

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
18. Oktober 2007 (18.10.2007)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
WO 2007/115540 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:  
C09K 11/06 (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/DE2007/000587

(22) Internationales Anmeldedatum:  
30. März 2007 (30.03.2007)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:  
10 2006 014 750.2 30. März 2006 (30.03.2006) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): NOVALED AG [DE/DE]; Tatzberg 49, 01307 Dresden (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): GRUESSING, André [DE/DE]; Steubenstrasse 86, 68199 Mannheim (DE). HARTMANN, Horst [DE/DE]; Wollnerstrasse 4, 01326 Dresden (DE).

(74) Anwälte: BITTNER, Thomas L. usw.; Boehmert & Boehmert, Hollerallee 32, 28209 Bremen (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,

AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MT, NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

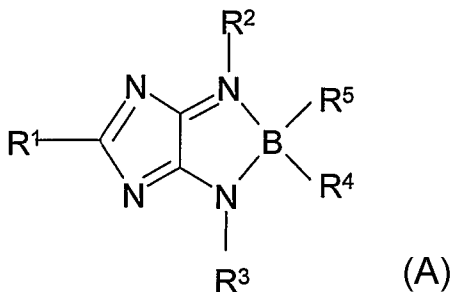
Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht
- vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eintreffen

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("Guidance Notes on Codes and Abbreviations") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

(54) Title: USE OF BORA-TETRAAZAPENTALENES

(54) Bezeichnung: VERWENDUNG VON BORA-TETRAAZAPENTALENEN



(57) Abstract: The invention relates to the use of bora-tetraazapentalenes of general formula (A) as a redox doping agent and/or emitter in electronic, optoelectronic, and electroluminescent components.

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung von Bora-tetraazapentalenen der allgemeinen Formel (A) als Redox-Dotand und/oder Emitter in elektronischen, optoelektronischen und elektrolumineszenten Bauelementen.

WO 2007/115540 A1

### Verwendung von Bora-tetraazapentalenen

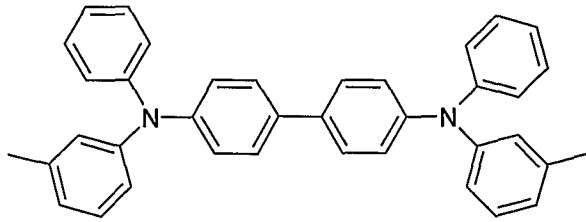
Die vorliegende Erfindung betrifft die Verwendung von Bor-Komplexverbindungen in elektronischen, optoelektronischen und elektrolumineszenten Bauelementen, wie Feldeffekttransistoren, Solarzellen und organischen Leuchtdioden (OLEDs), vorzugsweise als Redox-Dotand und/oder Emitter, besonders bevorzugt als p-Dotand und/oder Emitter.

In organischen Leuchtdioden (OLEDs) wird die Eigenschaft von Materialien ausgenutzt, Licht zu emittieren, wenn durch das Anlegen einer Spannung geeignete Ladungsträger gebildet werden, die bei ihrer Rekombination angeregte Zustände bilden, die unter Emission von Licht in den Grundzustand übergehen. OLEDs stellen eine interessante Alternative zu Kathodenstrahlröhren und Flüssigkristalldisplays dar, da sie aufgrund ihrer sehr kompakten Bauweise und ihres niedrigen Stromverbrauchs zur Herstellung von Flachbildschirmen und Displays für mobile Anwendungen wie Mobiltelefone, Notebooks, PDAs etc. geeignet sind.

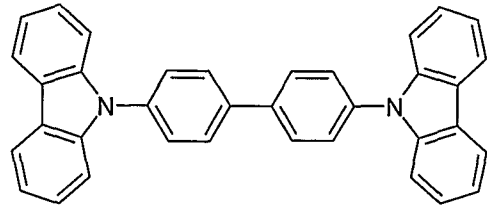
Organische Leuchtdioden (OLEDs) bestehen aus verschiedenen Schichten organischer Materialien, wobei mindestens eine Schicht (Emissionsschicht) eine elektrolumineszente Substanz enthält, die durch Anlegung einer Spannung zur Emission von Licht gebracht werden kann (C.W. Tang et al., Appl. Phys. Lett 51, 913 (1987)).

Zur Verbesserung der Injektion der Ladungsträger in die Emissionsschicht und der Temperaturstabilität werden Ladungstransportschichten aus elektronenleitenden Materialien (Elektronenleiter) bzw. lochleitenden Materialien (Lochleiter) in die OLED integriert, die ebenfalls als Blockerschichten für die jeweiligen komplementären Ladungsträger fungieren können.

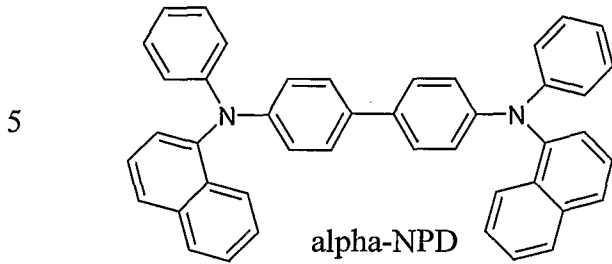
Dem Stand der Technik entsprechend werden als lochleitende bzw. elektronenblockende Materialien bisher Benzidin-Derivate wie etwa N,N'-Diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamin (TPD), 4,4'-Di-(N-carbazolyl)-diphenyl (CBP) und N,N'-Di-(alpha-naphthyl)-N,N'-diphenyl-1,1'-biphenyl-4,4'-diamin (alpha-NPD) eingesetzt.



TPD



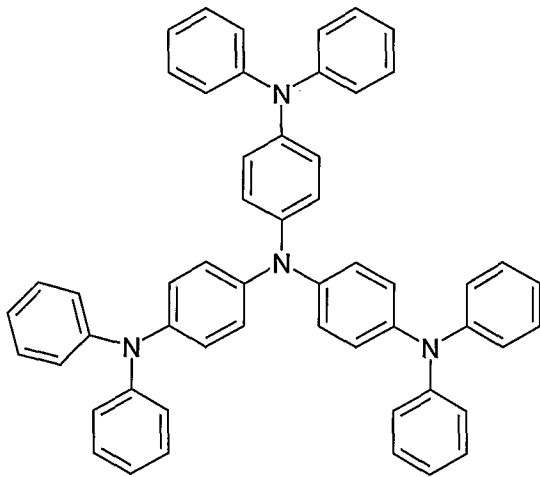
CBP



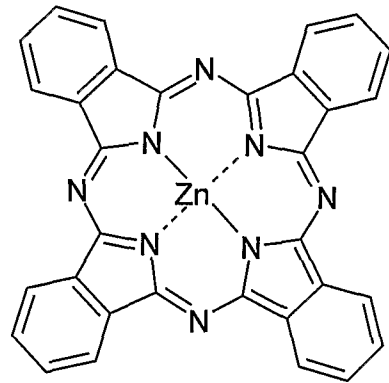
alpha-NPD

Als weitere lochleitende Materialien sind N,N',N''-perarylierte Starburst-Verbindungen, wie TDATA, aber auch bestimmte Metallphthalocyanine, wie Zinkphthalocyanin (ZnPc), bekannt.

10



TDATA



ZnPc

15

Dem Stand der Technik entsprechend, ist seit einigen Jahren bekannt, dass man organische Halbleiter wie die in OLEDs eingesetzten lochleitenden Materialien durch Redox-Dotierung hinsichtlich ihrer elektrischen Leitfähigkeit beeinflussen kann. In Analogie zur Dotierung von

anorganischen Siliziumhalbleitern wird dabei durch Erzeugung von Ladungsträgern im Material eine Veränderung des Fermi-Niveaus des Halbleiters erreicht.

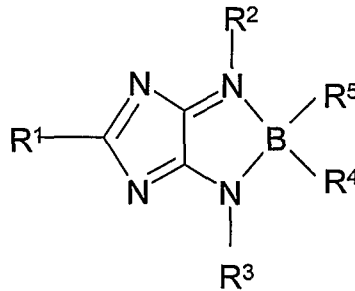
Zur Redox-Dotierung von lochleitenden Materialien wurden starke Elektronenakzeptoren wie Tetracyanochinondimethan (TCNQ), 2,3,5,6-Tetrafluoro-1,4-tetracyanochinondimethan (F4-TCNQ) und weitere Chinonderivate sowie 1,3,2-Dioxaborinderivate beschrieben (M. Pfeiffer, A. Beyer, T. Fritz, K. Leo, Appl. Phys. Lett., 73 (22), 3202-3204 (1998); J. Blochwitz, M. Pfeiffer, T. Fritz, K. Leo, Appl. Phys. Lett., 73(6), 729-731 (1998); O. Köhl, H. Hartmann, O. Zeika, M. Pfeiffer, Y. Zheng, DE 10357044A1).

Die bisher im Stand der Technik bekannt gewordenen Verbindungen weisen jedoch für technische Anwendungen Nachteile wie ungenügende Dotierfähigkeit, d.h. unzureichende Elektronenakzeptoreigenschaften, schwierige Steuerung der Fertigungsprozesse aufgrund unzureichender Flüchtigkeit der Verbindungen, oder Instabilität der Verbindungen gegenüber Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff auf. Dies führt bei Einsatz dieser Verbindungen in elektronischen, optoelektronischen und elektrolumineszenten Bauteilen (wie z.B. Feldeffekttransistoren, Solarzellen und organischen Leuchtdioden) zu unerwünschten Schwankungen der Produktqualität und Alterungseffekten.

Der Erfindung liegt daher die Aufgabe zugrunde, die Nachteile des Standes der Technik zu überwinden und organische Materialien zur Redox-Dotierung lochleitender organischer Halbleiter (p-Dotanden) und/oder als Emitter zur Verfügung zu stellen, die eine ausreichende Dotierfähigkeit sowie eine höhere Stabilität gegenüber Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff aufweisen und im Fertigungsprozess leichter handhabbar sind und zudem noch Emittereigenschaften besitzen.

Die Aufgabe wird gelöst durch die Verwendung von Bora-tetraazapentalen gemäß der allgemeinen Formel A als Redox-Dotand und/oder Emitter in einem elektronischen, optoelektronischen oder elektrolumineszenten Bauelement, wobei das Bora-tetraazapentalen eine Struktur gemäß Formel A aufweist:

5



Formel A

worin  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander Wasserstoff, beliebig substituiertes oder unsubstituiertes Alkyl, Hetalkyl, Aryl, Hetaryl, anellierter Carbozyklus oder anellierter Heterozyklus sind; und  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander Halogen, Wasserstoff, beliebig substituiertes oder unsubstituiertes Alkyl, Hetalkyl, Aryl, Hetaryl, anellierter Carbozyklus oder anellierter Heterozyklus sind oder so beschaffen sind, daß beide gemeinsam mit dem Boratom einen Bor-haltigen Heterozyklus bilden.

15 Bevorzugt ist, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte, insbesondere halogenierte, oder unsubstituierte carbozyklische aromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl und 9-Anthryl.

Weiterhin ist bevorzugt, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander chinoide Substituenten oder chinoide Reste tragende Substituenten sind.

Weiterhin ist bevorzugt, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander elektronenziehende Substituenten oder elektronenziehende Gruppen tragende Substituenten sind.

Alternativ wird vorgeschlagen, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe carbozyklischer aromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Biphenyl, Binaphthyl, Biantthryl und Pyrenyl.

- 5 Als weitere Alternative wird vorgesehen, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte heteroaromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes 2-Pyridyl, 3-Pyridyl, 4-Pyridyl, 2-Chinolyl, 3-Chinolyl, 4-Chinolyl, 5-Chinolyl, 6-Chinolyl, 7-Chinolyl, 8-Chinolyl, 2-Thienyl und 3-Thienyl.

- 10 Eine weitere alternative Ausführungsform sieht vor, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe heteroaromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Bipyridyl, Bichinolyl und Bithienyl.

- 15 Besonders bevorzugt ist, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte, insbesondere halogenierte, oder unsubstituierte carbozyklische aromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl und 9-Anthryl.

Ebenfalls bevorzugt ist, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander chinoide Substituenten oder chinoide Reste tragende Substituenten sind.

- 20 Weiterhin ist bevorzugt, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander elektronenziehende Substituenten oder elektronenziehende Gruppen tragende Substituenten sind.

Alternativ wird vorgeschlagen, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe carbozyklischer aromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Biphenyl, Binaphthyl, Biantthryl und Pyrenyl.

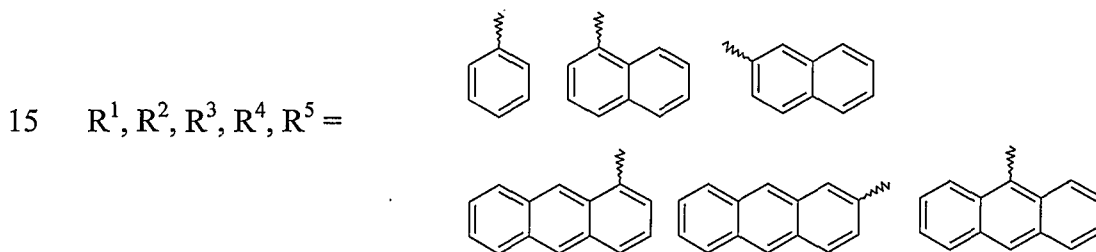
- 25 Als weitere Alternative wird vorgesehen, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte heteroaromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsub-

stituiertes 2-Pyridyl, 3-Pyridyl, 4-Pyridyl, 2-Chinolyl, 3-Chinolyl, 4-Chinolyl, 5-Chinolyl, 6-Chinolyl, 7-Chinolyl, 8-Chinolyl, 2-Thienyl und 3-Thienyl.

5 Eine weitere alternative Ausführungsform sieht vor, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe heteroaromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Bipyridyl, Bichinolyl und Bithienyl.

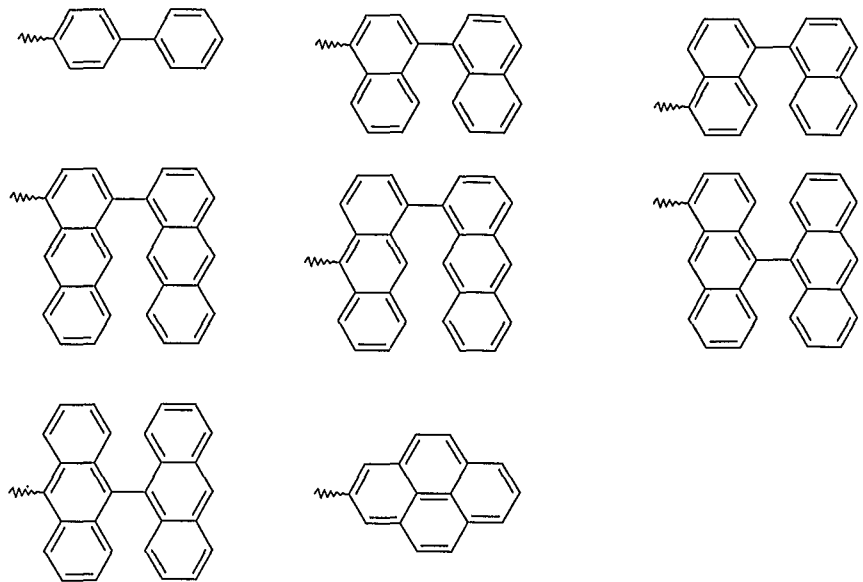
10 Als weitere Ausführungsform wird vorgesehen, dass die beiden Substituenten  $R^4$  und  $R^5$  gemeinsam mit dem Boratom einen entsprechend Bor-haltigen Heterozyklus bilden können, der neben Kohlenstoff auch andere Heteroatome, wie insbesondere Sauerstoff und Stickstoff, enthalten kann.

In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die Substituenten  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander die folgende, substituierte oder unsubstituierte Struktur aufweisen:



In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform können die Substituenten  $R^1$ ,  $R^2$ ,  $R^3$ ,  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander die folgenden, substituierten oder unsubstituierten Strukturen aufweisen:

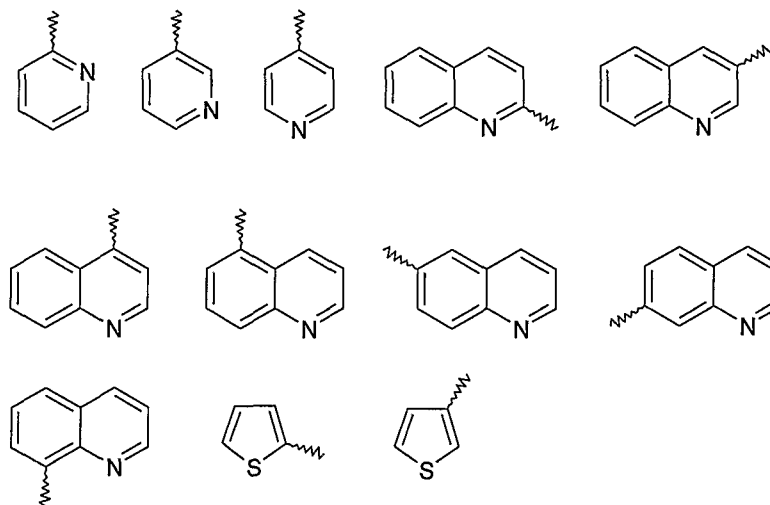
5  $R^1, R^2, R^3, R^4, R^5 =$



In einer noch weiter bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die Substituenten  $R^1, R^2, R^3, R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander die folgende, substituierte oder unsubstituierte Struktur aufweisen:

10

$R^1, R^2, R^3, R^4, R^5 =$



15 In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung können die Substituenten  $R^1, R^2, R^3, R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander die folgende, substituierte oder unsubstituierte Struktur aufweisen:



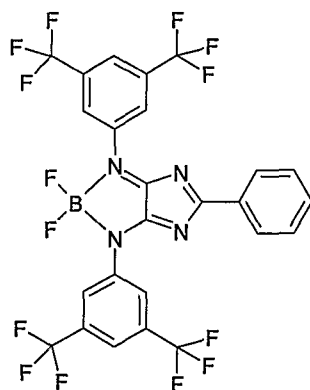
Die Borkomplexe sind von den in T. Gebauer, R. Beckert, D. Weiss, K. Knop, C. Kaepplinger, H. Goerls, Chemical Communications (2004), (16), 1860-1861 offenbarte Verbindungen aus dem Stand der Technik bekannt, wurden jedoch bisher nicht auf ihre Eigenschaften als p-Dotanden sowie ihre Verwendung als Emitter in OLEDs untersucht.

- 5 Überraschenderweise wurde festgestellt, dass die offenbarten Verbindungen eine sehr gute Dotierfähigkeit sowie eine höhere Stabilität gegenüber Luftfeuchtigkeit und Sauerstoff aufweisen, womit sie im Fertigungsprozess eines elektronischen, optoelektronischen oder elektrolumineszenten Bauelementes leichter handhabbar sind.

- 10 Ebenfalls wurde festgestellt, daß die beanspruchten Verbindungen neben ihrer Fähigkeit, lochleitende Materialien zu dotieren, auch Emittereigenschaften besitzen. Daraus ergibt sich die Möglichkeit, diese auch als Emittermaterialien in OLEDs einzusetzen.

Die vorliegende Erfindung wird im Folgenden anhand eines Ausführungsbeispiels, in dem eine Dotierung beschrieben wird, näher veranschaulicht, ohne auf dieses Ausführungsbeispiel in irgendeiner Weise beschränkt zu sein.

### 15 Ausführungsbeispiel Dotierung



Ia

- 20 Die Verbindung Ia wurde nach T. Gebauer, R. Beckert, D. Weiss, K. Knop, C. Kaepplinger, H. Goerls, Chemical Communications (2004), (16), 1860-1861 synthetisiert und zeigt eine

stark rote Photolumineszenz mit Quantenausbeuten von > 60% in Abhängigkeit vom verwendeten Lösungsmittel.

Das kommerziell erhältliche Zink-Phthalocyanin (ZnPc) wurde mit Verbindung **Ia** dotiert und in Leitfähigkeitsmessungen getestet. Dabei wurde über zwei ca. 14mm breite Kontakte (aus Indium-Zinn-Oxid, ITO), welche in ca. 1,25mm Abstand zueinander auf einem Glassubstrat aufgebracht sind, die dotierte Schicht im Vakuum durch Coverdampfung aufgebracht. Die Kontakte waren nach außen zu einem Strom-Spannungsmeßgerät verbunden, wodurch der Querstrom bei einer festen angelegten Spannung gemessen werden konnte. Aus diesem Querstrom errechnet sich dann die Leitfähigkeit der Schicht nach einem einfachen ohmschen Zusammenhang. Die Leitfähigkeit kann anhand folgender Gleichung ermittelt werden:

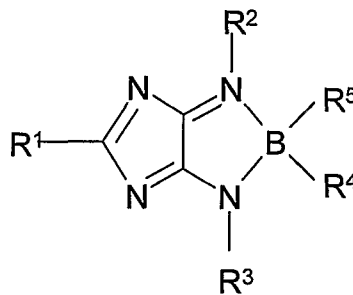
$$\text{Leitfähigkeit} = (\text{Querstrom} * \text{Abstand}) / (\text{Breite} * \text{Schichtdicke} * \text{Spannung})$$

Die Leitfähigkeit einer 50 nm dicken, mit 10mol% **Ia** dotierten Schicht aus **ZnPc** beträgt  $1,3E-7S/cm$ , während die Leitfähigkeit einer undotierten Schicht mit  $<1E-9S/cm$  (Meßgrenze) um mindestens zwei Größenordnungen geringer ist.

Die in der vorstehenden Beschreibung und den Ansprüchen offenbarten Merkmale können sowohl einzeln als auch in jeder beliebigen Kombination für die Verwirklichung der Erfindung in ihren unterschiedlichen Ausführungsformen wesentlich sein.

Ansprüche

1. Verwendung von Bora-tetraazapentalen gemäß der allgemeinen Formel A als Redox-Dotand und/oder Emitter in einem elektronischen, optoelektronischen oder elektrolumineszenten Bauelement, wobei das Bora-tetraazapentalen eine Struktur gemäß Formel A aufweist:



Formel A

10 worin:

R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> unabhängig voneinander Wasserstoff, beliebig substituiertes oder unsubstituiertes Alkyl, Hetalkyl, Aryl, Hetaryl, anellierter Carbozyklus oder anellierter Heterozyklus sind; und

15 R<sup>4</sup> und R<sup>5</sup> unabhängig voneinander Halogen, Wasserstoff, beliebig substituiertes oder unsubstituiertes Alkyl, Hetalkyl, Aryl, Hetaryl, anellierter Carbozyklus oder anellierter Heterozyklus sind oder so beschaffen sind, daß beide gemeinsam mit dem Boratom einen Bor-haltigen Heterozyklus bilden.

- 20 2. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass R<sup>1</sup>, R<sup>2</sup> und R<sup>3</sup> unabhängig voneinander substituierte, insbesondere halogenierte, oder unsubstituierte carbozyklische aromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl und 9-Anthryl.

3. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander chinoide Substituenten oder chinoide Reste tragende Substituenten sind.
- 5 4. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander elektronenziehende Substituenten oder elektronenziehende Gruppen tragende Substituenten sind.
- 10 5. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe carbozyklischer aromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Biphenyl, Binaphthyl, Bianthryl und Pyrenyl.
- 15 6. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte heteroaromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes 2-Pyridyl, 3-Pyridyl, 4-Pyridyl, 2-Chinolyl, 3-Chinolyl, 4-Chinolyl, 5-Chinolyl, 6-Chinolyl, 7-Chinolyl, 8-Chinolyl, 2-Thienyl und 3-Thienyl.
- 20 7. Verwendung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^1$ ,  $R^2$  und  $R^3$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe heteroaromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Bipyridyl, Bichinolyl und Bithienyl.
- 25 8. Verwendung nach einem der vorangehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte, insbesondere halogenierte, oder unsubstituierte carbozyklische aromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes Phenyl, 1-Naphthyl, 2-Naphthyl, 1-Anthryl, 2-Anthryl und 9-Anthryl.
9. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander chinoide Substituenten oder chinoide Reste tragende Substituenten sind.

10. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander elektronenziehende Substituenten oder elektronenziehende Gruppen tragende Substituenten sind.
- 5 11. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe carbozyklischer aromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Biphenyl, Binaphthyl, Bianthryl und Pyrenyl.
- 10 12. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte heteroaromatische Reste sind, vorzugsweise substituiertes oder unsubstituiertes 2-Pyridyl, 3-Pyridyl, 4-Pyridyl, 2-Chinolyl, 3-Chinolyl, 4-Chinolyl, 5-Chinolyl, 6-Chinolyl, 7-Chinolyl, 8-Chinolyl, 2-Thienyl und 3-Thienyl.
- 15 13. Verwendung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass  $R^4$  und  $R^5$  unabhängig voneinander substituierte oder unsubstituierte Homologe heteroaromatischer Reste sind, vorzugsweise beliebig verknüpftes und gebundenes substituiertes oder unsubstituiertes Bipyridyl, Bichinolyl und Bithienyl.
- 20 14. Verwendung nach einem der vorangehenden Ansprüche 1 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass die beiden Substituenten  $R^4$  und  $R^5$  gemeinsam mit dem Boratom einen entsprechend Bor-haltigen Heterozyklus bilden, der neben Kohlenstoff auch andere Heteroatome, wie insbesondere Sauerstoff und Stickstoff, enthalten kann.
15. Verwendung nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die Verbindung als p-Dotand eingesetzt wird.
16. Elektronisches, optoelektronisches oder elektrolumineszentes Bauelement unter Verwendung von Bora-tetraazapentalen gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15.

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/DE2007/000587A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER  
INV. C09K11/06

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

## B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)  
C09K H05B

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practical, search terms used)

EPO-Internal, CHEM ABS Data

## C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	TILMANN G. ET AL: CHEMICAL COMMUNICATIONS, vol. 16, 30 June 2004 (2004-06-30), pages 1860-1861, XP002448757 cited in the application page 1861, column 1, line 12 - line 15 -----	1-16
P,A	BECKERT R. ET AL: Z. NATURFORSCHUNG B, vol. 61, no. 4, April 2006 (2006-04), pages 437-447, XP009088792 compounds 8A,8B -----	1-16

 Further documents are listed in the continuation of Box C. See patent family annex.

## \* Special categories of cited documents :

- \*A\* document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
- \*E\* earlier document but published on or after the international filing date
- \*L\* document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
- \*O\* document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
- \*P\* document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

- \*T\* later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
- \*X\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
- \*Y\* document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art.
- \*&\* document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

30 August 2007

Date of mailing of the international search report

11/09/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2  
NL - 2280 HV Rijswijk  
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,  
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Saldamli, Saltuk

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/DE2007/000587

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. C09K11/06

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherchiertes Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 C09K H05B

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

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

EPO-Internal, CHEM ABS Data

**C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN**

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	TILMANN G. ET AL: CHEMICAL COMMUNICATIONS, Bd. 16, 30. Juni 2004 (2004-06-30), Seiten 1860-1861, XP002448757 in der Anmeldung erwähnt Seite 1861, Spalte 1, Zeile 12 - Zeile 15	1-16
P,A	BECKERT R. ET AL: Z. NATURFORSCHUNG B, Bd. 61, Nr. 4, April 2006 (2006-04), Seiten 437-447, XP009088792 Verbindungen 8A,8B	1-16

Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen  Siehe Anhang Patentfamilie

- |   |  |
|---|--|
| <p>* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>*A* Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist</li> <li>*E* älteres Dokument, das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist</li> <li>*L* Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)</li> <li>*O* Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht</li> <li>*P* Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist</li> </ul> | <ul style="list-style-type: none"> <li>*T* Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist</li> <li>*X* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden</li> <li>*Y* Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist</li> <li>*&amp;* Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist</li> </ul> |
|---|--|

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche  <b>30. August 2007</b>	Absenddatum des internationalen Recherchenberichts  <b>11/09/2007</b>
---	---

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  <b>Saldamli, Saltuk</b>
---	--