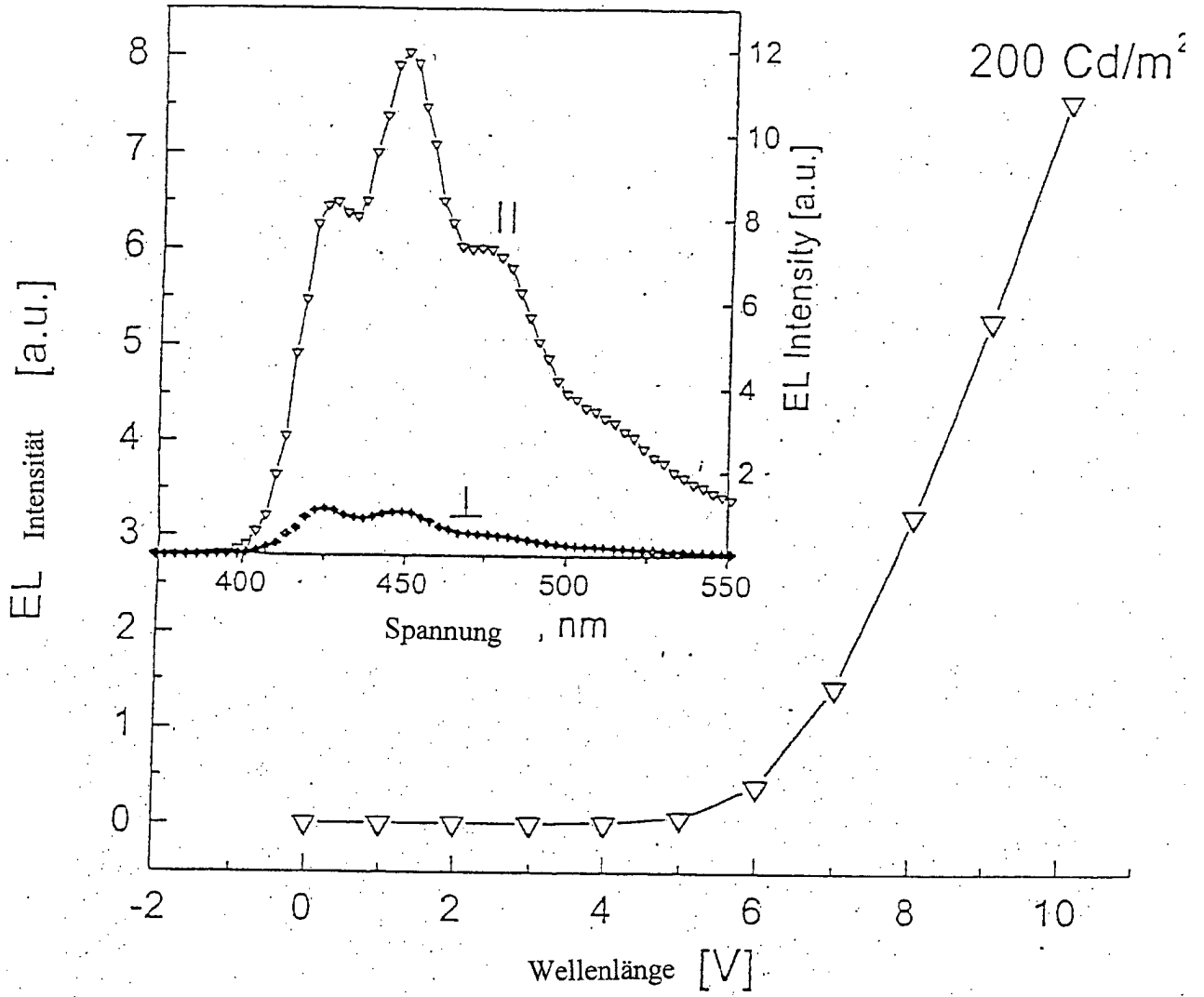


Fig. 7