



(10) **DE 10 2014 008 722 B4** 2024.08.22

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2014 008 722.0**

(22) Anmeldetag: **18.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **24.12.2015**

(45) Veröffentlichungstag  
der Patenterteilung: **22.08.2024**

(51) Int Cl.: **C09K 11/06 (2006.01)**

**H10K 50/12 (2023.01)**

**H10K 85/30 (2023.01)**

**H10K 85/60 (2023.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(73) Patentinhaber:  
**Merck Patent GmbH, 64293 Darmstadt, DE**

**Dr., 60487 Frankfurt, DE; Heil, Holger, Dr., 60389  
Frankfurt, DE; Eberle, Thomas, Dr., 76829 Landau,  
DE; Anémian, Rémi, Dr., Seoul, KR**

(72) Erfinder:  
**Hayer, Anna, Dr., 55118 Mainz, DE; Maier-Flaig,  
Florian, Dr., 69469 Weinheim, DE; Grossmann,  
Tobias, 64297 Darmstadt, DE; Joosten, Dominik,**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

**WO 2013/ 146 645 A1**

(54) Bezeichnung: **Zusammensetzungen für elektronische Vorrichtungen, Formulierung diese enthaltend, Verwendung der Zusammensetzung, Verwendung der Formulierung sowie organische elektronische Vorrichtung enthaltend die Zusammensetzung**

(57) Hauptanspruch: Zusammensetzung enthaltend einen bipolaren Host, einen neutralen Co-Host sowie einen lichtemittierenden Dotanden, dadurch gekennzeichnet, dass der Dotand aus den folgenden Verbindungen ausgewählt wird,.....

**Beschreibung**

**[0001]** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, sowie eine Formulierung diese enthaltend, die Verwendung der Zusammensetzung, die Verwendung der Formulierung und eine organische elektronische Vorrichtung enthaltend die Zusammensetzung gemäß Anspruch 16 und spezielle Zusammensetzungen gemäß Anspruch 23.

**[0002]** Der Aufbau organischer Elektrolumineszenzvorrichtungen (z.B. OLEDs - organic light emitting diodes oder OLECs - organic light emitting electrochemical cells), in denen organische Halbleiter als organische funktionelle Materialien eingesetzt werden, ist beispielsweise in US 4539507 A, US 5151629 A, EP 0676461 A2 und WO 98/27136 A1 beschrieben. Als emittierende Materialien werden hierbei neben fluoreszierenden Emittern zunehmend metallorganische Komplexe eingesetzt, die Phosphoreszenz zeigen (M. A. Baldo et al., Appl. Phys. Lett. 1999, 75, 4-6). Aus quantenmechanischen Gründen ist unter Verwendung metallorganischer Verbindungen als Phosphoreszenzemitter eine bis zu vierfache Energie- und Leistungseffizienz möglich. Generell gibt es sowohl bei OLEDs, die Singulettmission zeigen, wie auch bei OLEDs, die Triplettmission zeigen, immer noch Verbesserungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf Effizienz, Betriebsspannung und Lebensdauer.

**[0003]** Die Eigenschaften organischer elektrolumineszierender Vorrichtungen werden nicht nur durch die eingesetzten Emittter bestimmt. Hier sind insbesondere auch die anderen verwendeten Materialien, wie Hostmaterialien, Lochblockiermaterialien, Elektronentransportmaterialien, Lochtransportmaterialien und Elektronen- bzw. Exzitonenblockiermaterialien von besonderer Bedeutung. Verbesserungen dieser Materialien können zu deutlichen Verbesserungen elektrolumineszierender Vorrichtungen führen.

**[0004]** Host-Materialien zur Verwendung in organischen elektronischen Vorrichtungen sind dem Fachmann gut bekannt. Im Stand der Technik wird häufig auch der Begriff Matrix-Material verwendet, wenn ein Host-Material für phosphoreszierende Dotanden gemeint ist. Mittlerweile wurde eine Vielzahl von Host-Materialien sowohl für fluoreszierende als auch für phosphoreszierende elektronische Vorrichtungen entwickelt.

**[0005]** Für fluoreszierende OLEDs werden gemäß dem Stand der Technik vor allem kondensierte Aromaten, insbesondere Anthracenderivate, als Host-Materialien vor allem für blau emittierende Elektrolumineszenzvorrichtungen verwendet, z. B. 9,10-Bis(2-naphthyl)anthracen (US 5935721 A). In WO 03/095445 A1 und in CN 1362464 A werden 9,10-Bis(1-naphthyl)anthracen-Derivate für die Verwendung in OLEDs offenbart. Weitere Anthracenderivate sind in WO 01/076323 A1, in WO 01/021729 A1, in WO 2004/013073 A1, in WO 2004/018588 A1, in WO 2003/087023 A1 oder in WO 2004/018587 A1 offenbart. Host-Materialien, basierend auf Aryl-substituierten Pyrenen und Chrysenen, werden in WO 2004/016575 A1 offenbart. Host-Materialien basierend auf Benzanthracenderivaten werden in WO 2008/145239 A2 offenbart. Es ist für hochwertige Anwendungen wünschenswert, verbesserte Host-Materialien zur Verfügung zu haben.

**[0006]** Gemäß dem Stand der Technik werden unter anderem Ketone (z. B. gemäß WO 2004/093207 A2 oder WO 2010/006680 A1) oder Phosphinoxide (z. B. gemäß WO 2005/003253 A2) als Hostmaterialien für phosphoreszierende Emittter verwendet. Weitere Hostmaterialien gemäß dem Stand der Technik repräsentieren Triazine (bspw. WO 2008/056746 A1, EP 0906947 A1, EP 0908787 A2, EP 0906948 A1).

**[0007]** WO 2012/074210 A2 offenbart die Verwendung von Fluorenen und Spirobifluorenen als Host-Materialien.

**[0008]** Im Stand der Technik ist die Verwendung von Verbindungen enthaltend eine oder mehrere Carbazolgruppen in elektronischen Vorrichtungen, beispielsweise aus WO 2005/039246 A1, US 2005/0069729 A1, JP 2004/288381 A2, EP 1205527 A1 oder WO 2008/086851 A1 bekannt. Weiterhin im Stand der Technik bekannt ist die Verwendung von Verbindungen enthaltend eine oder mehrere Indenocarbazolgruppen in elektronischen Vorrichtungen, beispielsweise aus WO 2010/136109 A1 und WO 2011/000455 A1.

**[0009]** WO 2007/063754 A1 offenbart die Verwendung von Indolocarbazolen als Host-Materialien.

**[0010]** Weiterhin im Stand der Technik bekannt ist die Verwendung von Verbindungen enthaltend eine oder mehrere elektronenarme heteroaromatische Sechsringe in elektronischen Vorrichtungen, beispielsweise aus WO 2010/015306 A1, WO 2007/063754 A1 und WO 2008/056746 A1.

**[0011]** WO 2009/069442 A1 offenbart Tricyclen, wie Carbazol, Dibenzofuran oder Dibenzothiophen, die hochgradig mit elektronenarmen Heteroaromaten (z.B. Pyridin, Pyrimidin oder Triazin) substituiert sind. Mit lochleitenden Gruppen, d.h. elektronenreichen Gruppen, sind die Tricyclen nicht substituiert.

**[0012]** JP 2009-21336 A2 offenbart substituierte Dibenzofurane, die in 2 Position mit Carbazol und in 8 Position mit einem Triazin substituiert sind.

**[0013]** WO 2011/057706 A2 offenbart vereinzelt substituierte Dibenzothiophene und Dibenzofurane als Hostmaterialien, wobei die Verbindungen in spezifischer Weise mit einer elektronenleitenden und mit einer lochleitenden Gruppe substituiert sind.

**[0014]** Eine weitere Möglichkeit, die Leistungsdaten elektronischer Vorrichtungen, insbesondere von Elektrolumineszenzvorrichtungen, zu verbessern, besteht darin, Kombinationen von Materialien zu verwenden.

**[0015]** US 6,392,250 B1 offenbart die Verwendung einer Mischung bestehend aus einem Elektronentransportmaterial, einem Lochtransportmaterial und einem fluoreszierenden Emitter in der Emissionsschicht einer OLED. Mit Hilfe dieser Mischung konnte die Lebensdauer der OLED gegenüber dem Stand der Technik verbessert werden.

**[0016]** US 6,803,720 B1 offenbart die Verwendung einer Mischung enthaltend einen phosphoreszierenden Emitter sowie ein Loch- und ein Elektronentransportmaterial in der Emissionsschicht einer OLED. Dabei sind sowohl das Loch- und das Elektronentransportmaterial kleine organische Moleküle.

**[0017]** Ferner offenbart US 7,294,849 B2 die Verwendung einer Mischung enthaltend ein Host-Material, ein Loch- bzw. ein Elektronentransportmaterial sowie einen phosphoreszierenden Emitter in der Emissionsschicht einer OLED. Sofern ein Lochtransportmaterial in der Mischung verwendet wird, muss die Energie des HOMO (highest occupied molecular orbital) des Host-Materials niedriger sein als die des Lochtransportmaterials. Weiterhin muss dann die LUMO Energie (lowest unoccupied molecular orbital) des Host-Materials höher sein als die des phosphoreszierenden Emitters. Sofern ein Elektronentransportmaterial in der Mischung verwendet wird, muss die Energie des HOMO (highest occupied molecular orbital) des Host-Materials niedriger sein, als die des phosphoreszierenden Emitters. Weiterhin muss dann die LUMO Energie (lowest unoccupied molecular orbital) des Host-Materials höher sein, als die des Elektronentransportmaterials. Das Host-Material ist ein wide band gap Material, das durch eine Bandlücke von mindestens 3.5 eV charakterisiert ist, wobei unter Bandlücke der Abstand zwischen HOMO und LUMO-Energie eines Materials verstanden wird.

**[0018]** Allerdings besteht bei Verwendung dieser Materialien ebenso wie bei anderen Materialien oder bei der Verwendung von Mischungen der Materialien noch Verbesserungsbedarf, insbesondere in Bezug auf die Effizienz und die Lebensdauer der organischen elektronischen Vorrichtung.

**[0019]** WO 2013/146645 A1 offenbart in den Beispielen 1 bis 8 und dem Vergleichsbeispiel organische elektrolumineszierende Vorrichtungen enthaltend eine lichtemittierende Schicht enthaltend zwei Hostmaterialien und einen lichtemittierenden Dotanden, die die nachfolgend beschriebenen Bedingungen nicht erfüllen.

**[0020]** Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist daher die Bereitstellung von Zusammensetzungen, welche sich für den Einsatz in einer phosphoreszierenden OLED eignen, und welche bei Verwendung in einer OLED zu guten Device-Eigenschaften führen, sowie die Bereitstellung der entsprechenden elektronischen Vorrichtung.

**[0021]** Überraschend wurde gefunden, dass bestimmte Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 und gemäß Anspruch 23 diese Aufgaben lösen und die Nachteile aus dem Stand der Technik beseitigen. Die Zusammensetzungen führen zu sehr guten Eigenschaften organischer elektronischer Vorrichtungen, insbesondere organischer Elektrolumineszenzvorrichtungen, insbesondere hinsichtlich der Lebensdauer, der Effizienz und der Betriebsspannung. Elektronische Vorrichtungen, insbesondere organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, welche derartige Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 enthalten, sowie die entsprechenden bevorzugten Ausführungsformen sind daher Gegenstand der vorliegenden Erfindung. Die überraschenden Effekte werden durch eine sehr spezifische Selektion bekannter Materialien erreicht.

**[0022]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist eine Zusammensetzung enthaltend einen bipolaren Host, einen neutralen Co-Host sowie einen lichtemittierenden Dotanden gemäß Anspruch 1 Gegenstand der vorliegenden Erfindung sind auch die Zusammensetzungen gemäß Anspruch 23.

**[0023]** Die erfindungsgemäße Zusammensetzung eignet sich in besonders vorteilhafter Weise für die Verwendung in organischen elektronischen Vorrichtungen. Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen enthaltend diese Zusammensetzungen weisen sehr gute Effizienzen, Betriebsspannungen und deutlich gesteigerte Lebensdauern auf.

**[0024]** Die Konzentration des lichtemittierenden Dotanden in der Zusammensetzung liegt bevorzugt im Bereich von 0.1 Gew.-% und 50 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 1 Gew.-% und 30 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0025]** Die Konzentration des neutralen Co-Hosts in der Zusammensetzung liegt bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 70 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 20 Gew.-% und 60 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 30 Gew.-% und 60 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0026]** Die Konzentration des bipolaren Hosts in der Zusammensetzung liegt bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 70 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 10 Gew.-% und 60 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 20 Gew.-% und 50 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0027]** Vom Begriff phosphoreszierende Dotanden oder Emittier sind typischerweise Verbindungen umfasst, bei denen die Lichtemission durch einen spin-verbotenen Übergang erfolgt, beispielsweise durch einen Übergang aus einem Triplett-Zustand oder einem Zustand mit einer noch höheren Spinquantenzahl, beispielsweise einem Quintett-Zustand. Bevorzugt wird hierbei ein Übergang aus einem Triplett-Zustand verstanden.

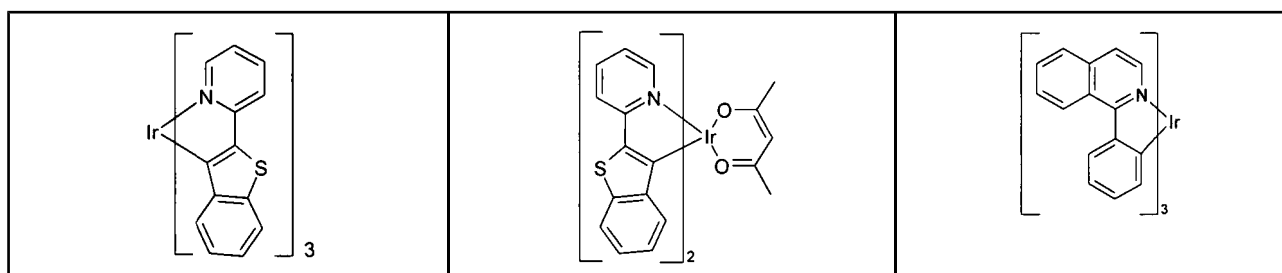
**[0028]** Als phosphoreszierende Dotanden oder Emittier eignen sich insbesondere Verbindungen, die bei geeigneter Anregung Licht, vorzugsweise im sichtbaren Bereich, emittieren und außerdem mindestens ein Atom der Ordnungszahl größer 20, bevorzugt größer 38 und kleiner 84, besonders bevorzugt größer 56 und kleiner 80 enthalten. Bevorzugt werden als phosphoreszierende Dotanden Verbindungen, die Kupfer, Molybdän, Wolfram, Rhenium, Ruthenium, Osmium, Rhodium, Iridium, Palladium, Platin, Silber, Gold oder Europium enthalten, verwendet, insbesondere Verbindungen, die Iridium, Platin oder Kupfer enthalten.

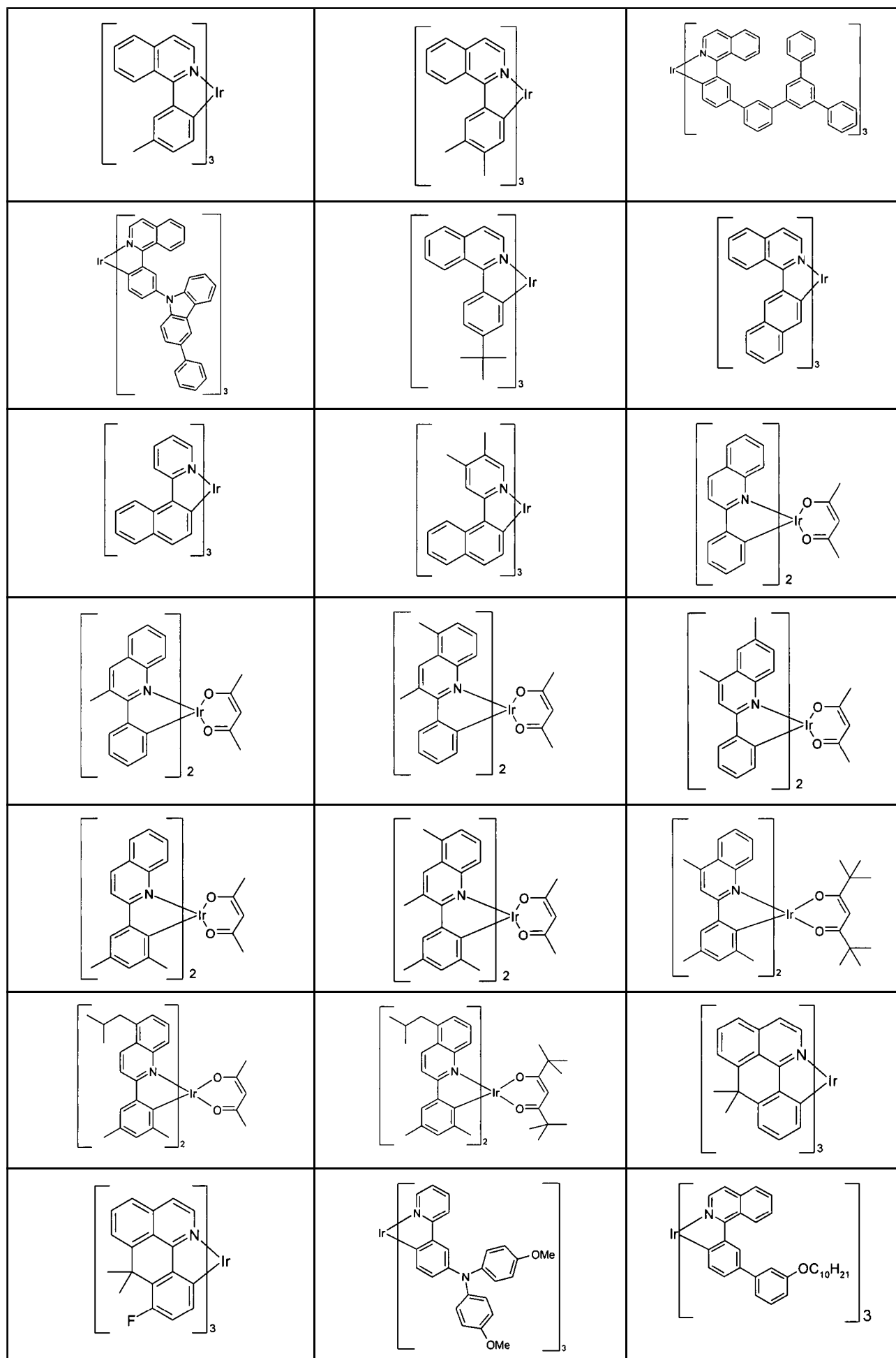
**[0029]** Dabei werden im Sinne der vorliegenden Anmeldung alle lumineszierenden Iridium-, Platin- oder Kupferkomplexe als phosphoreszierende Verbindungen angesehen.

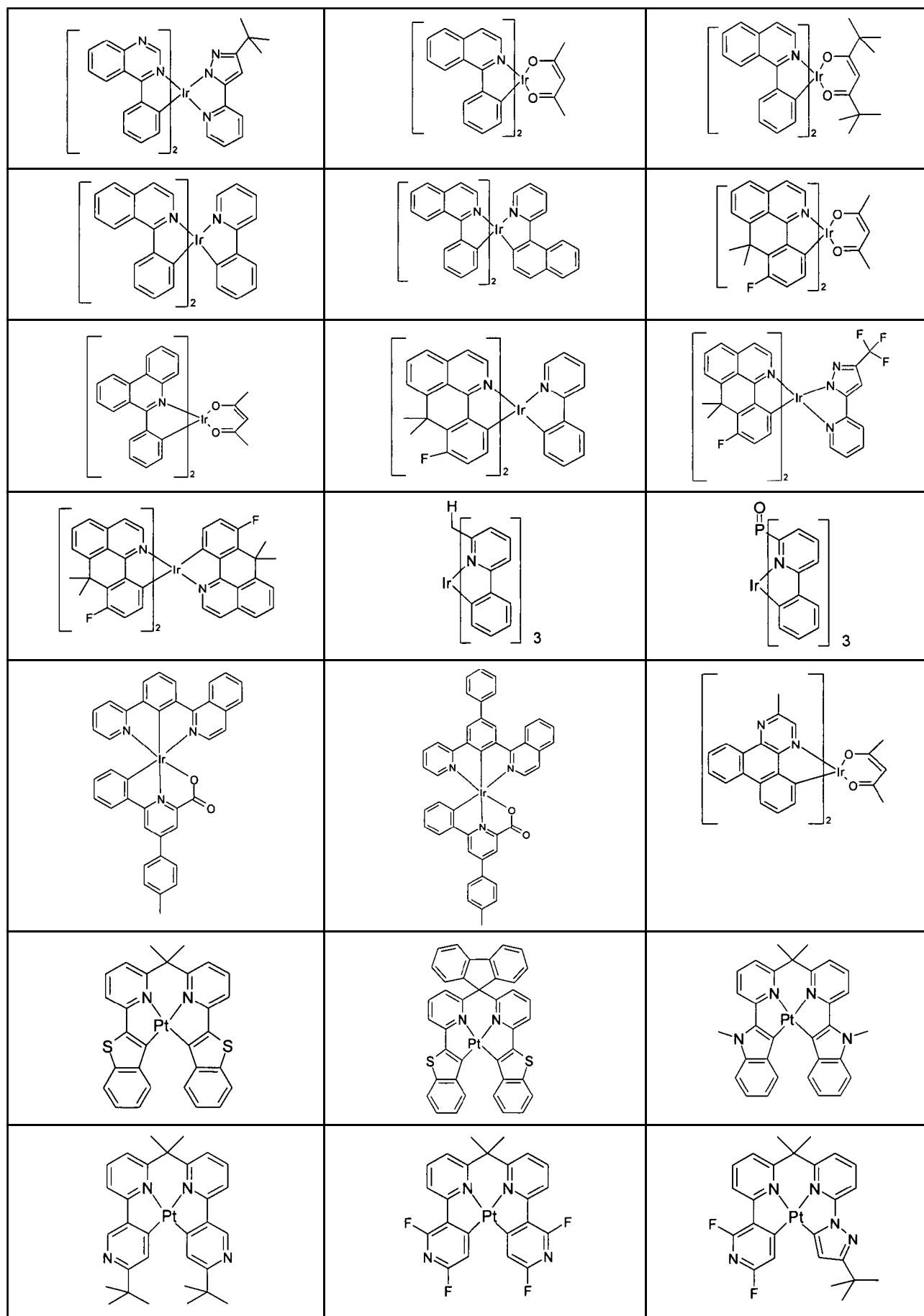
**[0030]** Bevorzugte phosphoreszierende Dotanden sind organische Verbindungen und organische Metallkomplexe, wobei organische Metallkomplexe ganz bevorzugt sind.

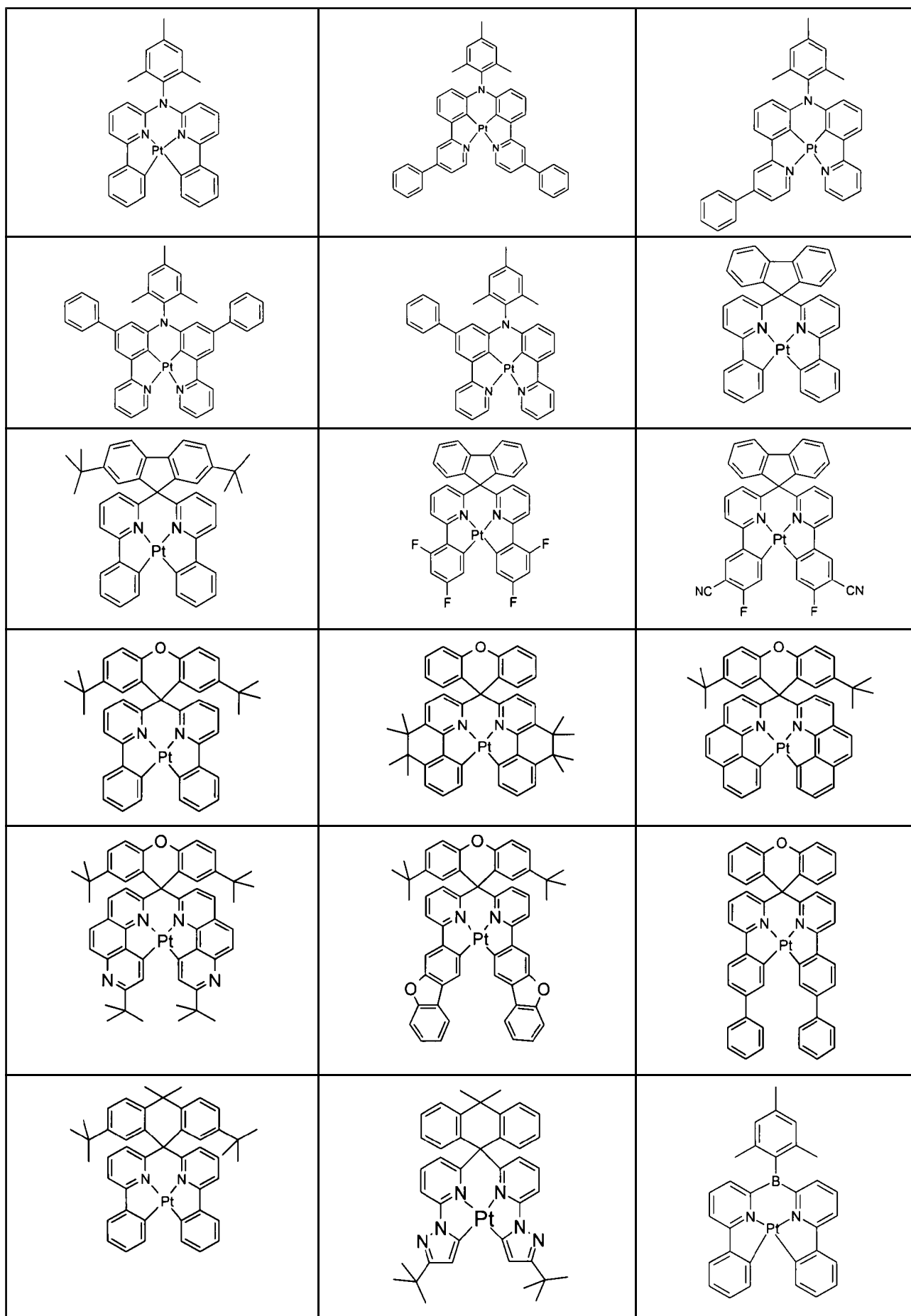
**[0031]** Beispiele der oben beschriebenen Emittier können den Anmeldungen WO 00/70655 A2, WO 2001/41512 A1, WO 2002/02714 A2, WO 2002/15645 A1, EP 1191613 A2, EP 1191612 A2, EP 1191614 A2, WO 2005/033244 A1, WO 2005/019373 A2, US 2005/0258742 A1, WO 2010/086089 A1, WO 2011/157339 A1, WO 2012/007086 A1, WO 2012/163471 A1, WO 2013/000531 A1 und WO 2013/020631 A1 entnommen werden. Generell eignen sich alle phosphoreszierenden Komplexe, wie sie gemäß dem Stand der Technik für phosphoreszierende OLEDs verwendet werden.

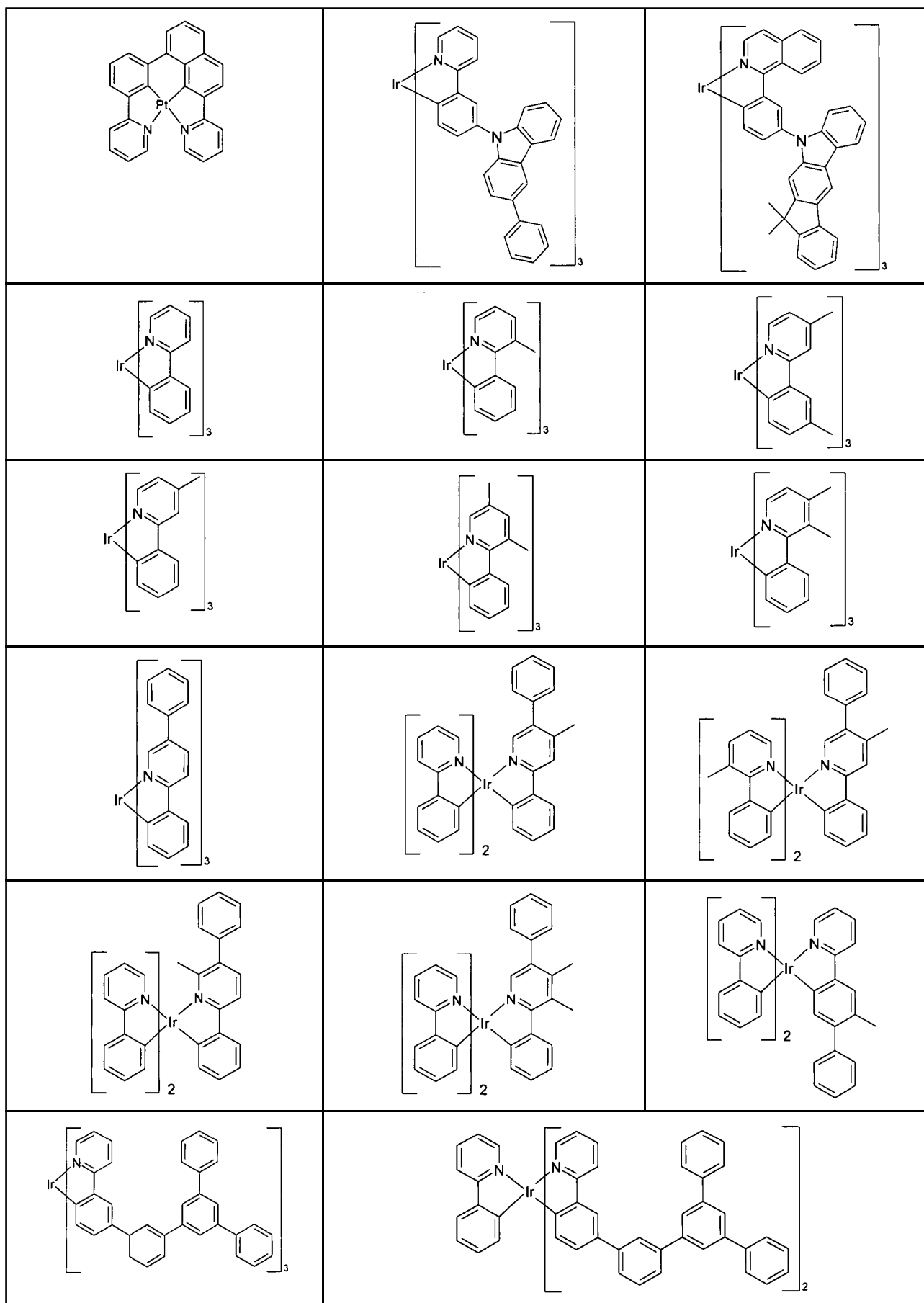
**[0032]** In den erfindungsgemäßen Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 wird der Dotand aus den phosphoreszierenden Emittiern der folgenden Tabelle ausgewählt:



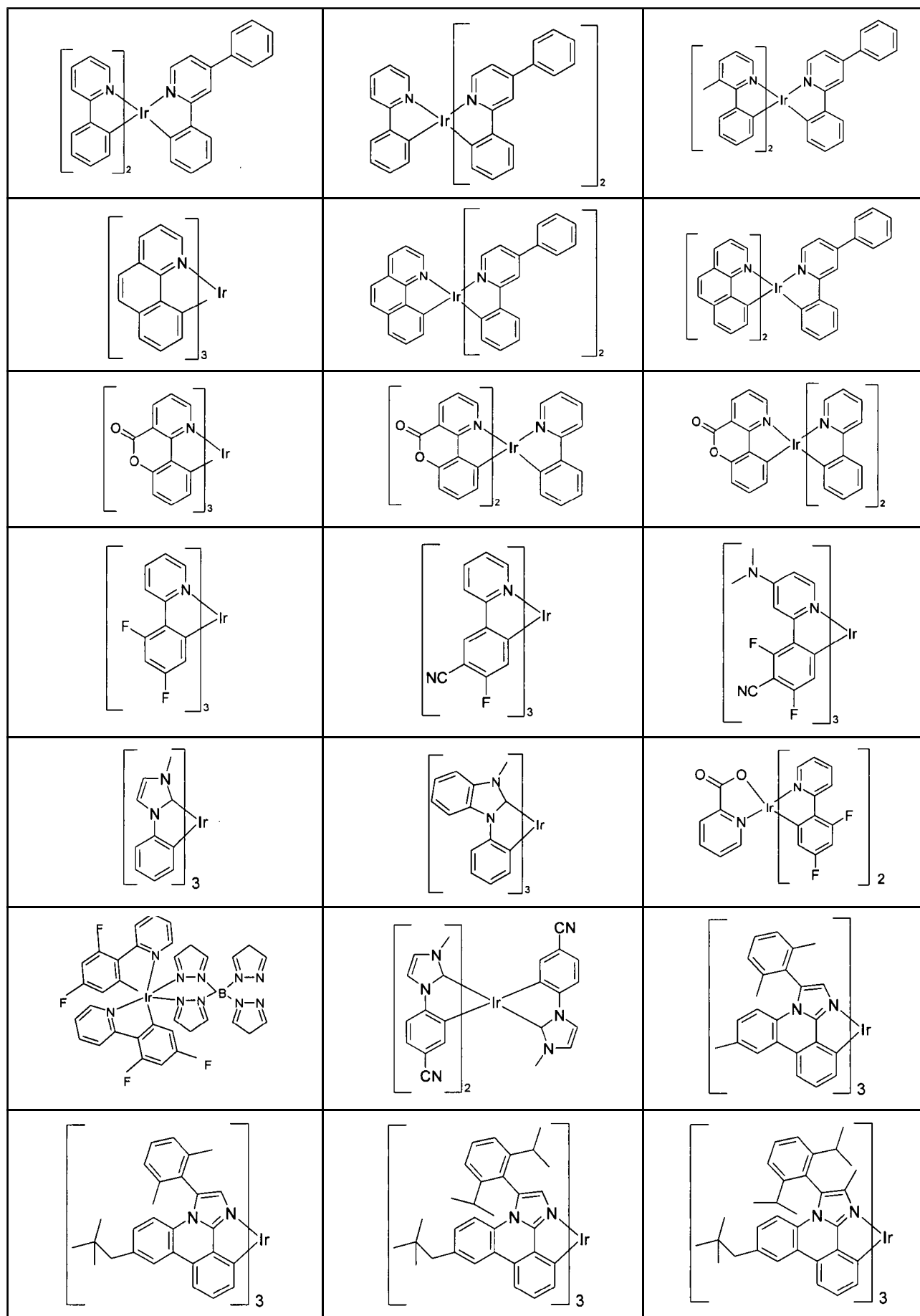


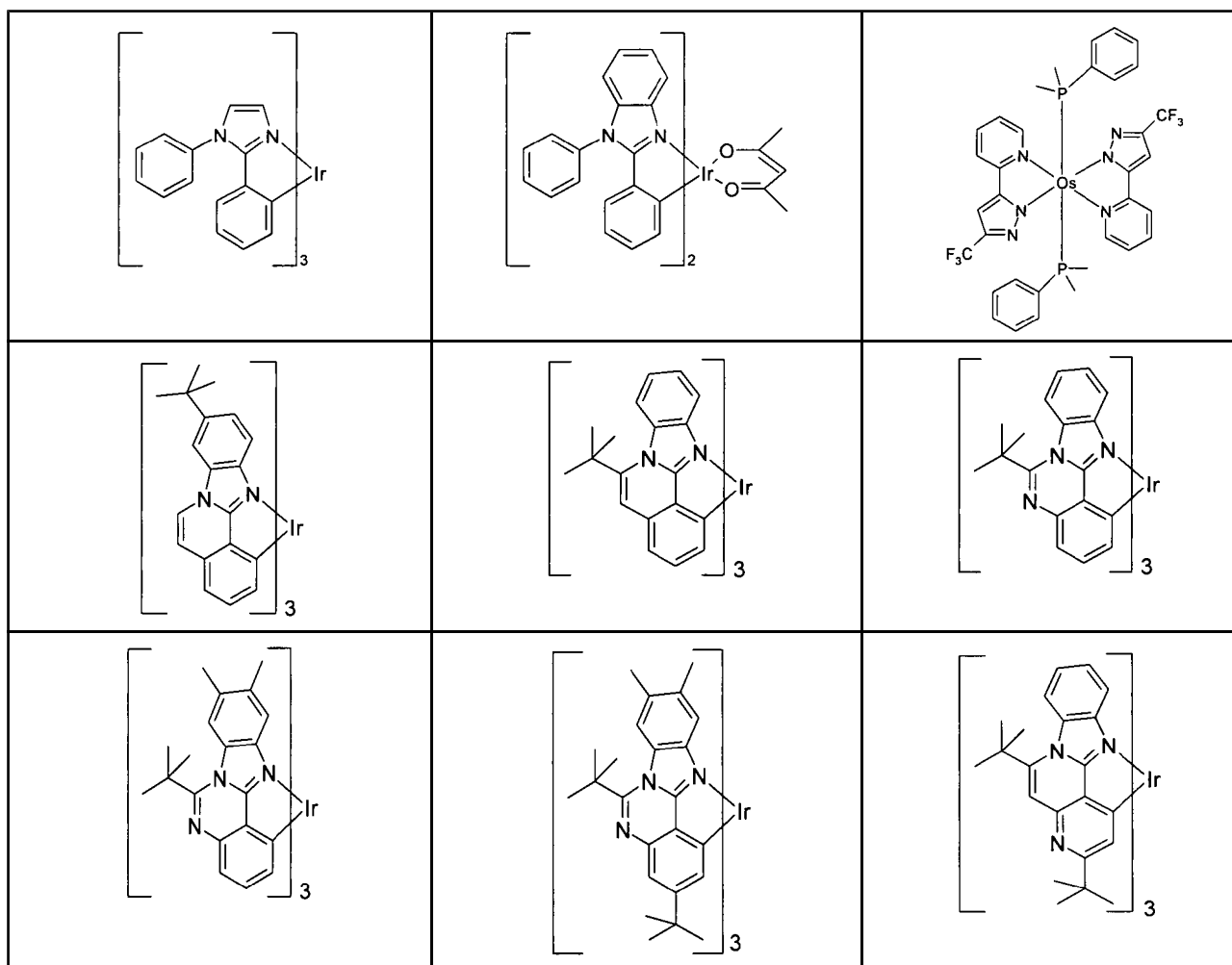












**[0033]** Besonders vorteilhaft hinsichtlich der Leistungsdaten und Lebensdauer elektronischer Vorrichtungen und gemäß Anspruch 1 ist, dass die Komponenten der Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 in Alternative a) die folgenden Bedingungen erfüllen

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - \min\{|\text{HOMO}(\text{D})|; |\text{HOMO}(\text{B})|\} > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO}(\text{B})| - |\text{HOMO}(\text{D})| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO}(\text{B})| - |\text{LUMO}(\text{C})| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO}(\text{B})| - |\text{LUMO}(\text{D})| > 0,$$

wobei HOMO(C) für die HOMO-Energie des neutralen Co-Hosts steht, HOMO(B) und HOMO(D) entsprechend für die HOMO-Energie des bipolaren Hosts bzw. des Dotanden steht, LUMO(C), LUMO(B) und LUMO(D) entsprechend für die LUMO-Energie des neutralen Co-Hosts, des bipolaren Hosts bzw. des Dotanden steht, und die Funktion  $\min\{|\text{HOMO}(\text{D})|; |\text{HOMO}(\text{B})|\}$  den kleineren der beiden Werte  $|\text{HOMO}(\text{D})|$  und  $|\text{HOMO}(\text{B})|$  liefert und wobei  $|\text{HOMO}|$  bzw.  $|\text{LUMO}|$  für den absoluten Betrag des jeweiligen Wertes steht.

**[0034]** Die angegebenen Energiewerte beziehen sich dabei auf isolierte Verbindungen, und werden, wie im Folgenden dargelegt, ermittelt.

**[0035]** Die HOMO (highest occupied molecular orbital) und LUMO (lowest unoccupied molecular orbital) Energien sowie das Triplettniveau der Materialien werden über quantenchemische Rechnungen bestimmt. Hierzu wird vorliegend das Programmpaket „Gaussian09, Revision D.01“ (Gaussian Inc.) verwendet. Es können aber auch andere Programmpakete verwendet werden, solange darin dieselben Methoden implementiert wurden. Zur Berechnung organischer Substanzen ohne Metalle (in Tabelle 5 mit Methode „org.“ bezeichnet)

wird zuerst eine Geometrieoptimierung mit der semi-empirischen Methode AM1 (Gaussian-Eingabezeile „# AM1 opt“) mit der Ladung (Charge) 0 und der Multiplizität (Multiplicity) 1 durchgeführt. Im Anschluss erfolgt auf Grundlage der optimierten Geometrie eine Energierechnung (single point) für elektronischen Grundzustand und Triplett-Niveau. Hierbei wird die TDDFT-Methode (Time Dependent Density Functional Theory) B3PW91 mit dem Basissatz 6-31G(d) (Gaussian-Eingabezeile „# B3PW91/6-31G(d) td=(50-50,nstates=4)“) verwendet (Ladung 0, Multiplizität 1). Für metallorganische Verbindungen (in Tabelle 5 mit Methode „M-org.“ bezeichnet) wird die Geometrie mit der Methode Hartree-Fock und dem Basissatz LanL2MB (Gaussian-Eingabezeile „# HF/LanL2MB opt“) optimiert (Ladung 0, Multiplizität 1). Die Energierechnung erfolgt analog zu den organischen Substanzen, wie oben beschrieben, mit dem Unterschied, dass für das Metallatom der Basissatz „LanL2DZ“ und für die Liganden der Basissatz „6-31 G(d)“ verwendet wird (Gaussian-Eingabezeile „#B3PW91/gen pseudo=lanl2 td=(50-50,nstates=4)“). Aus der Energierechnung erhält man das HOMO als das letzte mit zwei Elektronen besetzte Orbital (Alpha occ. eigenvalues) und LUMO als das erste unbesetzte Orbital (Alpha virt. eigenvalues) in Hartree-Einheiten (HEh bzw. LEh). Daraus wird der anhand von Cyclovoltammetriemessungen kalibrierte HOMO- und LUMO-Wert in Elektronenvolt wie folgt bestimmt:

$$\text{LUMO(eV)} = (1.0658 * \text{LEh} * 27.212) - 0.5049$$

$$\text{HOMO(eV)} = (0.8308 * \text{HEh} * 27.212) - 1.1180$$

**[0036]** Diese Werte sind im Sinne dieser Anmeldung als HOMO bzw. als LUMO der Materialien anzusehen.

**[0037]** Das Triplett-Niveau  $T_1$  eines Materials ist definiert als die relative Anregungsenergie (in eV) des Triplettzustands mit der niedrigsten Energie, der sich aus der quantenchemischen Energierechnung ergibt.

**[0038]** Weiterhin bevorzugt ist, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.15 \text{ eV}$$

und

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| > -0.2 \text{ eV}$$

wobei ganz bevorzugt ist, wenn die folgenden Bedingungen erfüllt sind

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.1 \text{ eV}$$

und

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| > -0.1 \text{ eV.}$$

**[0039]** Ganz bevorzugt ist, wenn folgende Bedingung erfüllt ist

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.4 \text{ eV,}$$

wobei besonders bevorzugt ist, wenn

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.6 \text{ eV}$$

erfüllt ist.

**[0040]** Ganz besonders bevorzugt ist, wenn folgende Bedingung erfüllt ist

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.4 \text{ eV,}$$

wobei insbesondere bevorzugt ist, wenn

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.6 \text{ eV}$$

erfüllt ist.

**[0041]** Insbesondere bevorzugt ist eine Zusammensetzung gemäß Anspruch 3 oder 4, die dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - \min\{|\text{HOMO}(\text{D})|; |\text{HOMO}(\text{B})|\} > 0.4 \text{ eV}$$

oder

$$|\text{LUMO}(\text{B})| - |\text{LUMO}(\text{C})| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei noch bevorzugter ist, wenn beide Bedingungen erfüllt sind, und wobei noch mehr bevorzugt ist, wenn darüber hinaus eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - \min\{|\text{HOMO}(\text{D})|; |\text{HOMO}(\text{B})|\} > 0.6 \text{ eV}$$

oder

$$|\text{LUMO}(\text{B})| - |\text{LUMO}(\text{C})| > 0.6 \text{ eV},$$

und wobei am meisten bevorzugt ist, wenn beide Bedingungen erfüllt sind.

**[0042]** In einer weiteren Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 einen bipolaren Host, einen neutralen Co-Host sowie einen lichtemittierenden Dotanden, dadurch gekennzeichnet, dass in Alternative b) die folgenden Bedingungen erfüllt sind

$$\max\{|\text{LUMO}(\text{D})|; |\text{LUMO}(\text{B})|\} - |\text{LUMO}(\text{C})| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO}(\text{D})| - |\text{LUMO}(\text{B})| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - |\text{HOMO}(\text{B})| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO}(\text{D})| - |\text{HOMO}(\text{B})| > 0,$$

wobei die Funktion  $\max\{|\text{LUMO}(\text{D})|; |\text{LUMO}(\text{B})|\}$  den größeren der beiden Werte  $|\text{LUMO}(\text{D})|$  und  $|\text{LUMO}(\text{B})|$  liefert.

**[0043]** Noch bevorzugter ist dabei gemäß Anspruch 5, wenn

$$|\text{LUMO}(\text{D})| - |\text{LUMO}(\text{B})| < 0.15 \text{ eV}$$

und

$$|\text{LUMO}(\text{D})| - |\text{LUMO}(\text{B})| > -0.2 \text{ eV}$$

erfüllt sind,

wobei ganz bevorzugt ist, wenn

$$|\text{LUMO}(\text{D})| - |\text{LUMO}(\text{B})| < 0.1 \text{ eV}$$

und

$$|\text{LUMO}(\text{D})| - |\text{LUMO}(\text{B})| > -0.1 \text{ eV}$$

erfüllt sind.

**[0044]** Im Zusammenhang mit der oben genannten, alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß Anspruch 6 ist ferner ganz bevorzugt, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist,

$$\max\{|LUMO(D)|; |LUMO(B)|\} - |LUMO(C)| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei besonders bevorzugt ist, wenn

$$\max\{|LUMO(D)|; |LUMO(B)|\} - |LUMO(C)| > 0.6 \text{ eV}$$

erfüllt ist.

**[0045]** Im Zusammenhang mit der oben genannten, alternativen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung gemäß Anspruch 7 ist ferner ganz besonders bevorzugt, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist,

$$|HOMO(C)| - |HOMO(B)| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|HOMO(C)| - |HOMO(B)| > 0.6 \text{ eV}$$

erfüllt ist.

**[0046]** Insbesondere bevorzugt ist eine Zusammensetzung gemäß Anspruch 6 oder Anspruch 7, die dadurch gekennzeichnet ist, dass mindestens eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist

$$\max\{|LUMO(D)|; |LUMO(B)|\} - |LUMO(C)| > 0.4 \text{ eV}$$

oder

$$|HOMO(C)| - |HOMO(B)| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei noch bevorzugter ist, wenn beide Bedingungen erfüllt sind, und wobei noch mehr bevorzugt ist, wenn darüber hinaus eine der beiden folgenden Bedingungen erfüllt ist,

$$\max\{|LUMO(D)|; |LUMO(B)|\} - |LUMO(C)| > 0.6 \text{ eV}$$

oder

$$|HOMO(C)| - |HOMO(B)| > 0.6 \text{ eV}$$

und wobei am meisten besonders bevorzugt ist, wenn beide Bedingungen erfüllt sind.

**[0047]** Ein bipolarer Host ist ein Host, der in der verwendeten Mischung im verwendeten Bauteil signifikant sowohl zum Elektronen- als auch zum Lochtransport beiträgt. Dies ist dadurch zu erreichen, dass ein Material ausgewählt wird, (a) in das aufgrund seiner Energieniveaulagen im Vergleich zu den Energieniveaulagen weiterer in derselben Mischung verwendeter Materialien signifikant sowohl Elektronen als auch Löcher injiziert werden und (b) in dem der Transport nicht aufgrund extrem niedriger Elektronen- oder Lochmobilität (kleiner als  $10^{-8} \text{ cm}^2/(\text{Vs})$ ) unterdrückt ist.

**[0048]** Häufig werden bipolare Hosts durch sogenannte Hybridsysteme dargestellt. Hybridsysteme sind dadurch charakterisiert, dass sie sowohl wenigstens eine elektronentransportierende Gruppe als auch wenigstens eine lochtransportierende Gruppe enthalten, wobei dies im Allgemeinen Gruppen sind, die durch ihren Elektronenreichtum bzw. ihre Elektronenarmut ein für Lochinjektion geeignetes HOMO bzw. ein für Elektroneninjektion geeignetes LUMO erzielen.

**[0049]** Bipolarität ist keine Eigenschaft eines Einzelmaterials, sondern wird durch geeignete Eigenschaften relativ zu anderen in der Mischung vorhandenen Materialien erzielt.

**[0050]** Bipolare Hosts werden gemäß Anspruch 1 ausgewählt aus der Gruppe der Pyridine, Pyrimidine, Triazine, Benzimidazole, Carbazole, Indenocarbazole, Indolocarbazole, 1,10-Phenanthroline, 1,3,4-Oxadiazole, Phosphinoxide, Phenylsulfonyle, Ketone, Lactame und Triarylamine, wobei die Triazine, Pyrimidine, Benzimidazole, Carbazole, Indenocarbazole, Indolocarbazole, Ketone, Lactame und Triarylamine ganz bevorzugt sind. Besonders bevorzugte bipolare Hosts sind dabei ausgewählt aus der Gruppe der Triazine, Benzimidazole, Carbazole, Indenocarbazole, Lactame und Triarylamine, wobei die Triazine, Carbazole, Indenocarbazole und Lactame insbesondere bevorzugt sind.

**[0051]** Pyridine, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Pyridine repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0052]** Pyrimidine, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, in WO 2011/057706 A2, in WO2011/132684 A1 oder in WO 2014/090368 A1 offenbart. Die darin offenbarten Pyrimidine repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0053]** Triazine, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in WO 2011/057706 A2, WO 2014/090368 A1 oder in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Triazine repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0054]** Benzimidazole, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895 oder in WO 2010/107244 A2. Die darin offenbarten Benzimidazole repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0055]** Carbazole, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in WO 2011/057706 A2, WO 2014/090368 A1 oder in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Carbazole repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0056]** Indenocarbazole, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in WO 2014/090368 A1 oder in WO 2011/000455 A1. Die darin offenbarten Indenocarbazole repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0057]** Indolocarbazole, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in WO 2008/056746 A1 Die darin offenbarten Indolocarbazole repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0058]** 1,10-Phenanthroline, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten 1,10-Phenanthroline repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0059]** 1,3,4-Oxadiazole, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten 1,3,4-Oxadiazole repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0060]** Phosphinoxide, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Phosphinoxide repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0061]** Phenylsulfonyle, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise, offenbart in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Phenylsulfonyle repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0062]** Ketone, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise offenbart in WO 2007/137725 A1 oder in WO 2010/136109 A1. Die darin offenbarten Ketone repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0063]** Lactame, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise offenbart in WO 2013/064206 A1. Die darin offenbarten Lactame repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0064]** Triarylamine, die sich als bipolare Hosts eignen, sind, beispielsweise offenbart in WO2007/137725 A1, in WO 2011/000455 A1 oder in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895. Die darin offenbarten Triarylamine repräsentieren auch ganz bevorzugte bipolare Hosts im Sinne der vorliegenden Erfindung.

**[0065]** Wie oben bereits erwähnt, werden bipolare Hosts häufig durch sogenannte Hybridsysteme dargestellt. Hybridsysteme sind dadurch charakterisiert, dass sie sowohl wenigstens eine elektronentransportierende Gruppe (ET) als auch wenigstens eine Lochtransportierende Gruppe (HT) enthalten.

**[0066]** Der bipolare Host der erfindungsgemäßen Zusammensetzung ist daher in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung ein Hybridsystem enthaltend sowohl wenigstens eine elektronentransportierende Gruppe (ET) als auch wenigstens eine Lochtransportierende Gruppe (HT). Eine Übersicht solcher Hybridsysteme ist, zum Beispiel, in Adv. Mater., 2011, 23, 3876-3895 offenbart.

**[0067]** Ganz bevorzugt ist, wenn es sich bei dem bipolaren Host um ein Hybridsystem handelt, das ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus den HT/N-haltigen Heterocyclus-Hybridsystemen, HT/Benzimidazol-Hybridsystem, HT/1,10-Phenanthrolin-Hybridsystemen, HT/1,3,4-Oxadiazol-Hybridsystemen, HT/Phosphinoxid-Hybridsystemen, HT/Phenylsulfonyl-Hybridsystemen, HT/Keton-Hybridsystemen und HT/Lactam-Hybridsystemen. Die Schreibweise HT/Benzimidazol soll bedeuten, dass der bipolare Host wenigstens eine Lochtransportierende Gruppe (HT) und wenigstens eine elektronentransportierende Gruppe enthält, wobei es sich bei einer der elektronentransportierenden Gruppen um ein Benzimidazol handelt.

**[0068]** Bevorzugte N-haltige Heterocyclen sind die Pyridine, Pyrimidine und Triazine, wobei die Triazine ganz bevorzugte Gruppen darstellen.

**[0069]** Besonders bevorzugte Hybridsysteme für bipolare Hosts sind HT/Pyridin-Hybridsysteme, HT/Pyrimidin-Hybridsysteme, HT/Triazin-Hybridsysteme, HT/Benzimidazol-Hybridsysteme, ganz besonders bevorzugt sind HT/Triazin-Hybridsysteme oder HT/Benzimidazol-Hybridsysteme und insbesondere bevorzugt sind HT/Triazin-Hybridsysteme.

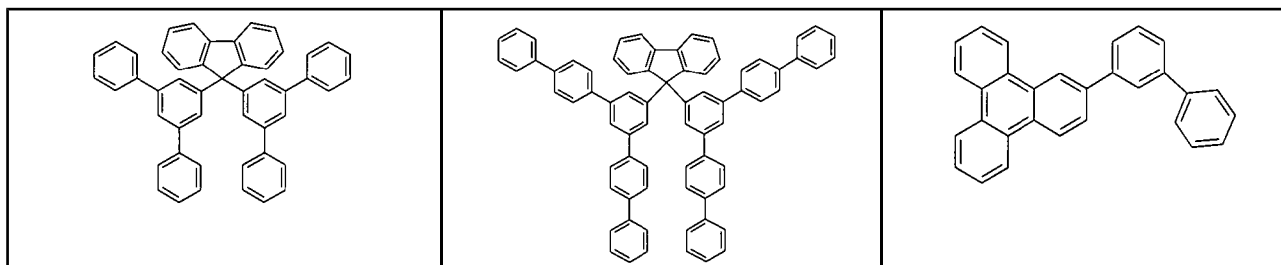
**[0070]** Weiterhin bevorzugte bipolare Hosts sind Carbazol/ET-Hybridsysteme, Indenocarbazol/ET-Hybridsysteme, Indolocarbazol/ET-Hybridsysteme, Carbazol-Carbazol/ET-Hybridsysteme, Indenocarbazol-Carbazol/ET-Hybridsysteme und Amin/ET-Hybridsysteme, wobei die Carbazol/ET-Hybridsysteme ganz bevorzugt sind.

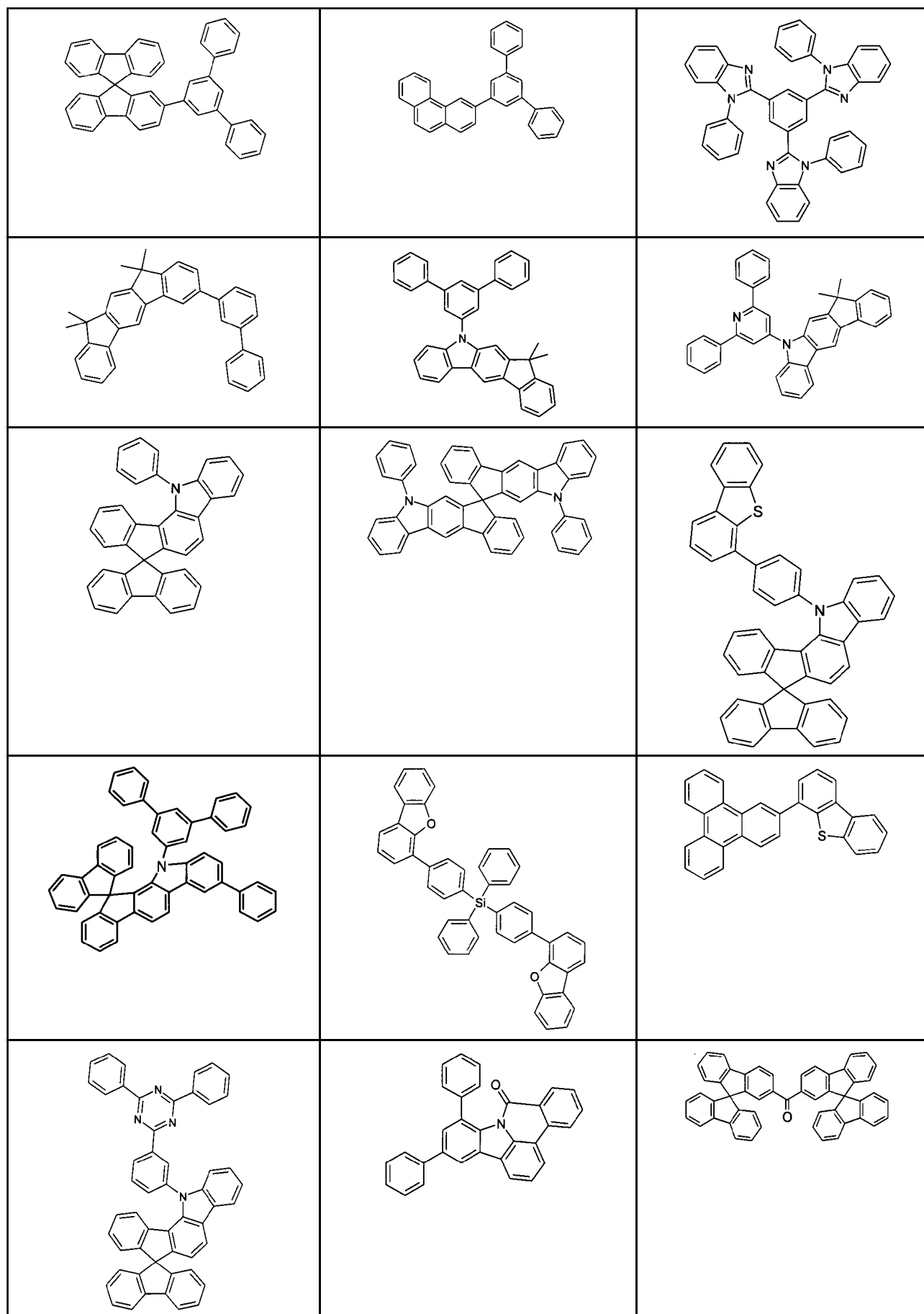
**[0071]** Ganz besonders bevorzugte Hybridsysteme sind dabei die Carbazol/Triazin-Hybridsysteme, Indenocarbazol/Triazin-Hybridsysteme, Indolocarbazol/Triazin-Hybridsysteme, Carbazol-Carbazol/Triazin-Hybridsysteme, Indenocarbazol-Carbazol/Triazin-Hybridsysteme und Amin/Triazin-Hybridsystemen.

**[0072]** Der neutrale Co-Host gemäß Anspruch 1 enthält bevorzugt gar keine Heteroatome.

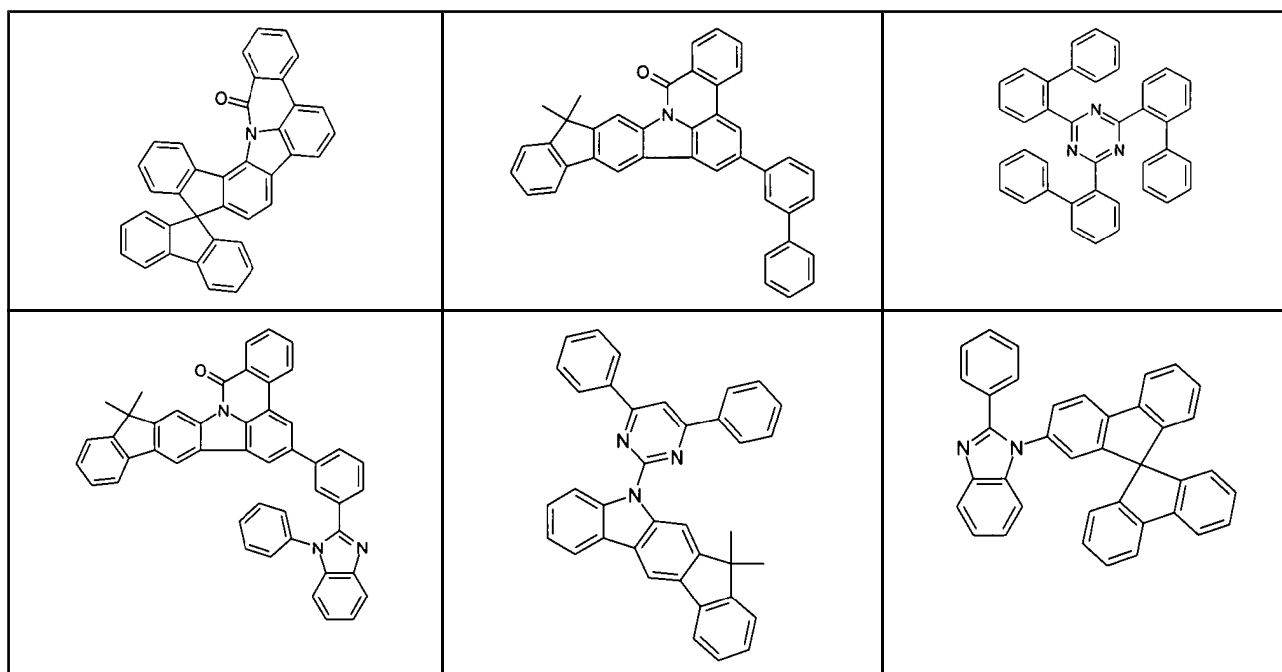
**[0073]** Je nach Energieniveaus des verwendeten Emitters und bipolaren Hosts können bevorzugte neutrale Hosts auch solche sein, die in anderen Kombinationen als ladungstransportierend, z.B. als elektronentransportierende Hosts verwendet werden.

**[0074]** Die neutralen Co-Hosts gemäß Anspruch 1 sind die der folgenden Übersicht.









**[0075]** Die erfindungsgemäße Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 kann in einer bevorzugten Ausführungsform neben den genannten Materialien, bipolaren Host, neutralen Co-Host und lichtemittierenden Dotanden, weitere organische funktionelle Materialien enthalten. Die vorliegende Erfindung betrifft daher auch eine Zusammensetzung gemäß Anspruch 8, die neben den drei oben genannten Komponenten weitere organische funktionelle Materialien enthält, die vorzugsweise ausgewählt werden aus der Gruppe der Lochinjektionsmaterialien, Lochtransportmaterialien, Lochblockiermaterialien, Host-Materialien, Emitter-Materialien, Elektronenblockiermaterialien, Elektronentransportmaterialien und Elektroneninjektionsmaterialien.

**[0076]** Es ist ganz bevorzugt, wenn die Zusammensetzung als weiteres funktionelles Material ein weiteres Host-Material enthält.

**[0077]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist das weitere Host-Material ein weiteres bipolares Host-Material im Sinne dieser Anmeldung. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das weitere Host-Material ein weiteres neutrales Host-Material im Sinne dieser Anmeldung.

**[0078]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das weitere Host-Material ein Lochtransportierendes Host-Material. In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform ist das weitere Host-Material ein elektronentransportierendes Host-Material.

**[0079]** Bevorzugte weitere Host-Materialien sind aromatische Amine, insbesondere Triarylamine, z. B. gemäß US 2005/0069729 A1, Carbazolderivate (z. B. CBP, N,N-Biscarbazolylbiphenyl) oder Verbindungen gemäß WO 2005/039246 A1, US 2005/0069729 A1, JP 2004-288381 A2, EP 1205527 A1 oder WO 2008/086851 A1, verbrückte Carbazolderivate, z. B. gemäß WO 2011/088877 A1 und WO 2011/128017 A1, Indenocarbazolderivate, z. B. gemäß WO 2010/136109 A1 und WO 2011/000455 A1, Azacarbazolderivate, z. B. gemäß EP 1617710 A1, EP 1617711 A1, EP 1731584 A1, JP 2005-347160 A2, Indolocarbazolderivate, z. B. gemäß WO 2007/063754 A1 oder WO 2008/056746 A1, Ketone, z. B. gemäß WO 2004/093207 A2 oder WO 2010/006680 A1, Phosphinoxide, Sulfoxide und Sulfone, z. B. gemäß WO 2005/003253 A2, Oligophenylene, bipolare Host-Materialien, z. B. gemäß WO 2007/137725 A1, Silane, z. B. gemäß WO 2005/111172 A2, Azaborole oder Boronester, z. B. gemäß WO 2006/117052 A1, Triazinderivate, z. B. gemäß WO 2010/015306 A1, WO 2007/063754 A1 oder WO 2008/056746 A1, Zinkkomplexe, z. B. gemäß EP 652273 A1 oder WO 2009/062578 A1, Diazasilol- und Tetraazasilol-Derivate, z. B. gemäß WO 2010/054729 A2, Diazaphosphol-Derivate, z. B. gemäß WO 2010/054730 A1 und Aluminiumkomplexe, z. B. BAIQ.

**[0080]** Die Konzentration des weiteren Host-Materials in der Zusammensetzung liegt bevorzugt im Bereich von 10 Gew.-% und 50 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 10 Gew.-% und 30 Gew.-% und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 10 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

- [0081]** Die erfindungsgemäße Zusammensetzung enthält in einer weiteren bevorzugten Ausführungsform einen oder mehrere weitere lichtemittierende Dotanden, die phosphoreszierende Emitter sind.
- [0082]** Besonders bevorzugt ist, wenn die Zusammensetzung einen oder zwei weitere lichtemittierende Dotanden enthält, wobei ganz besonders bevorzugt ist, wenn die Zusammensetzung einen weiteren lichtemittierenden Dotanden enthält.
- [0083]** Für diesen Zweck eignen sich die oben bereits genannten phosphoreszierenden Dotanden.
- [0084]** In einer bevorzugten Ausführungsform wird eine Zusammensetzung aus zwei lichtemittierenden, phosphoreszierenden Dotanden eingesetzt, wobei der phosphoreszierende Dotand mit dem kürzerwelligen Emissionsspektrum als Co-Host für den phosphoreszierenden Dotanden mit dem längerwelligen Emissionsspektrum dient.
- [0085]** Ein Dotand weist dann ein kürzerwelliges Emissionsspektrum auf, wenn seine Peak Emission im Elektrolumineszenzspektrum zu einer kürzeren Wellenlänge verschoben ist im Vergleich zu der Peak Emission im Elektrolumineszenzspektrum des anderen Dotanden.
- [0086]** So können, beispielsweise, blau (400-500 nm) oder grün (501-560 nm) emittierende, phosphoreszierende Dotanden als Co-Hosts für rot emittierende, phosphoreszierende Dotanden eingesetzt werden. Ebenso können, beispielsweise, blau emittierende, phosphoreszierende Dotanden als Co-Hosts für grün emittierende, phosphoreszierende Dotanden eingesetzt werden. Dies ist vorteilhaft für Lebensdauer, Effizienz und Betriebsspannung der entsprechenden organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen.
- [0087]** In einer bevorzugten Ausführungsform werden hierbei Zusammensetzungen verwendet, bei denen der überwiegende Anteil der Emission in Elektrolumineszenz vom längerwelligen phosphoreszierenden Dotanden ausgeht.
- [0088]** Der Anteil der Emission in der Elektrolumineszenz eines Dotanden überwiegt, wenn wenigstens 70%, bevorzugt wenigstens 80% und ganz bevorzugt wenigstens 90% der Fläche unter dem Elektrolumineszenz-Emission-Spektrum auf diesen Dotanden der Zusammensetzung zurückzuführen sind.
- [0089]** Ganz besonders bevorzugt werden hierbei Zusammensetzungen verwendet, bei denen ausschließlich der längerwellige, phosphoreszierende Dotand zur Emission in Elektrolumineszenz beiträgt. Der Begriff „ausschließlich“ bedeutet hierin, dass wenigstens 99% der Fläche unter dem Elektrolumineszenz-Emission-Spektrum auf diesen Dotanden der Zusammensetzung zurückzuführen sind.
- [0090]** Der relative Beitrag beider phosphoreszierender Dotanden zur Elektrolumineszenz kann durch mehrere Faktoren beeinflusst werden: Ein hoher Anteil Emission vom längerwelligen, phosphoreszierenden Dotanden kann, beispielsweise, erreicht werden durch eine hohe relative Konzentration dieses Emitters und/oder geringe sterische Abschirmung beider beteiligter Emitter und/oder geeignete Energieniveaulagen, die zu bevorzugter Exzitonbildung auf dem längerwelligen, phosphoreszierenden Dotanden führen.
- [0091]** In dieser Ausführungsform liegt die Konzentration des kürzerwelligen lichtemittierenden, phosphoreszierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 1 Gew.-% und 40 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 3 Gew.-% und 30 Gew.-%, und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.
- [0092]** Zusätzlich liegt in dieser Ausführungsform die Konzentration des längerwelligen lichtemittierenden, phosphoreszierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 1 Gew.-% und 30 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.
- [0093]** In einer anderen bevorzugten Ausführungsform wird eine Zusammensetzung aus zwei lichtemittierenden, phosphoreszierenden Dotanden eingesetzt, bei der beide Dotanden signifikant zur Emission in Elektrolumineszenz beitragen.
- [0094]** Ein Dotand trägt signifikant zur Emission in Elektrolumineszenz bei, wenn dessen Anteil an der Emission in der Elektrolumineszenz wenigstens 10%, bevorzugt wenigstens 20% und ganz bevorzugt wenigstens

30% der Fläche unter dem Elektrolumineszenz-Emission-Spektrum auf diesen Dotanden der Zusammensetzung beträgt.

**[0095]** Es ist, beispielsweise, von Vorteil, auf diese Art grüne und rote Emission in einer Schicht zu erzeugen. In Kombination mit einer weiteren, blau emittierenden Schicht kann so weiße Emission erzeugt werden. Weiterhin ist es, beispielsweise, von Vorteil, blaue und gelbe (561-585 nm) Emission in einer Schicht zu erzeugen, so dass insgesamt auch ohne Verwendung einer weiteren Emissionsschicht weiße Emission erzeugt wird.

**[0096]** Der relative Beitrag beider Emittier zur Elektrolumineszenz kann durch mehrere Faktoren beeinflusst werden: Ein signifikanter Anteil Emission vom kürzerwelligen, phosphoreszierenden Dotanden kann, beispielsweise, erreicht werden durch eine geringe bis sehr geringe relative Konzentration des längerwelligen, phosphoreszierenden Dotanden und/oder hohe sterische Abschirmung beider beteiligter Emittier und/oder geeignete Energieniveaulagen, die zu bevorzugter Exzitonenbildung auf dem kürzerwelligen, phosphoreszierenden Dotanden führen.

**[0097]** In dieser Ausführungsform liegt die Konzentration des kürzerwelligen weiteren lichtemittierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 1 Gew.-% und 40 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 30 Gew.-%, und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 8 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0098]** Zusätzlich liegt in dieser Ausführungsform die Konzentration des längerwelligen lichtemittierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 0.1 Gew.-% und 10 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 0.1 Gew.-% und 3 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0099]** In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform wird eine Zusammensetzung aus insgesamt drei lichtemittierenden, phosphoreszierenden Dotanden eingesetzt, bei der alle drei Dotanden signifikant zur Emission in Elektrolumineszenz beitragen.

**[0100]** Dabei weisen diese Dotanden bevorzugt insgesamt mehrere Emissionsmaxima zwischen 380 nm und 750 nm auf, so dass insgesamt weiße Emission resultiert. Insbesondere bevorzugt ist eine Kombination aus blauer, grüner und oranger oder roter Emission.

**[0101]** Der relative Beitrag der drei Emittier zur Elektrolumineszenz kann durch dieselben Faktoren beeinflusst werden, die bereits oben für den Fall von zwei Emittieren beschrieben sind.

**[0102]** In dieser Ausführungsform liegt die Konzentration des kurzwelligsten lichtemittierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 1 Gew.-% und 40 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 5 Gew.-% und 30 Gew.-%, und ganz besonders bevorzugt im Bereich von 8 Gew.-% und 20 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0103]** Zusätzlich liegt in dieser Ausführungsform die Konzentration des lichtemittierenden Dotanden mit der nächsthöheren Emissionswellenlänge in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 0.1 Gew.-% und 10 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 0.5 Gew.-% und 3 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0104]** Zusätzlich liegt in dieser Ausführungsform die Konzentration des längstwelligen lichtemittierenden Dotanden in der Zusammensetzung bevorzugt im Bereich von 0.01 Gew.-% und 5 Gew.-%, ganz bevorzugt im Bereich von 0.1 Gew.-% und 1 Gew.-% bezogen auf die gesamte Zusammensetzung.

**[0105]** In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Zusammensetzung neben dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host und dem lichtemittierenden Dotanden gemäß Anspruch 1 keine organische funktionelle Materialien, wobei ganz besonders bevorzugt ist, wenn die erfindungsgemäße Zusammensetzung nur aus dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host und dem lichtemittierenden Dotanden besteht und keine weiteren organischen oder anorganischen Bestandteile enthält.

**[0106]** In einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Zusammensetzung neben dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host, dem lichtemittierenden Dotanden und dem weiteren Host-Material gemäß Anspruch 9 keine der oben genannten organischen funktionellen Materialien, wobei ganz besonders bevorzugt ist, wenn die erfindungsgemäße Zusammensetzung nur aus

dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host, dem lichtemittierenden Dotanden und dem weiteren Host-Material besteht und keine weiteren organischen oder anorganischen Bestandteile enthält.

**[0107]** In noch einer weiteren besonders bevorzugten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung enthält die Zusammensetzung neben dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host, dem lichtemittierenden Dotanden und dem weiteren lichtemittierenden Dotanden gemäß Anspruch 10 keine der oben genannten organischen funktionellen Materialien, wobei ganz besonders bevorzugt ist, wenn die erfindungsgemäße Zusammensetzung nur aus dem bipolaren Host, dem neutralen Co-Host, dem lichtemittierenden Dotanden und dem weiteren lichtemittierenden Dotanden besteht und keine weiteren organischen oder anorganischen Bestandteile enthält.

**[0108]** Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen können in elektronischen Vorrichtungen, insbesondere in organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, verwendet werden. Dabei können die Komponenten der Zusammensetzungen durch Aufdampfen oder aus Lösung prozessiert werden. Sofern die Zusammensetzungen aus Lösung aufgebracht werden, ist wenigstens ein weiteres Lösungsmittel erforderlich. Das Verarbeiten aus Lösung hat den Vorteil, dass die Schicht enthaltend die erfindungsgemäße Zusammensetzung sehr einfach und kostengünstig aufgebracht werden kann. Diese Technik eignet sich insbesondere für die Massenproduktion organischer elektronischer Vorrichtungen.

**[0109]** Die vorliegende Erfindung betrifft daher auch eine Formulierung gemäß Anspruch 13 enthaltend eine erfindungsgemäße Zusammensetzung sowie wenigstens ein Lösungsmittel.

**[0110]** Geeignete und bevorzugte Lösungsmittel sind beispielsweise Toluol, Anisol, o-, m- oder p-Xylol, Methylbenzoat, Mesitylen, Tetralin, Veratrol, THF, Methyl-THF, THP, Chlorbenzol, Dioxan, Phenoxytoluol, insbesondere 3-Phenoxytoluol, (-)-Fenchon, 1,2,3,5-Tetramethylbenzol, 1,2,4,5-tetramethylbenzol, 1-Methylnaphthalin, 2-Methylbenzothiazol, 2-Phenoxyethanol, 2-Pyrrolidinon, 3-Methylanisol, 4-Methylanisol, 3,4-Dimethylanisol, 3,5-Dimethylanisol, Acetophenon,  $\alpha$ -Terpineol, Benzothiazol, Butylbenzoat, Cumol, Cyclohexanol, Cyclohexanon, Cyclohexylbenzol, Decalin, Dodecylbenzol, Ethylbenzoat, Indan, Methylbenzoat, NMP, p-Cymol, Phenetol, 1,4-Diisopropylbenzol, Dibenzyl ether, Diethylenglycolbutylmethylether, Triethylenglycolbutylmethylether, Diethylenglycoldibutylether, Triethylenglycoldimethylether, Diethylen-glycolmonobutylether, Tripropylenglycoldimethylether, Tetraethylenglycol-dimethylether, 2-Isopropyl-naphthalin, Pentylbenzol, Hexylbenzol, Heptylbenzol, Octylbenzol, 1,1-Bis(3,4-Dimethylphenyl)ethan oder Mischungen dieser Lösungsmittel.

**[0111]** Die genannte Formulierung kann, wie bereits erläutert, verwendet werden, eine Schicht einer elektronischen Vorrichtung aus Lösung zu prozessieren. Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher die Verwendung einer erfindungsgemäßen Formulierung gemäß Anspruch 14 zur Herstellung einer elektronischen Vorrichtung, insbesondere einer organischen Elektrolumineszenzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass die Formulierung verwendet wird, um eine Emissionsschicht der Vorrichtung aus Lösung zu prozessieren.

**[0112]** Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist auch die Verwendung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen in einer organischen elektronischen Vorrichtung gemäß Anspruch 15.

**[0113]** Daher betrifft die vorliegende Erfindung auch eine organische elektronische Vorrichtung enthaltend mindestens eine erfindungsgemäße Zusammensetzung gemäß Anspruch 16, wobei die Vorrichtung bevorzugt ausgewählt ist aus den organischen integrierten Schaltungen (OICs), organischen Feld-Effekt-Transistoren (OFETs), organischen Dünnschichttransistoren (OTFTs), organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, organischen Solarzellen (OSCs), organischen optischen Detektoren, organischen Photorezeptoren, und wobei die organischen Elektrolumineszenzvorrichtung ganz bevorzugt sind.

**[0114]** Ganz besonders bevorzugte organische Elektrolumineszenzvorrichtungen im Sinne der vorliegenden Erfindung sind organische lichtemittierende Transistoren (OLETs), organische Feld-Quench-Devices (OFQDs), organische lichtemittierende elektrochemischen Zellen (OLECs), organische Laserdioden (O-Laser) und organische lichtemittierende Dioden (OLEDs), insbesondere bevorzugt sind OLECs und OLEDs und am meisten bevorzugt sind OLEDs.

**[0115]** Außer Kathode, Anode und der Schicht enthaltend die erfindungsgemäße Zusammensetzung kann die organische Elektrolumineszenzvorrichtung noch weitere Schichten enthalten. Diese sind beispielsweise gewählt aus jeweils einer oder mehreren Lochinjektionsschichten, Lochtransportschichten, Lochblockierschichten, emittierenden Schichten, Elektronentransportschichten, Elektroneninjektionsschichten, Elektro-

nenblockierschichten, Excitonenblockierschichten, Zwischenschichten (Interlayers), Ladungserzeugungsschichten (Charge-Generation Layers) (IDMC 2003, Taiwan; Session 21 OLED (5), T. Matsumoto, T. Nakada, J. Endo, K. Mori, N. Kawamura, A. Yokoi, J. Kido, Multiphoton Organic EL Device Having Charge Generation Layer) und/oder organischen oder anorganischen p/n-Übergängen. Es sei aber darauf hingewiesen, dass nicht notwendigerweise jede dieser Schichten vorhanden sein muss.

**[0116]** Die Abfolge der Schichten organischer Elektrolumineszenzvorrichtungen ist bevorzugt die folgende:

Anode-Lochinjektionsschicht-Lochtransportschicht-emittierende Schicht-Elektronentransportschicht-Elektroneninjektionsschicht-Kathode.

**[0117]** Dabei soll erneut darauf hingewiesen werden, dass nicht alle der genannten Schichten vorhanden sein müssen, und/oder dass zusätzlich weitere Schichten vorhanden sein können.

**[0118]** Die erfindungsgemäße organische Elektrolumineszenzvorrichtung kann mehrere emittierende Schichten enthalten. Besonders bevorzugt weisen diese Emissionsschichten in diesem Fall insgesamt mehrere Emissionsmaxima zwischen 380 nm und 750 nm auf, so dass insgesamt weiße Emission resultiert, d. h. in den emittierenden Schichten werden verschiedene emittierende Verbindungen verwendet, die fluoreszieren oder phosphoreszieren können und die blaues oder gelbes oder orangefarbenes oder rotes Licht emittieren. Insbesondere bevorzugt sind Dreischichtsysteme, also Systeme mit drei emittierenden Schichten, wobei die drei Schichten blaue, grüne und orange oder rote Emission zeigen (für den prinzipiellen Aufbau siehe z. B. WO 2005/011013 A1). Es soll angemerkt werden, dass sich für die Erzeugung von weißem Licht anstelle mehrerer farbig emittierender Emittierverbindungen auch eine einzeln verwendete Emittierverbindung eignen kann, welche in einem breiten Wellenlängenbereich emittiert.

**[0119]** Die erfindungsgemäße Zusammensetzung ist insbesondere auch für die Verwendung in organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen geeignet, wie sie z. B. in WO 98/24271 A1, US 2011/0248247 A1 und US 2012/0223633 A1 beschrieben sind. In diesen mehrfarbigen Display-Bauteilen wird eine zusätzliche blaue Emissionsschicht vollflächig auf alle Pixel, auch diejenigen mit einer von Blau verschiedenen Farbe, aufgedampft. Dabei wird überraschend gefunden, dass die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen, wenn sie für das rote und/oder grüne Pixel eingesetzt werden, zusammen mit der aufgedampften blauen Emissionsschicht zu weiterhin sehr guter Emission führen.

**[0120]** Geeignete Ladungstransportmaterialien, wie sie in der Lochinjektions- bzw. Lochtransportschicht bzw. Elektronenblockierschicht oder in der Elektronentransportschicht der erfindungsgemäßen organischen Elektrolumineszenzvorrichtung verwendet werden können, sind beispielsweise die in Y. Shirota et al., Chem. Rev. 2007, 107(4), 953-1010 offenbarten Verbindungen oder andere Materialien, wie sie gemäß dem Stand der Technik in diesen Schichten eingesetzt werden.

**[0121]** Als Materialien für die Elektronentransportschicht können alle Materialien verwendet werden, wie sie gemäß dem Stand der Technik als Elektronentransportmaterialien in der Elektronentransportschicht verwendet werden. Insbesondere eignen sich Aluminiumkomplexe, beispielsweise  $Alq_3$ , Zirkoniumkomplexe, beispielsweise  $Zrqq_4$ , Benzimidazolderivate, Triazinderivate, Pyrimidinderivate, Pyridinderivate, Pyrazinderivate, Chinoxalinderivate, Chinolinderivate, Oxadiazolderivate, aromatische Ketone, Lactame, Borane, Diazaphospholderivate und Phosphinoxidderivate. Weiterhin geeignete Materialien sind Derivate der oben genannten Verbindungen, wie sie in JP 2000-053957 A2, WO 2003/060956 A2, WO 2004/028217 A1, WO 2004/080975 A1 und WO 2010/072300 A1 offenbart werden.

**[0122]** Als Lochtransportmaterialien sind insbesondere bevorzugt Materialien, die in einer Lochtransport-, Lochinjektions- oder Elektronenblockierschicht verwendet werden können, Indenofluorenamin-Derivate (z. B. gemäß WO 2006/122630 A1 oder WO 2006/100896 A1), die in EP 1661888 A1 offenbarten Aminderivate, Hexaazatriphenylenderivate (z. B. gemäß WO 01/049806 A1), Aminderivate mit kondensierten Aromaten (z. B. gemäß US 5,061,569 A), die in WO 95/09147 A1 offenbarten Aminderivate, Monobenzoidenofluorenamine (z. B. gemäß WO 2008/006449 A1), Dibenzoidenofluorenamine (z. B. gemäß WO 2007/140847 A1), Spirobifluoren-Amine (z. B. gemäß WO 2012/034627 A1 oder WO 2013/120577 A1, Fluoren-Amine (z. B. gemäß WO 2014/015937 A1, WO 2014/015938 A1 und WO 2014/015935 A2), Spiro-Dibenzopyran-Amine (z. B. gemäß WO 2013/083216 A1) und Dihydroacridin-Derivate (z. B. gemäß WO 2012/150001 A1).

**[0123]** Als Kathode der elektronischen Vorrichtung sind Metalle mit geringer Austrittsarbeit, Metalllegierungen oder mehrlagige Strukturen aus verschiedenen Metallen bevorzugt, wie beispielsweise Erdalkalimetalle, Alkalimetalle, Hauptgruppenmetalle oder Lanthanoide (z. B. Ca, Ba, Mg, Al, In, Yb, Sm, etc.). Weiterhin eig-

nen sich Legierungen aus einem Alkali- oder Erdalkalimetall und Silber, beispielsweise eine Legierung aus Magnesium und Silber. Bei mehrlagigen Strukturen können auch zusätzlich zu den genannten Metallen weitere Metalle verwendet werden, die eine relativ hohe Austrittsarbeit aufweisen, wie z. B. Ag oder Al, wobei dann in der Regel Kombinationen der Metalle, wie beispielsweise Ca/Ag, Mg/Ag oder Ba/Ag verwendet werden. Es kann auch bevorzugt sein, zwischen einer metallischen Kathode und dem organischen Halbleiter eine dünne Zwischenschicht eines Materials mit einer hohen Dielektrizitätskonstante einzubringen. Hierfür kommen beispielsweise Alkalimetall- oder Erdalkalimetallfluoride, aber auch die entsprechenden Oxide oder Carbonate in Frage (z. B. LiF, Li<sub>2</sub>O, BaF<sub>2</sub>, MgO, NaF, CsF, Cs<sub>2</sub>CO<sub>3</sub>, etc.). Weiterhin kann dafür Lithiumchinoxinat (LiQ) verwendet werden. Die Schichtdicke dieser Schicht beträgt bevorzugt zwischen 0.5 und 5 nm.

**[0124]** Als Anode sind Materialien mit hoher Austrittsarbeit bevorzugt. Bevorzugt weist die Anode eine Austrittsarbeit größer 4.5 eV vs. Vakuum auf. Hierfür sind einerseits Metalle mit hohem Redoxpotential geeignet, wie beispielsweise Ag, Pt oder Au. Es können andererseits auch Metall/Metalloxid-Elektroden (z. B. Al/Ni/-NiO<sub>x</sub>, Al/PtO<sub>x</sub>) bevorzugt sein. Für einige Anwendungen muss mindestens eine der Elektroden transparent oder teiltransparent sein, um entweder die Bestrahlung des organischen Materials (organische Solarzelle) oder die Auskopplung von Licht (OLED, O-LASER) zu ermöglichen. Bevorzugte Anodenmaterialien sind hier leitfähige gemischte Metalloxide. Besonders bevorzugt sind Indium-ZinnOxid (ITO) oder Indium-Zink Oxid (IZO). Bevorzugt sind weiterhin leitfähige, dotierte organische Materialien, insbesondere leitfähige dotierte Polymere. Weiterhin kann die Anode auch aus mehreren Schichten bestehen, beispielsweise aus einer inneren Schicht aus ITO und einer äußeren Schicht aus einem Metalloxid, bevorzugt Wolframoxid, Molybdänoxid oder Vanadiumoxid.

**[0125]** Die elektronische Vorrichtung wird bei der Herstellung entsprechend (je nach Anwendung) strukturiert, kontaktiert und schließlich versiegelt, da sich die Lebensdauer der erfindungsgemäßen Vorrichtungen bei Anwesenheit von Wasser und/oder Luft verkürzt.

**[0126]** In einer bevorzugten Ausführungsform ist die erfindungsgemäße elektronische Vorrichtung dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Schichten mit einem Sublimationsverfahren beschichtet werden. Dabei werden die Materialien in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Anfangsdruck kleiner 10<sup>-5</sup> mbar, bevorzugt kleiner 10<sup>-6</sup> mbar aufgedampft. Dabei ist es jedoch auch möglich, dass der Anfangsdruck noch geringer ist, beispielsweise kleiner 10<sup>-7</sup> mbar.

**[0127]** Bevorzugt ist ebenfalls eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Schichten mit dem OVPD (Organic Vapour Phase Deposition) Verfahren oder mit Hilfe einer Trägergassublimation beschichtet werden. Dabei werden die Materialien bei einem Druck zwischen 10<sup>-5</sup> mbar und 1 bar aufgebracht. Ein Spezialfall dieses Verfahrens ist das OVJP (Organic Vapour Jet Printing) Verfahren, bei dem die Materialien direkt durch eine Düse aufgebracht und so strukturiert werden (z. B. M. S. Arnold et al., Appl. Phys. Lett. 2008, 92, 053301).

**[0128]** Weiterhin bevorzugt ist eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Schichten aus Lösung, wie z. B. durch Spincoating, oder mit einem beliebigen Druckverfahren, wie z. B. Siebdruck, Flexodruck, Nozzle Printing oder Offsetdruck, besonders bevorzugt aber LITI (Light Induced Thermal Imaging, Thermotransferdruck) oder Ink-Jet Druck (Tintenstrahldruck), hergestellt werden. Hierfür sind lösliche Verbindungen nötig. Hohe Löslichkeit lässt sich durch geeignete Substitution der Verbindungen erreichen.

**[0129]** Weiterhin bevorzugt ist es, dass zur Herstellung einer erfindungsgemäßen organischen Elektrolumineszenzvorrichtung eine oder mehrere Schichten aus Lösung und eine oder mehrere Schichten durch ein Sublimationsverfahren aufgetragen werden.

**[0130]** Die erfindungsgemäßen Vorrichtungen können sehr vielseitig eingesetzt werden. So können die elektrolumineszierenden Vorrichtungen, beispielsweise, in Displays für Fernseher, Mobiltelefone, Computer und Kameras eingesetzt werden. Die Vorrichtungen können aber auch in Beleuchtungsanwendungen verwendet werden. Weiterhin können elektrolumineszierende Vorrichtungen, z. B. in OLEDs oder OLECs, enthaltend wenigstens eine der erfindungsgemäßen Zusammensetzung in der Medizin oder Kosmetik zu Phototherapie genutzt werden. Somit kann eine Vielzahl von Erkrankungen (Psoriasis, atopische Dermatitis, Inflammation, Akne, Hautkrebs etc.) oder die Vermeidung sowie Reduktion von Hautfaltenbildung, Hautrötung und Hautalterung behandelt werden. Weiterhin können die lichtemittierenden Vorrichtungen dazu genutzt werden, um Getränke, Speisen oder Lebensmittel frisch zu halten oder um Geräte (bspw. medizinische Geräte) zu sterilisieren.

**[0131]** Es ist bevorzugt, die erfindungsgemäße Zusammensetzung gemäß Anspruch 1 in der Emissionsschicht der organischen Elektrolumineszenzvorrichtung einzusetzen.

**[0132]** Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen enthalten, wie oben bereits erläutert wurde, neben einer Anode, Kathode und einer Emissionsschicht oft noch weitere Schichten. Diese weiteren Schichten können organische und/oder anorganische Bestandteile enthalten.

**[0133]** In diesem Zusammenhang ist es besonders vorteilhaft, wenn zwischen der Emissionsschicht und der Anode eine direkt an die Emissionsschicht grenzende Lochtransportschicht (HTL) vorhanden ist. Grundsätzlich können alle Lochtransportmaterialien (HTM) für diesen Zweck eingesetzt werden. Lochtransportmaterialien, die typischerweise hierfür eingesetzt werden und die auch bevorzugte Lochtransportmaterialien im Sinne der vorliegenden Erfindung darstellen sind ausgewählt aus der Gruppe der Triarylamine, Carbazole, Indenocarbazole, Indolocarbazole und der aromatischen Silylamine.

**[0134]** Es hat sich gezeigt, dass besonders gute Ergebnisse erzielen lassen, wenn die Injektionsbarriere für Löcher aus der Lochtransportschicht in die Emissionsschicht gering ist. Dies ist der Fall, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist, wobei  $|HOMO(B)|$  und  $|HOMO(HTM)|$  für die absoluten Beträge der HOMO-Energien des bipolaren Hosts in der Emissionsschicht bzw. für die des Lochtransportmaterials in der angrenzenden HTL stehen.

$$|HOMO(B)| - |HOMO(HTM)| < 0.3 \text{ eV.}$$

**[0135]** Ferner hat es sich als vorteilhaft erwiesen, wenn zwischen der Emissionsschicht und der Kathode eine direkt an die Emissionsschicht grenzende Elektronentransportschicht (ETL) vorhanden ist. Grundsätzlich können alle Elektronentransportmaterialien (ETM) für diesen Zweck eingesetzt werden. Elektronentransportmaterialien, die typischerweise hierfür eingesetzt werden und die auch bevorzugte Elektronentransportmaterialien im Sinne der vorliegenden Erfindung darstellen sind ausgewählt aus der Gruppe der Pyridine, Pyrimidine, Triazine, Benzimidazole, Metall-Hydroxychinolinate, Oxadiazole, Triazole und Ketone.

**[0136]** Es hat sich gezeigt, dass sich besonders gute Ergebnisse erzielen lassen, wenn die folgende Bedingung erfüllt ist, wobei  $|LUMO(B)|$  und  $|LUMO(ETM)|$  für die absoluten Beträge der LUMO-Energien des bipolaren Hosts in der Emissionsschicht bzw. für die des Elektronentransportmaterials in der angrenzenden ETL stehen.

$$|LUMO(B)| - |LUMO(ETM)| < 0.3 \text{ eV.}$$

**[0137]** Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen bzw. die erfindungsgemäßen Vorrichtungen zeichnen sich durch folgende überraschende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik aus:

1. Die erfindungsgemäßen Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 eignen sich sehr gut für den Einsatz in einer Emissionsschicht und zeigen verbesserte Leistungsdaten, insbesondere Effizienz, gegenüber Verbindungen aus dem Stand der Technik.
2. Die Verwendung der erfindungsgemäßen Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 in elektronischen Vorrichtungen führt zu deutlichen Steigerungen der Lebensdauern der Vorrichtungen.
3. Die Zusammensetzungen gemäß Anspruch 1 können leicht prozessiert werden und eignen sich daher sehr gut für die Massenproduktion in der kommerziellen Anwendung.

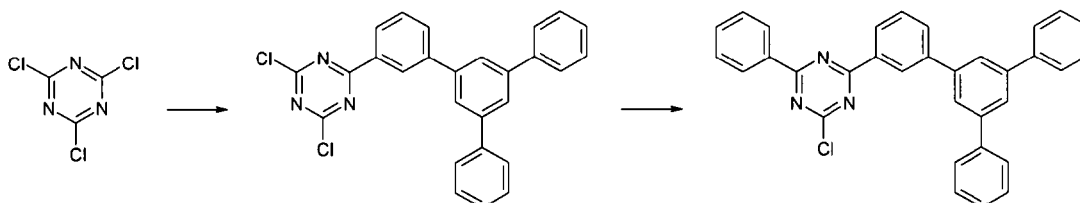
**[0138]** Alle Merkmale der vorliegenden Erfindung können in jeder Art miteinander kombiniert werden, es sei denn dass sich bestimmte Merkmale und/oder Schritte sich gegenseitig ausschließen. Dies gilt insbesondere für bevorzugte Merkmale der vorliegenden Erfindung. Gleichmaßen können Merkmale nicht wesentlicher Kombinationen separat verwendet werden (und nicht in Kombination).

**[0139]** Die Erfindung wird durch die nachfolgenden Beispiele näher erläutert.

## Beispiele

## Beispiel 1a

Synthese von 3-(2-Chlor-4-phenyl-[1,3,5]triazin-6-yl)-5'-phenyl-[1,1':3',1'']terphenyl



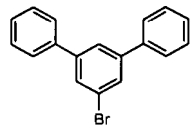
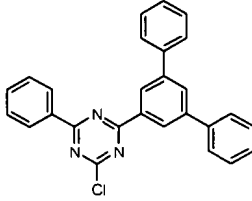
## Schritt 1:

**[0140]** 9.9 g (407 mmol) Magnesium werden mit einem Körnchen Iod aktiviert. Etwa 30 ml einer Lösung von 141.8 g (368 mmol) 3-Brom-5'-phenyl-[1,1':3',1'']terphenyl [12233200-57-1] in 700 ml THF werden zugegeben und ein 90°C warmes Heizbad untergestellt. Nach Einsetzen der Reaktion und Erreichen eines Rückflusses wird die restliche Lösung so zugetropft, dass der Rückfluss erhalten bleibt. Nach vollständiger Zugabe wird die Reaktionsmischung noch 2 Stunden unter Rückfluss erhitzt.

## Schritt 2:

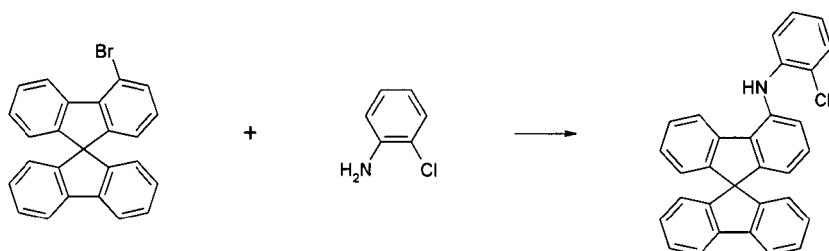
**[0141]** 67.9 g (368 mmol) 2,4,6-Trichlor-[1,3,5]triazin [108-77-0] werden in 400 ml THF vorgelegt und auf -5°C abgekühlt. Die in Schritt 1 hergestellte Grignard-Lösung wird so zugetropft, dass die Innentemperatur 0°C nicht übersteigt. Die Kühlung wird entfernt und das Gemisch für 16 Stunden gerührt; anschließend wird erneut auf -5°C abgekühlt und 184 ml (368 mmol) Phenylmagnesiumchlorid-Lösung (2M in THF) werden so zugetropft, dass die Innentemperatur 0°C nicht übersteigt. Die Kühlung wird entfernt und das Gemisch für 18 Stunden gerührt. 400 ml einer 1 M Salzsäure werden langsam eingerührt. Nach einer Stunde wird der gebildete Feststoff abgesaugt und im Vakuum getrocknet. Nach zweimaliger Umkristallisation aus Toluol verbleiben 56.7 g (114 mmol, 31% der Theorie) des Produkts als hellbrauner Feststoff mit einer Reinheit von etwa 98% nach <sup>1</sup>H-NMR.

**[0142]** In analoger Weise kann folgende Verbindung hergestellt werden:

Bsp.	Edukt Schritt 1	Produkt	Ausbeute
1b	 [103068-20-8]		37%

## Beispiel 2a

Synthese von (2-Chlorphenyl)-(spiro-9,9'-bifluoren-4-yl)-amin



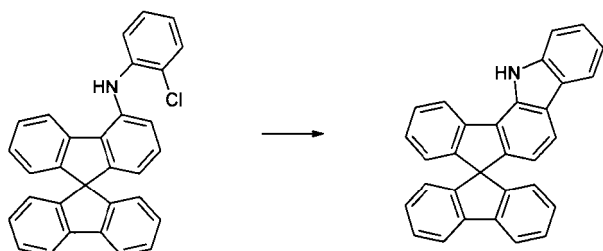
**[0143]** 54.1 g (137 mmol) 4-Bromospiro-9,9'-bifluoren [1161009-88-6], 17.9 g (140 mmol) 2-Chloranilin [95-51-2], 68.2 g (710 mmol) Natrium-tert-butylat, 613 mg (2.7 mmol) Palladium(II)acetat und 3.03 g (5.5



mmol) 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocen werden in 1300 ml Toluol vorgelegt und für 5 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird das Reaktionsgemisch mit 700 ml Toluol erweitert und über Celite filtriert. Das Lösungsmittel wird am Rotationsverdampfer entfernt und der Rückstand aus einer Toluol/Heptan-Mischung (1:2) umkristallisiert. Nach Trocknen im Vakuum verbleiben 52.2 g (118 mmol, 86% der Theorie) des Produkts als hellgelber Feststoff.

## Beispiel 3a

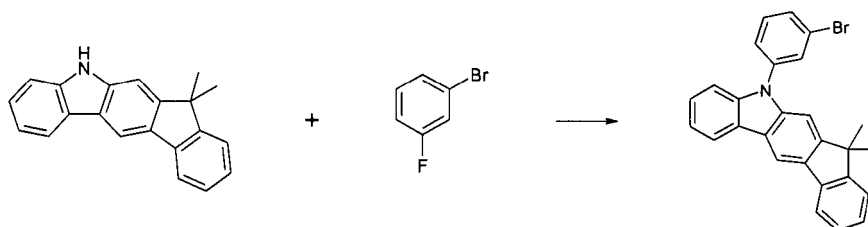
Synthese von Spiro[9H-fluoren-9,7'(1'H)-indeno[1,2-a]carbazol]



**[0144]** 45.0 g (102 mmol) (2-Chlorphenyl)-(spiro-9,9'-bifluoren-4-yl)-amin (Bsp. 2a), 56.0 g (405 mmol) Kaliumcarbonat, 4.5 g (12 mmol) Tricyclohexylphosphoniumtetrafluoroborat und 1.38 g (6 mmol) Palladium (II)acetat werden in 500 ml Dimethylacetamid suspendiert und für 6 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird die Reaktionsmischung mit 600 ml Dichlormethan und 300 ml Wasser erweitert und 30 Minuten gerührt. Die organische Phase wird abgetrennt und am Rotationsverdampfer vom Lösungsmittel befreit. Der Rückstand wird mit etwa 250 ml Toluol über ein Bett aus Aluminiumoxid (basisch, Aktivitätsstufe 1) heißextrahiert und abschließend einmal aus Toluol umkristallisiert. Es verbleiben 32.5 g (80 mmol, 78% der Theorie) des Produkts als beigefarbener Feststoff mit einer Reinheit von etwa 98% nach <sup>1</sup>H-NMR.

## Beispiel 4a

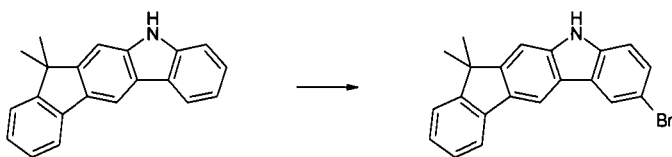
Synthese von 10-(3-Bromphenyl)-12,12-dimethyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren



**[0145]** 150.0 g (526 mmol) 12,12-Dimethyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren [1257220-47-5], 184.0 g (1.05 mmol) 1-Brom-3-fluorbenzol [1073-06-9] und 334.7 g (1.58 mol) Kaliumphosphat werden in 2 l Dimethylacetamid vorgelegt und für 14 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer so weit wie möglich entfernt; es verbleibt ein dunkelbraunes Öl. Nach kräftigem Anreiben der Kolbenwand mit einem Glasstab kann das Produkt durch langsames Einrühren von etwa 750 ml Ethanol ausgefällt werden. Der gebildete Feststoff wird abgesaugt, viermal mit je 250 ml Ethanol gewaschen, im Vakuum getrocknet und abschließend bei einem Druck von etwa 10<sup>-5</sup> mbar und 220°C fraktioniert sublimiert. Es verbleiben 152.2 g (347 mmol, 66% der Theorie) des Produkts als gelber glasartiger Feststoff mit einer Reinheit von etwa 99% nach <sup>1</sup>H-NMR.

## Beispiel 5a

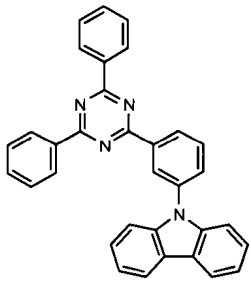
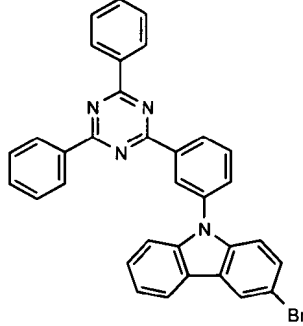
Synthese von 7-Brom-12,12-dimethyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno-[2,1-b]fluoren



**[0146]** 56.7 g (200 mmol) 12,12-Dimethyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]-fluoren [1257220-47-5] werden in 1500 ml THF vorgelegt. Die Reaktionsmischung wird auf 0°C gekühlt und innerhalb von 30 Minuten portionsweise mit 35.6 g (200 mmol) N-Bromsuccinimid versetzt. Die Kühlung wird entfernt, das Gemisch für 16 Stunden gerührt und anschließend auf etwa 250 ml eingengt. Unter kräftigem Rühren werden 1000 ml Wasser zugegeben, der gebildete Feststoff wird abgesaugt und zweimal mit je 800 ml Ethanol ausgekocht. Nach Trocknen in Vakuum verbleiben 47.1 g (130 mmol, 65% der Theorie) des Produkts als farbloser Feststoff mit einer Reinheit von etwa 98% nach <sup>1</sup>H-NMR.

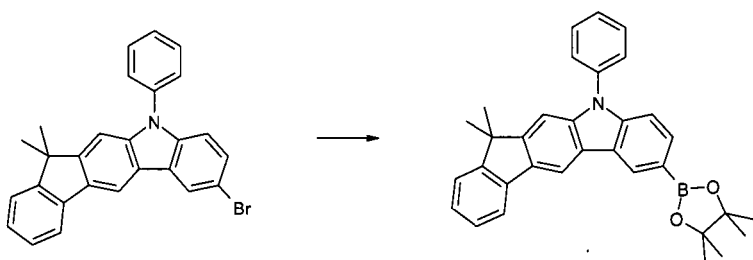
**[0147]** In analoger Weise können folgende Verbindungen hergestellt werden:

Bsp.	Edukt	Produkt	Ausbeute
5b	 Bsp. 8g		81%
5c	 Bsp. 8h		68%
5d	 Bsp. 10b		62%

Bsp.	Edukt	Produkt	Ausbeute
5e	 Bsp. 8c	 Br	44%

## Beispiel 6a

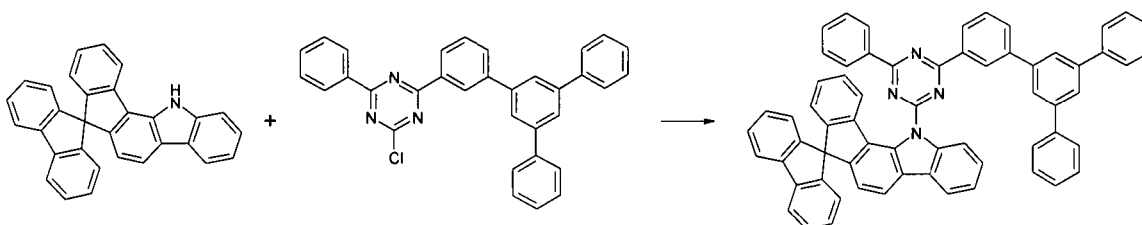
Synthese von 12,12-Dimethyl-10-phenyl-7-(4,4,5,5-tetramethyl-[1,3,2]-dioxaborolan-2-yl)-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren



**[0148]** 24.0 g (55 mmol) 7-Brom-12,12-dimethyl-10-phenyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren (Bsp. 8g), 15.5 g (60 mmol) Bis(pinacolato)-diboran, 16.0 g (160 mmol) Kaliumacetat und 1.3 g (1.7 mmol) 1,1'-Bis(diphenylphosphino)ferrocen-dichloropalladium(II)-Dichlormethan-Addukt werden in 350 ml Dioxan für 18 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird das Lösungsmittel am Rotationsverdampfer entfernt, der Rückstand mit 500 ml Dichlormethan und 800 ml Wasser versetzt und für 30 Minuten gerührt. Die organische Phase wird abgetrennt, zweimal mit je 250 ml Wasser gewaschen, über Natriumsulfat getrocknet und auf etwa 100 ml eingengt. 1000 ml Heptan werden eingerührt und der gebildete Feststoff abgesaugt. Nach Trocknen im Vakuum verbleiben 23.9 g (49 mmol, 89% der Theorie) des Produkts als beigefarbener Feststoff mit einer Reinheit von etwa 97% nach <sup>1</sup>H-NMR.

## Beispiel 7a

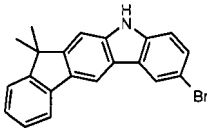
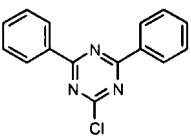
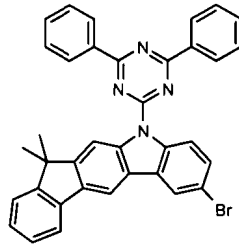
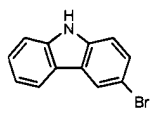
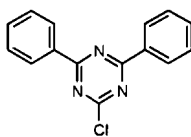
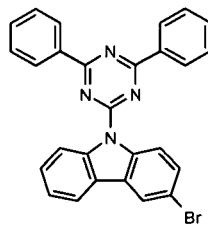
Synthese von 3-[2-(Spiro[fluoren-9,7'-indeno[1,2-a]carbazol-12'-yl) -4-phenyl-[1,3,5]triazin-6-yl)-5'-phenyl-[1,1':3',1'']terphenyl



**[0149]** Eine Lösung von 45.0 g (111 mmol) Spiro[9H-fluoren-9,7'(1H)-indeno[1,2-a]carbazol] (Bsp. 3a) in 800 ml Dimethylformamid wird unter kräftigem Rühren in eine Lösung von 5.3 g Natriumhydrid (60% in Mineralöl, 133 mmol) in 600 ml Dimethylformamid getropft und zwei Stunden gerührt. Eine Suspension von 55.0 g (111 mmol) 3-(2-Chlor-4-phenyl-[1,3,5]triazin-6-yl)-5'-phenyl-[1,1':3',1'']terphenyl (Bsp. 1a) in 550 ml Dimethylformamid wird langsam zugegeben und die Mischung 18 Stunden gerührt. 500 ml Wasser werden eingerührt; es wird eine Stunde nachgerührt. Der gebildete Feststoff wird abgesaugt, dreimal mit je 250 ml Ethanol gewaschen und anschließend mit etwa 200 ml Methyläthylketon über Aluminiumoxid (basisch, Aktivitätsstufe 1) heißextrahiert. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird 5 Stunden nachgerührt; der gebildete Feststoff wird

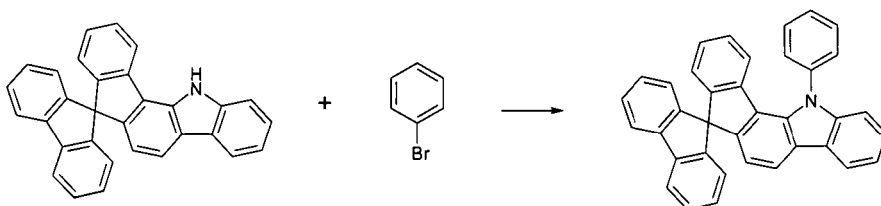
abgesaugt und zweimal mit je 150 ml Methylethylketon heiß ausgerührt, wobei jeweils 16-18 Stunden bei Raumtemperatur nachgerührt wird. Der Feststoff wird abgesaugt, im Vakuum getrocknet und abschließend bei etwa  $10^{-5}$  mbar und  $370^{\circ}\text{C}$  fraktioniert sublimiert. Es verbleiben 16.4 g (19 mmol, 17% der Theorie) des Produkts als gelber glasartiger Feststoff mit einer Reinheit von 99.9% nach HPLC.

[0150] In analoger Weise können folgende Verbindungen hergestellt werden:

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
7b	 Bsp. 5a	 [3842-55-5]		53% ohne Sublimation
7c	 [1592-95-6]	 [3842-55-5]		60% ohne Sublimation

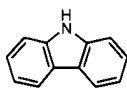
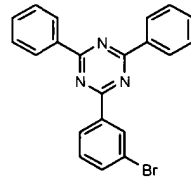
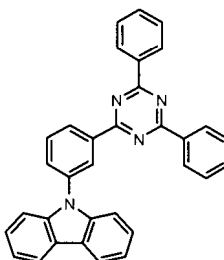
#### Beispiel 8a

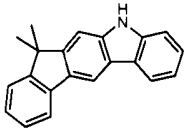
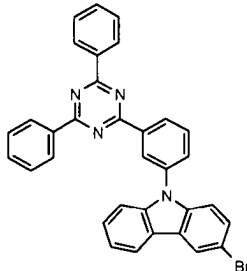
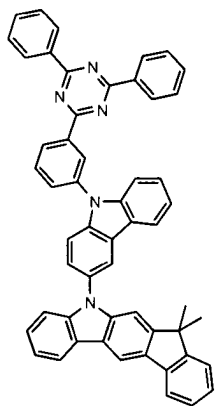
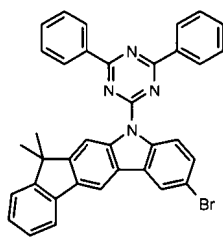
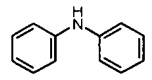
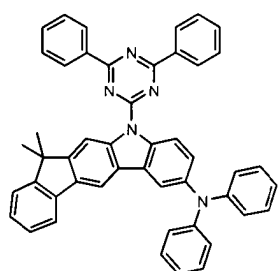
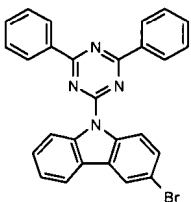
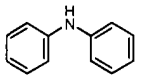
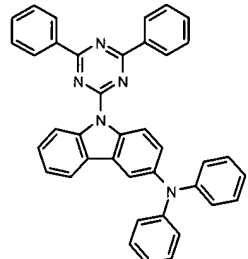
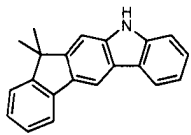

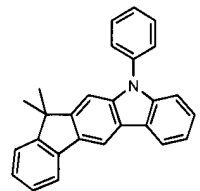
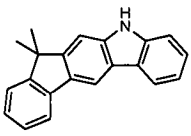
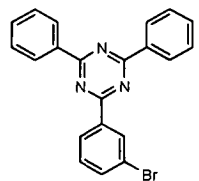
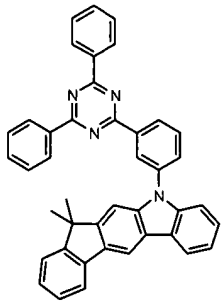
#### Synthese von N-Phenyl-spiro[9H-fluoren-9,7'(1'H)-indeno[1,2-a]carbazol]



[0151] 43.0 g (106 mmol) Spiro[9H-fluoren-9,7'(1'H)-indeno[1,2-a]carbazol] (Bsp. 3a), 17.9 g (114 mmol) Brombenzol, 30.5 g (317 mmol) Natrium-tert-butylat, 0.5 g (2.2 mmol) Palladium(II)acetat und 4.2 ml Tri-tert-butylphosphin-Lösung (1M in Toluol) werden in 1500 ml p-Xylol vorgelegt und für 16 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird die organische Phase von festen Bestandteilen abgetrennt, dreimal mit je 200 ml Wasser gewaschen und anschließend am Rotationsverdampfer vom Lösungsmittel befreit. Der Rückstand wird mit etwa 300 ml Toluol über Aluminiumoxid (basisch, Aktivitätsstufe 1) heißextrahiert, zweimal aus Toluol umkristallisiert und abschließend bei etwa  $10^{-5}$  mbar und  $270^{\circ}\text{C}$  fraktioniert sublimiert. Es verbleiben 22.0 g (46 mmol, 43% der Theorie) des Produkts als schwach gelber Feststoff mit einer Reinheit von 99.9% nach HPLC.

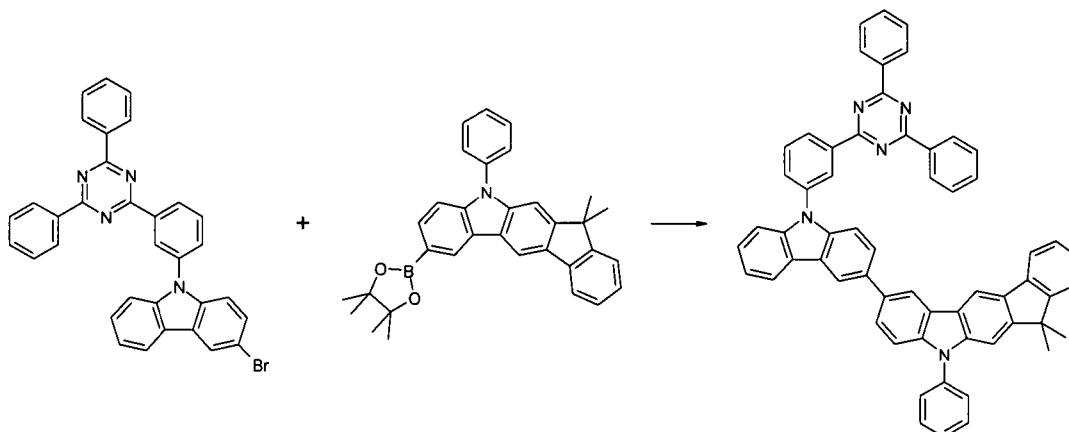
[0152] In analoger Weise können folgende Verbindungen hergestellt werden:

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
8c	 [86-74-8]	 [864377-31-1]		66% ohne Sublimation

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
8d	 [1257220-47-5]	 Bsp. 5e		12%
8e	 Bsp. 7b	 [122-39-4]		38%
8f	 Bsp. 7c	 [122-39-4]		30%
8g	 [1257220-47-5]	 [108-86-1]		83% ohne Sublimation
8h	 [1257220-47-5]	 [864377-31-1]		58% ohne Sublimation

## Beispiel 9a

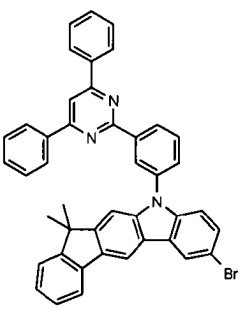
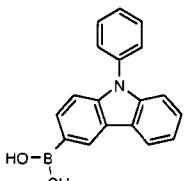
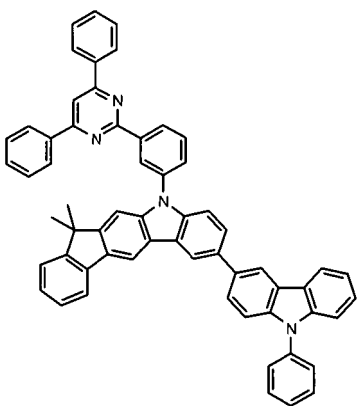
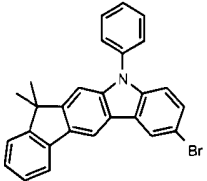
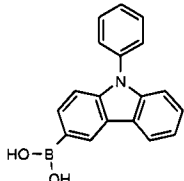
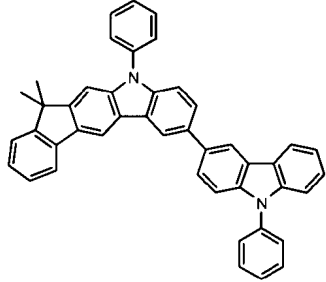
Synthese von 7-{9-[3-(4,6-Diphenyl-[1,3,5]triazin-2-yl)-phenyl]-9H-carbazol-3-yl}-12,12-dimethyl-10-phenyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno-[2,1-b]fluoren



**[0153]** 25.0 g (36 mmol) 3-Brom-9-[3-(4,6-diphenyl-[1,3,5]triazin-2-yl)-phenyl]-9H-carbazol (Bsp. 5e), 22.8 g (47 mmol) 12,12-Dimethyl-10-phenyl-7-(4,4,5,5-tetramethyl-[1,3,2]dioxaborolan-2-yl)-10,12-dihydro-10-aza-indeno-[2,1-b]fluoren (Bsp. 6a) und 4.2 g (40 mmol) Natriumcarbonat werden in einer Mischung von 500 ml Toluol, 500 ml Dioxan und 180 ml Wasser vorgelegt. Die Mischung wird unter Rühren 30 Minuten mit Argon durchspült. Dann werden 0.44 g (0.4 mmol) Tetrakis(triphenylphosphin)-palladium(0) zugegeben. Das Reaktionsgemisch wird 16 Stunden unter Rückfluss erhitzt und nach Abkühlen auf Raumtemperatur mit 500 ml Dichlormethan und 250 ml Wasser erweitert. Die organische Phase wird abgetrennt, zweimal mit je 100 ml Wasser gewaschen, über Magnesiumsulfat getrocknet und am Rotationsverdampfer vom Lösungsmittel befreit. Der Rückstand wird zweimal mit je etwa 400 ml Toluol über Aluminiumoxid (basisch, Aktivitätsstufe 1) heißextrahiert, dreimal aus Essigester und zweimal aus einer Toluol/Heptan-Mischung (15:1) umkristallisiert und abschließend bei etwa  $10^{-6}$  mbar und  $370^{\circ}\text{C}$  fraktioniert sublimiert. Es verbleiben 3.6 g (4 mmol, 12% der Theorie) des Produkts als schwach gelber glasartiger Feststoff mit einer Reinheit von 99.9% nach HPLC.

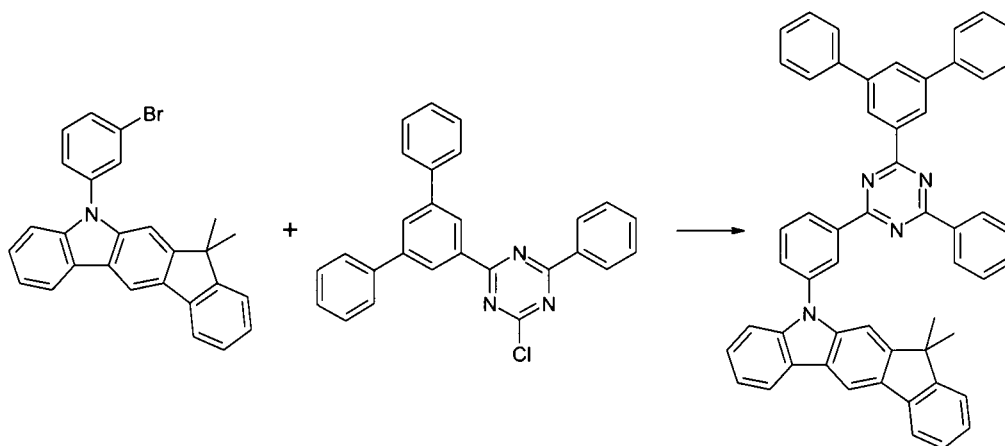
**[0154]** In analoger Weise können folgende Verbindungen hergestellt werden:

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
9b	<p>Bsp. 5c</p>	<p>[854952-58-2]</p>		18%

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
9c	 <p>Bsp. 5d</p>	 <p>[854952-58-2]</p>		21%
9d	 <p>Bsp. 5b</p>	 <p>[854952-58-2]</p>		26%

## Beispiel 10a

Synthese von 12,12-Dimethyl-10-[3-(4-phenyl-6-[1,1',3',1'']terphenyl-5'-yl-[1,3,5]triazin-2-yl)-phenyl]-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren



## Schritt 1:

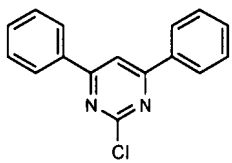
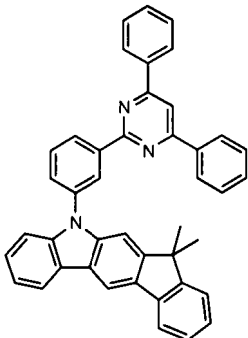
**[0155]** 83.5 g (190 mmol) 10-(3-Bromphenyl)-12,12-dimethyl-10,12-dihydro-10-aza-indeno[2,1-b]fluoren (Bsp. 4a) werden in 450 ml THF gelöst und auf  $-78^{\circ}\text{C}$  abgekühlt. Unter Rühren werden 100 ml n-Butyllithium (2 M in Cyclohexan, 200 mmol) so zugetropft, dass die Innentemperatur  $-65^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt. Nach 2 Stunden werden 32.4 ml Trimethylborat (286 mmol) so zugetropft, dass die Innentemperatur  $-65^{\circ}\text{C}$  nicht übersteigt. Nach 2 Stunden wird die Kühlung entfernt und das Gemisch weitere 16 Stunden bei Raumtemperatur gerührt.

## Schritt 2:

**[0156]** 84.0 g (200 mmol) 2-Chlor-4-phenyl-6-[1,1',3',1'']terphenyl-5'-yl-[1,3,5]triazin (Bsp. 1b) und 40.4 g (381 mmol) Natriumcarbonat werden in einer Mischung aus 550 ml Toluol, 250 ml Wasser und 250 ml Etha-

nol vorgelegt. Die Suspension wird für 30 Minuten mit Argon durchspült. 8.0 g (30 mmol) Triphenylphosphin und 1.7 g (8 mmol) Palladium(II)acetat werden zugegeben. Unter kräftigem Rühren wird die in Schritt 1 hergestellte Lösung zügig zugetropft und das Gemisch für 15 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Nach Abkühlen auf Raumtemperatur wird der gebildete Feststoff abgesaugt, im Vakuum getrocknet und anschließend zweimal mit je etwa 500 ml Toluol über Aluminiumoxid (basisch, Aktivitätsstufe 1) heißextrahiert. Der gebildete Feststoff wird mit etwa 350 ml Heptan ausgekocht, im Vakuum getrocknet und abschließend bei etwa  $10^{-5}$  mbar und  $350^{\circ}\text{C}$  fraktioniert sublimiert. Es verbleiben 32.5 g (44 mmol, 23% der Theorie) des Produkts als schwach gelber glasartiger Feststoff mit einer Reinheit von 99.9% nach HPLC.

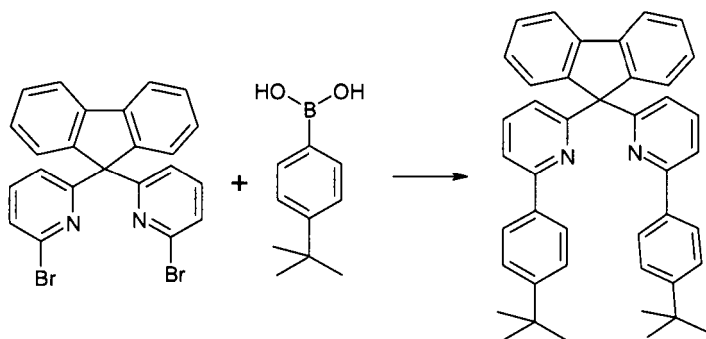
**[0157]** In analoger Weise kann durch Verwendung von Edukt 2 in Schritt 2 folgende Verbindung hergestellt werden:

Bsp.	Edukt 2	Produkt	Ausbeute
10b	 [2915-16-4]		53% ohne Sublimation

Beispiel 11a:

Synthese des Platin-Metallkomplexes (11a)

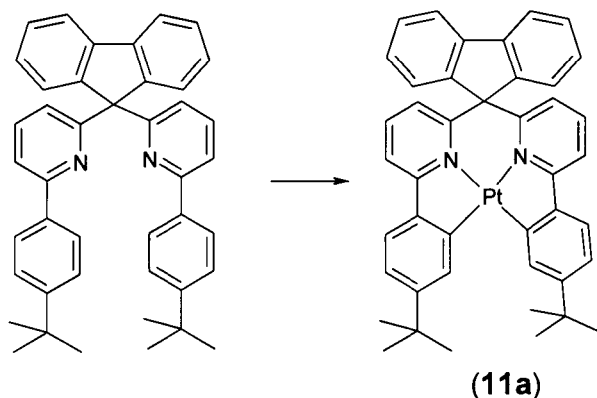
Schritt 1:



**[0158]** Es werden 23 g (48.1 mmol) 9,9'-Bis(6-Brom-2-pyridyl)bifluoren, 34 g (191 mmol) 4-tert.-butyl-phenylboronsäure und 17.25 g (297 mmol) trockenes Kaliumfluorid vorgelegt und in 600 ml absolutem Tetrahydrofuran dispergiert und durch Überleiten von Argon inertisiert. Danach werden 421.6 mg (2.08 mmol) Tri-tert.-butylphosphin und 360mg (1.60 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben und die Reaktionsmischung für 24 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Die Reaktionsmischung wird in der Hitze mit 100 ml Wasser und 100 ml Ethanol verdünnt, wobei ein Feststoff beim Abkühlen ausfällt. Dieser wird abgesaugt, mit Wasser und Ethanol gewaschen und per Säulenchromatographie über Kieselgel mit Dichlormethan als Eluent von Salzen abgetrennt. Der erhaltene Feststoff wird mehrfach aus Dimethylformamid umkristallisiert. Es werden 19.7 g (34 mmol, 70% Ausbeute) eines farblosen Feststoffes erhalten.



Schritt 2:

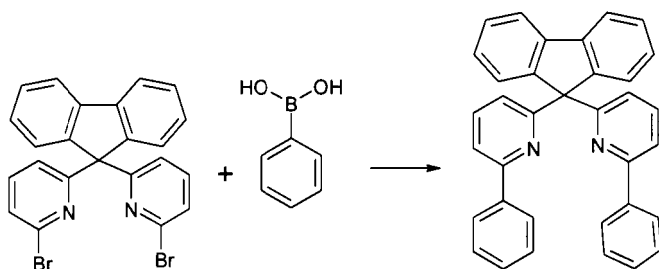


**[0159]** 18.3g (31.3mmol) Fluoren-bis-4-tert.-butyl-phenyl-pyridin, 13.0g (31.3mmol) Kaliumtetrachloroplatinat und 93.7g (1.42mol) trockenem Lithiumacetat werden mit 1500ml 100%iger Essigsäure für 48 Stunden auf 135°C unter Lichtausschluss erhitzt. Die Essigsäure wird im Vakuum entfernt, der Rückstand mit 200ml Ethanol versetzt und dispergiert. Der Feststoff wird abgesaugt, mit Wasser und Ethanol nachgewaschen, im Vakuum getrocknet und anschließend zweimal über Kieselgel mit Dichlormethan heißextrahiert. Der Rückstand wird in DMF umkristallisiert, im Vakuum getrocknet und bei  $5 \cdot 10^{-5}$  mbar und 360°C fraktioniert sublimiert. Es werden 11.3g (14mmol) eines gelben Pulvers in 99.8%iger Reinheit nach HPLC erhalten.

Beispiel 11b

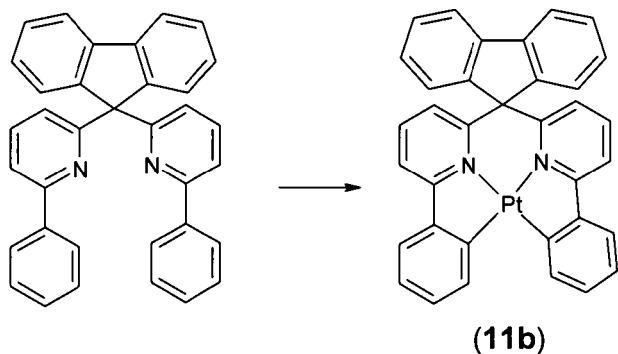
Synthese des Platin-Metallkomplexes (11b)

Schritt 1:



**[0160]** Es werden 9.6 g (20 mmol) 9,9'-Bis(6-Brom-2-pyridyl)bifluoren, 9.8 g (80 mmol) Phenylboron-säure und 7.2 g (124 mmol) trockenes Kaliumfluorid vorgelegt und in 200 ml absolutem Tetrahydrofuran dispergiert und durch Überleiten von Argon inertisiert. Danach werden 176 mg (0.87 mmol) Tri-tert.-butylphosphin und 150 mg (0.67 mmol) Palladium(II)acetat zugegeben und die Reaktionsmischung für 24 Stunden unter Rückfluss erhitzt. Die Reaktionsmischung wird in der Hitze mit 100 ml Wasser und 100 ml Ethanol verdünnt, wobei ein Feststoff beim Abkühlen ausfällt. Dieser wird abgesaugt, mit Wasser und Ethanol gewaschen und per Säulenchromatographie über Kieselgel mit Dichlormethan als Eluent von Salzen abgetrennt. Der erhaltene Feststoff wird mehrfach aus Dimethylformamid umkristallisiert. Es werden 8.3 g (18 mmol, 88% Ausbeute) eines farblosen Feststoffes erhalten.

Schritt 2:



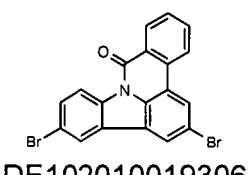
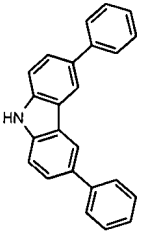
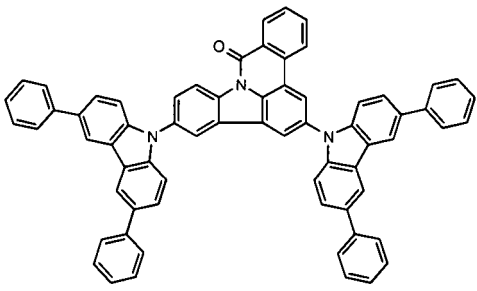
**[0161]** 25 g (52.9 mmol) Fluoren-bis-4-tert.-butyl-phenyl-pyridin, 22 g (52.9 mmol) Kaliumtetrachloroplatinat und 158.7 g (2.45 mol) trockenem Lithiumacetat werden mit 1500 ml 100%-iger Essigsäure für 48 Stunden auf 135°C unter Lichtausschluss erhitzt. Die Essigsäure wird im Vakuum entfernt, der Rückstand mit 200 ml Ethanol versetzt und dispergiert. Der Feststoff wird abgesaugt, mit Wasser und Ethanol nachgewaschen, im Vakuum getrocknet und anschließend zweimal über Kieselgel mit Dichlormethan heißextrahiert. Der Rückstand wird in DMF umkristallisiert, im Vakuum getrocknet und bei  $5 \cdot 10^{-5}$  mbar und 350°C fraktioniert sublimiert. Es werden 8.6 g (13mmol) eines gelben Pulvers in 99.9%-iger Reinheit nach HPLC erhalten.

Beispiele 12 und 13

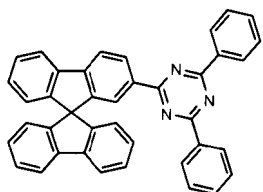
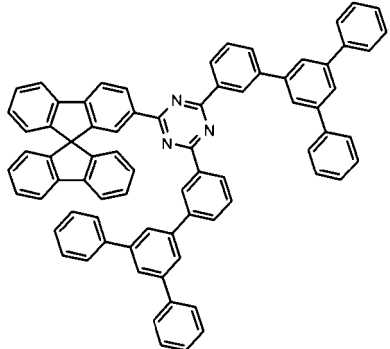
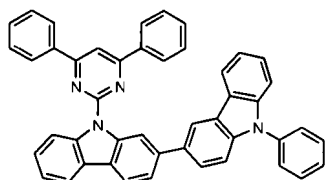
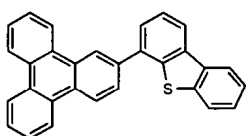
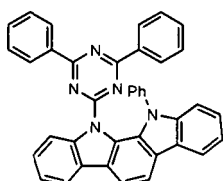
Synthese weiterer Verbindungen gemäß Literatur

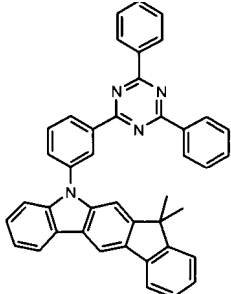
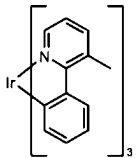
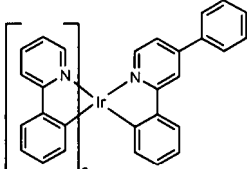
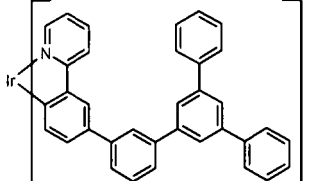
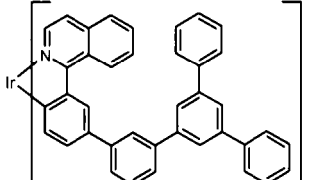
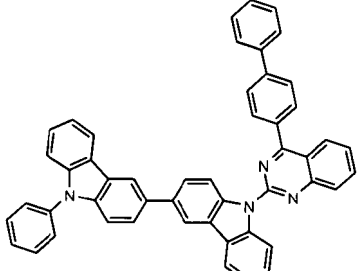
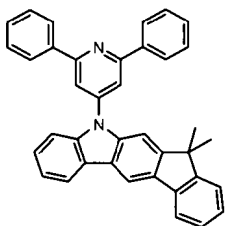
**[0162]** Die folgenden Verbindungen können analog zu den in der jeweils angegebenen Anmeldung beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Gegebenenfalls erfolgt eine zusätzliche Aufreinigung durch Säulenchromatographie und/oder Sublimation.

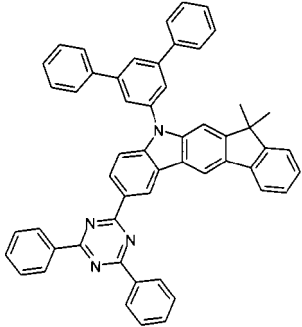
Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt
Analog zu DE102008017591A1,			
12a	<p>DE102008017591 A1</p>	<p>[128388-54-5]</p>	
12b	<p>DE102008017591 A1</p>	<p>[5122-95-2]</p>	
Analog zu DE 102010019306 A1,			

Bsp	Edukt 1	Edukt 2	Produkt
12c	 <p>DE 102010019306 A1</p>	 <p>[56525-79-2]</p>	

**[0163]** Die folgenden Verbindungen können gemäß der in der jeweils angegebenen Anmeldung beschriebenen Verfahren hergestellt werden:

Bsp.		Anmeldung
13b		WO 2011/137922 A1
13c		WO 2011/137922 A1
13d		WO 2011/132684 A1
13e		WO 2009/021126 A9
13f		WO 2008/056746 A1

Bsp.		Anmeldung
13g		WO 2010/136109 A1
13h		US 2004/0241495 A1
13j		WO 2010/027583 A1
13l		WO 2011/137922 A1
13m		WO 2011/137922 A1
13r		WO 2012/121561 A1
13s		WO 2010/136109 A1

Bsp.		Anmeldung
13t		WO 2010/136109 A1

Beispiel 14

## Energieniveaus der gezeigten Materialien

[0164] Die Energieniveaus der gezeigten Host-Materialien und Dotanden sind in Tabelle 1 und Tabelle 2 zusammengefasst. Die Werte werden nach dem in der Beschreibung angegebenen Verfahren ermittelt.

Tabelle 1: HOMO- und LUMO-Werte der Host-Materialien

Material	HOMO [eV]	LUMO [eV]	Methode
7a	-5.76	-2.60	org.
8a	-5.64	-1.66	org.
8d	-5.32	-2.68	org.
8e	-5.19	-2.53	org.
8f	-5.20	-2.51	org.
9a	-5.33	-2.57	org.
9b	-5.33	-2.61	org.
9c	-5.29	-2.41	org.
9d	-5.32	-1.48	org.
11c	-5.55	-2.85	org.
12a	-6.04	-1.73	org.
12b	-6.03	-1.68	org.
13b	-5.93	-2.49	org.
13c	-5.92	-2.52	org.
13d	-5.47	-2.36	org.
13e	-5.81	-2.00	org.
13f	-5.67	-2.49	org.
13g	-5.47	-2.60	org.
13r	-5.39	-2.65	org.
13s	-5.61	-1.94	org.
13t	-5.55	-2.33	org.

Tabelle 2: HOMO- und LUMO-Werte der Dotanden

Material	HOMO [eV]	LUMO [eV]	Methode
11a	-5.56	-2.26	M-org.

Material	HOMO [eV]	LUMO [eV]	Methode
11b	-5.51	-2.19	M-org.
13h	-5.15	-1.70	M-org.
13j	-5.21	-2.09	M-org.
13l	-5.29	-1.93	M-org.
13m	-5.27	-2.46	M-org.
11a	-5.56	-2.26	M-org.
11b	-5.51	-2.19	M-org.
13h	-5.15	-1.70	M-org.

## Beispiel 15

## Erfindungsgemäße Zusammensetzungen

**[0165]** Eine Auswahl erfindungsgemäßer Zusammensetzungen sowie Vergleichsmischungen nach Stand der Technik sind in Tabelle 3 zusammengefasst.

Tabelle 3: Zusammensetzungen

Nr.	Typ	Host B		Co-Host C		Dotand D		optionale weitere Komponente	
		Material	%	Material	%	Material	%	Material	%
V1	eTMM + C	13c	40	12a	40	13l	20	—	—
E1	B + C	8d	20	12a	60	13l	20	—	—
E2	B + C	8d	40	12a	40	13l	20	—	—
E3	B + C	9a	40	12a	40	13l	20	—	—
V2	eTMM + C	7a	40	12b	40	13l	20	—	—
E4	B + C	8d	40	12b	40	13l	20	—	—
E5	B + C	9a	40	12b	40	13l	20	—	—
V3	B	9b	100	—	—	13l	20	—	—
E6	B + C	9b	40	12a	40	13l	20	—	—
V4	eTMM + C	13c	39	12a	45	13m	6	13l	10
E7	B + C	9b	39	12a	45	13m	6	13l	10
E8	B + C	13r	39	12b	45	13m	6	13l	10
V5	eTMM	13q	90	—	—	13h	10	—	—
V6	B	9b	90	—	—	13h	10	—	—
V7	eTMM + hTMM	13b	65	9d	25	13h	10	—	—
E9	B + C	9c	45	12b	45	13h	10	—	—
E10	B + C	8e	35	8a	55	13h	10	—	—
E11	B + C	8f	60	13s	30	13h	10	—	—
V8	B	13g	90	—	—	11b	10	—	—
E13	B + C	13d	45	12b	45	11b	10	—	—
E14	B + C	13q	45	12b	45	11b	10	—	—
E15	B + C	13t	40	12b	50	11b	10	—	—
E16	B + C	13f	45	12b	45	11a	10	—	—

Nr.	Typ	Host B		Co-Host C		Dotand D		optionale weitere Komponente	
		Material	%	Material	%	Material	%	Material	%
V9	eTMM	13g	90	—	—	13j	10	—	—
E17	B + C	9a	25	8a	65	13j	10	—	—
E18	B + C	9b	25	12b	65	13j	10	—	—
E19	B + C	9b	25	8a	65	13j	10	—	—
E20	B + C	9a	35	13e	55	13j	10	—	—
E21	B + C	8d	45	13t	45	13j	10	—	—

*C - neutraler Co-Host; B - bipolarer Host; eTMM - elektronenleitender Host; hTMM - lochleitender Host; %-Angaben in Gew.-%*

## Beispiel 16

## Herstellung lösungsprozessierter OLEDs

**[0166]** Viele Materialien können aus Lösung verarbeitet werden und können gegenüber vakuumprozessierten OLEDs zu wesentlich einfacher herstellbaren OLEDs mit dennoch guten Eigenschaften führen. Die Herstellung vollständig lösungsbasierter OLEDs ist in der Literatur bereits vielfach beschrieben, z.B. in WO 2004/037887 A2. Die Herstellung vakuumbasierter OLEDs ist ebenfalls vielfach vorbeschrieben, u.a. in WO 2004/058911 A2.

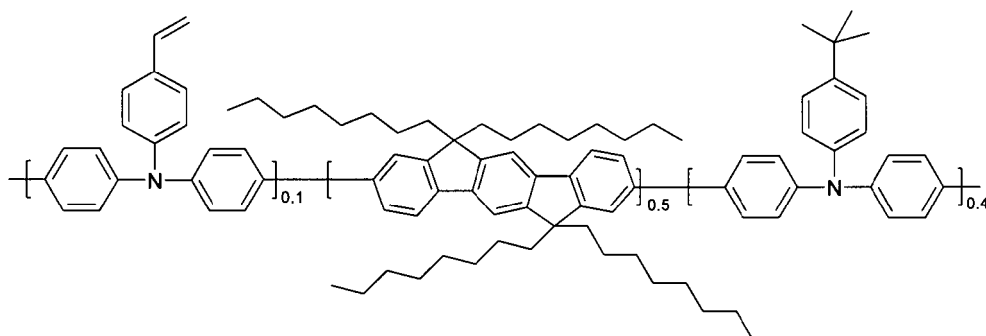
**[0167]** In den im Folgenden diskutierten Beispielen werden lösungsbasiert und vakuumbasiert aufgebrachte Schichten innerhalb einer OLED kombiniert, so dass die Prozessierung bis einschließlich zur Emissionsschicht aus Lösung und in den darauffolgenden Schichten (Lochblockierschicht und Elektronentransportschicht) aus dem Vakuum erfolgt.

**[0168]** Der Aufbau ist wie folgt:

Substrat / ITO (50 nm) / PEDOT:PSS (20 bzw. 60 nm für grüne bzw. rote Bauteile) / Lochtransportschicht (HTL) (20 nm) / Emissionsschicht (EML) (60 nm) / Lochblockierschicht (HBL) (10 nm) / Elektronentransportschicht (ETL) (40 nm) / Kathode.

**[0169]** Als Substrat dienen Glasplättchen, die mit strukturiertem ITO (Indium Zinn Oxid) der Dicke 50 nm beschichtet sind. Zur besseren Prozessierung werden diese mit PEDOT:PSS beschichtet (Poly(3,4-ethylen-dioxy-2,5-thiophen) : Polystyrolsulfonat, bezogen von Heraeus Precious Metals GmbH & Co. KG, Deutschland). PEDOT:PSS wird an Luft aus Wasser aufgeschleudert und nachfolgend an Luft bei 180°C für 10 Minuten ausgeheizt, um Restwasser zu entfernen. Auf diese beschichteten Glasplättchen werden die Interlayer (HTL) sowie die Emissionsschicht aufgebracht.

**[0170]** Die verwendete Lochtransportschicht ist vernetzbar. Es wird ein Polymer der unten gezeigten Struktur verwendet, das gemäß WO 2010/097155 A1 synthetisiert wird. Das Lochtransport-Polymer wird in Toluol gelöst. Der typische Feststoffgehalt solcher Lösungen liegt bei ca. 5 g/l, wenn, wie hier, die für eine Device typische Schichtdicke von 20 nm mittels Spincoating erzielt werden soll. Die Schichten werden in einer Inertgasatmosphäre, im vorliegenden Fall Argon, aufgeschleudert und 60 Minuten bei 180°C ausgeheizt.



**[0171]** Die Emissionsschicht setzt sich immer aus dem oder den Host-Materialien und einem emittierenden Dotierstoff (Dotand, Emitter) zusammen. Eine Angabe wie TMM-A (92%) : Dotand (8%) bedeutet hierbei, dass das Material TMM-A in einem Gewichtsanteil von 92% und Dotand in einem Gewichtsanteil von 8% in der Emissionsschicht vorliegt. Die Zusammensetzung für die Emissionsschicht wird in Toluol oder ggf. Chlorbenzol gelöst. Der typische Feststoffgehalt solcher Lösungen liegt bei ca. 18 g/l, wenn, wie hier, die für eine Device typische Schichtdicke von 60 nm mittels Spincoating erzielt werden soll. Die Schichten werden in einer Inertgasatmosphäre, im vorliegenden Fall Argon, aufgeschleudert und 10 Minuten bei 160°C ausgeheizt.

**[0172]** Die Materialien für die Lochblockierschicht und Elektronentransportschicht werden in einer Vakuumkammer thermisch aufgedampft. Dabei kann z.B. die Elektronentransportschicht aus mehr als einem Material bestehen, die einander durch Co-Verdampfung in einem bestimmten Volumenanteil beigemischt werden. Eine Angabe wie ETM1:ETM2 (50%:50%) bedeutet hierbei, dass die Materialien ETM1 und ETM2 in einem Volumenanteil von je 50% in der Schicht vorliegen. Die im vorliegenden Fall verwendeten Materialien sind in Tabelle 4 gezeigt.

Tabelle 4: Elektronentransportmaterialien

ETM1	ETM2

**[0173]** Die Kathode wird durch die thermische Verdampfung einer 100 nm Aluminiumschicht gebildet.

#### Beispiel 17

#### Charakterisierung der lösungsprozessierten OLEDs

**[0174]** Die OLEDs werden standardmäßig charakterisiert. Hierfür werden die Elektrolumineszenzspektren, Strom-Spannungs-Leuchtdichte-Kennlinien (IUL-Kennlinien) unter Annahme einer Lambert'schen Abstrahlcharakteristik sowie die (Betriebs-)Lebensdauer bestimmt. Aus den IUL-Kennlinien werden Kennzahlen bestimmt wie die Betriebsspannung (in V) und die externe Quanteneffizienz (in %) bei einer bestimmten Helligkeit. LD80 @ 8000 cd/m<sup>2</sup> ist die Lebensdauer, bis die OLED bei einer Starthelligkeit von 8000 cd/m<sup>2</sup> auf 80% der Anfangsintensität, also auf 6400 cd/m<sup>2</sup>, abgefallen ist. Entsprechend ist LD80 @ 10000 cd/m<sup>2</sup> die Lebensdauer, bis die OLED bei einer Starthelligkeit von 10000 cd/m<sup>2</sup> auf 80% der Anfangsintensität, also auf 8000 cd/m<sup>2</sup>, abgefallen ist.

**[0175]** Die Daten von OLEDs, deren EML aus Zusammensetzungen gemäß Tabelle 3 bestehen, sind in Tabelle 5 gezeigt. Dabei wurde ETM-1 als HBL und ETM1:ETM2 (50%:50%) als ETL verwendet.



Tabelle 5: Ergebnisse lösungsprozessierter OLEDs

Nr.	Effizienz bei 1000 cd/m <sup>2</sup> [% EQE]	LD80	Startbedingung LD
V1	16.0	132	10000 cd/m <sup>2</sup>
E1	20.0	529	10000 cd/m <sup>2</sup>
E2	18.2	372	10000 cd/m <sup>2</sup>
E3	19.7	326	10000 cd/m <sup>2</sup>
V2	18.3	272	10000 cd/m <sup>2</sup>
E4	19.0	402	10000 cd/m <sup>2</sup>
E5	20.1	308	10000 cd/m <sup>2</sup>
V3	17.9	141	10000 cd/m <sup>2</sup>
E6	19.6	332	10000 cd/m <sup>2</sup>
V4	14.7	54	8000 cd/m <sup>2</sup>
E7	14.2	178	8000 cd/m <sup>2</sup>
E8	14.4	211	8000 cd/m <sup>2</sup>

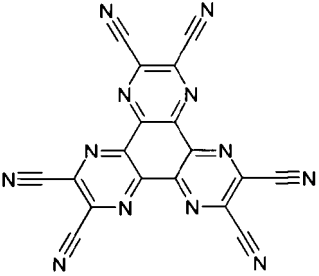
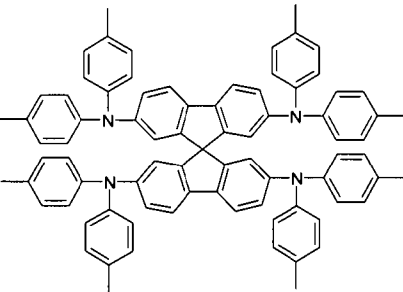
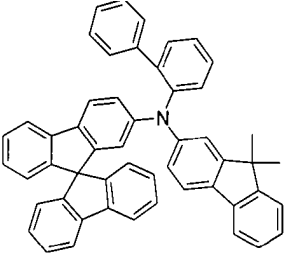
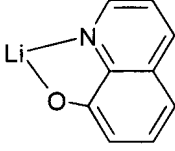
## Beispiel 18

## Herstellung und Charakterisierung vakuumprozessierter OLEDs

**[0176]** Viele OLED-Materialien können vakuumverdampft werden. In den im Folgenden diskutierten Beispielen wurden ausschließlich vakuumbasiert aufgebrachte Schichten verwendet.

**[0177]** Die OLEDs haben prinzipiell folgenden Schichtaufbau: Substrat / Lochtransportschicht (HTL) / optionale Zwischenschicht (IL) / Elektronenblockierschicht (EBL) / Emissionsschicht (EML) / optionale Lochblockierschicht (HBL) / Elektronentransportschicht (ETL) und abschließend eine Kathode. Die Kathode wird durch eine 100 nm dicke Aluminiumschicht gebildet. Der genaue Aufbau der OLEDs sowie die resultierenden Ergebnisse sind Tabelle 7 zu entnehmen. Die zur Herstellung der OLEDs benötigten Hilfsmaterialien sind in Tabelle 6 gezeigt; verwendete Zusammensetzungen finden sich in Tabelle 3.

Tabelle 6: Strukturen der verwendeten Hilfsmaterialien

	
HATCN	SpA1
	
SpMA1	LiQ

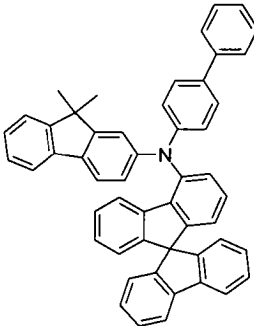
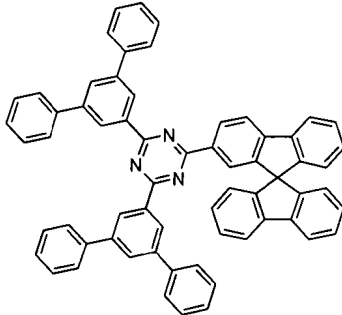
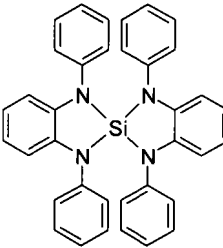
	
SpMA2	ST2
	
EBM1	

Tabelle 7: Aufbau und Ergebnisse vakuumprozessierter OLEDs

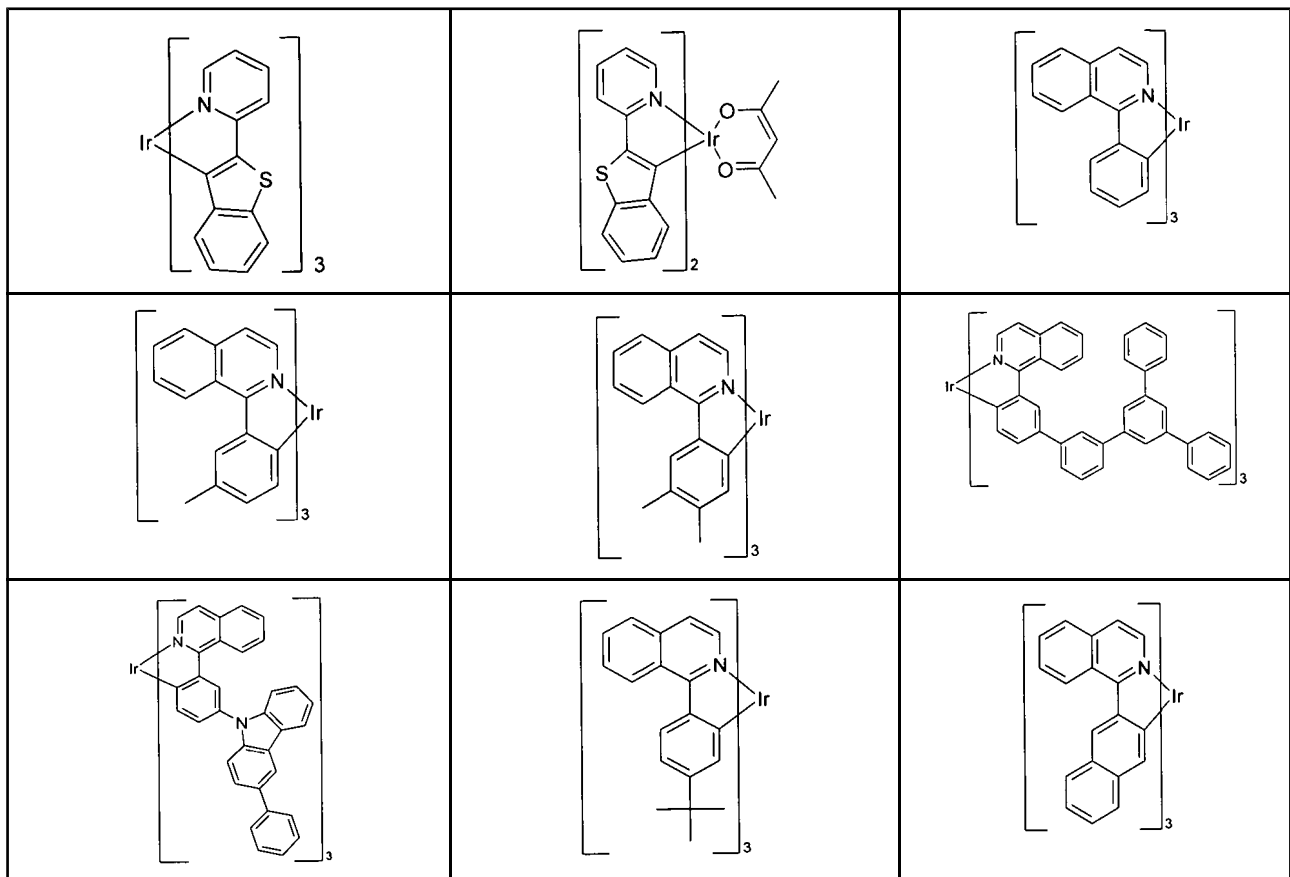
Nr.	HTL (Dicke)	IL (Dicke)	EBL (Dicke)	EML (Dicke)	HBL (Dicke)	ETL (Dicke)	EQE	LD80	Startbed. LD
V5	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	V5 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	15.3	200	20mA/cm <sup>2</sup>
V6	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	V6 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	13.0	130	20mA/cm <sup>2</sup>
V7	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	V7 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	16.9	230	20mA/cm <sup>2</sup>
E9	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	E9 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	18.5	200	20mA/cm <sup>2</sup>
E10	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	E10 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	18.8	120	20mA/cm <sup>2</sup>
E11	SpA1 (70nm)	HATCN (5nm)	SpMA1 (90nm)	E11 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	18.7	60	20mA/cm <sup>2</sup>
V8	HATCN (5nm)	SpMA1 (65nm)	EBM1 (15nm)	V8 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	15.2	15	20mA/cm <sup>2</sup>
E13	HATCN (5nm)	SpMA1 (65nm)	EBM1 (15nm)	E13 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	16.4	40	20mA/cm <sup>2</sup>
E14	HATCN (5nm)	SpMA1 (65nm)	EBM1 (15nm)	E14 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	15.7	50	20mA/cm <sup>2</sup>

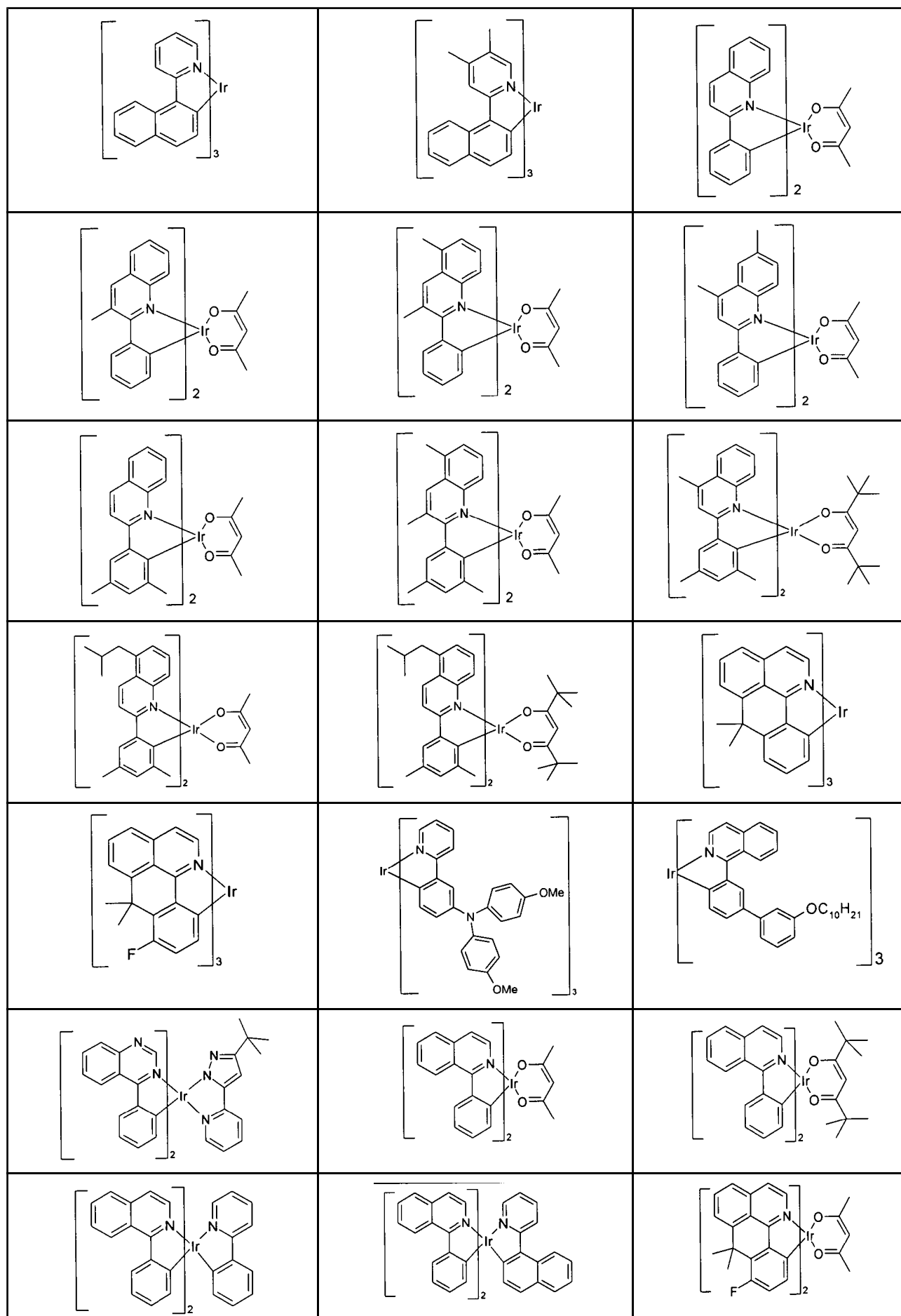
Nr.	HTL (Dicke)	IL (Dicke)	EBL (Dicke)	EML (Dicke)	HBL (Dicke)	ETL (Dicke)	EQE	LD80	Startbed. LD
E15	HATCN (5nm)	SpMA1 (65nm)	EBM1 (15nm)	E15 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	16.1	20	20mA/cm <sup>2</sup>
E16	HATCN (5nm)	SpMA1 (65nm)	EBM1 (15nm)	E16 (30nm)	ST2 (10nm)	ST2:LiQ (50%:50%) (30nm)	15.8	45	20mA/cm <sup>2</sup>
V9	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	V9 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (8nm)	21.0	2000	20mA/cm <sup>2</sup>
E17	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	E17 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (8nm)	22.5	3700	20mA/cm <sup>2</sup>
E18	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	E18 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (3nm)	21.7	3900	20mA/cm <sup>2</sup>
E19	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	E19 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (8nm)	21.5	4200	20mA/cm <sup>2</sup>
E20	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	E20 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (3nm)	22.7	3500	20mA/cm <sup>2</sup>
E21	HATCN (5nm)	SpMA1 (70nm)	SpMA2 (15nm)	E21 (25nm)	ST2 (45nm)	LiQ (3nm)	21.3	2600	20mA/cm <sup>2</sup>

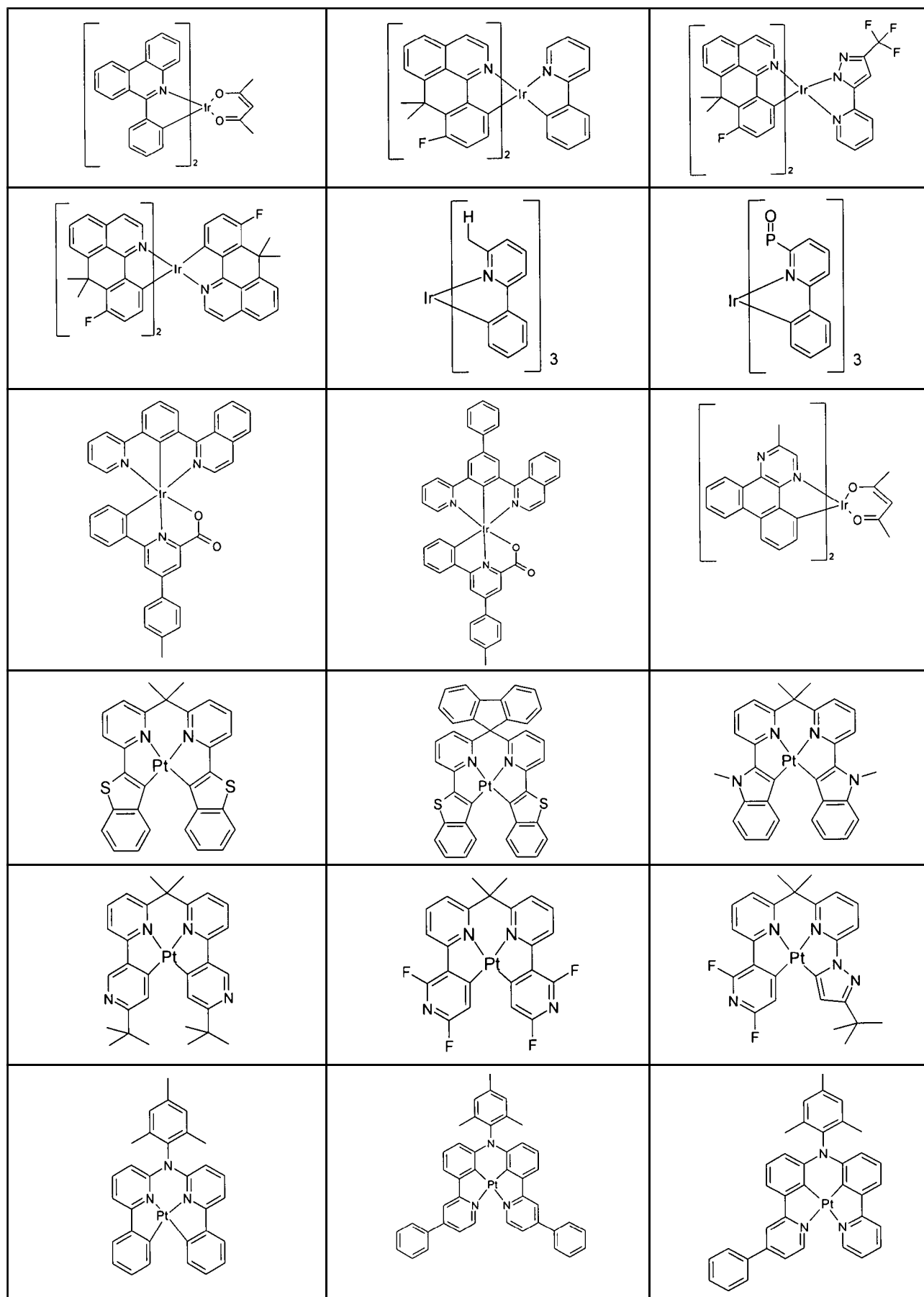
*EQE: Effizienz in % bei 1000 cd/m<sup>2</sup>*

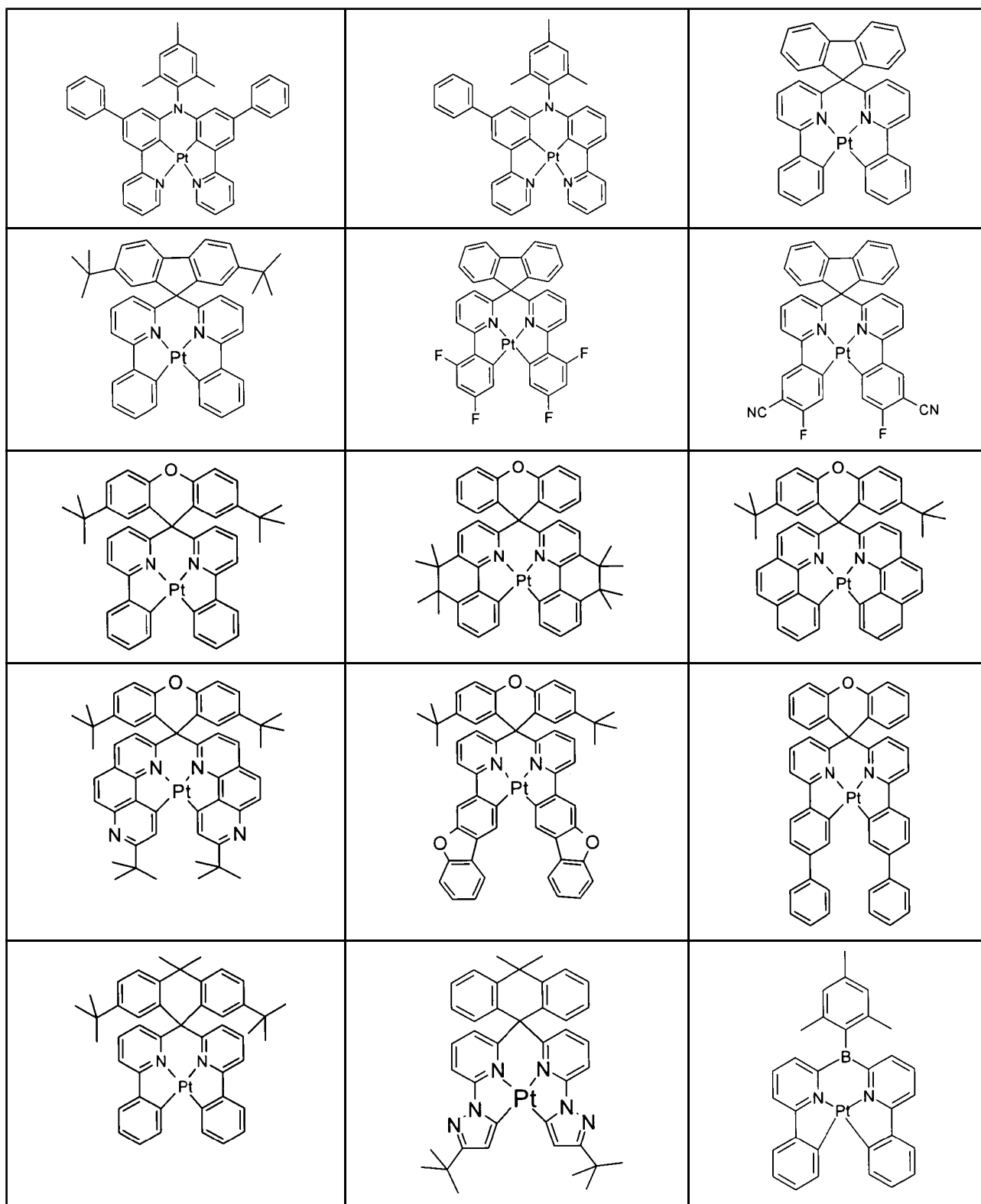
### Patentansprüche

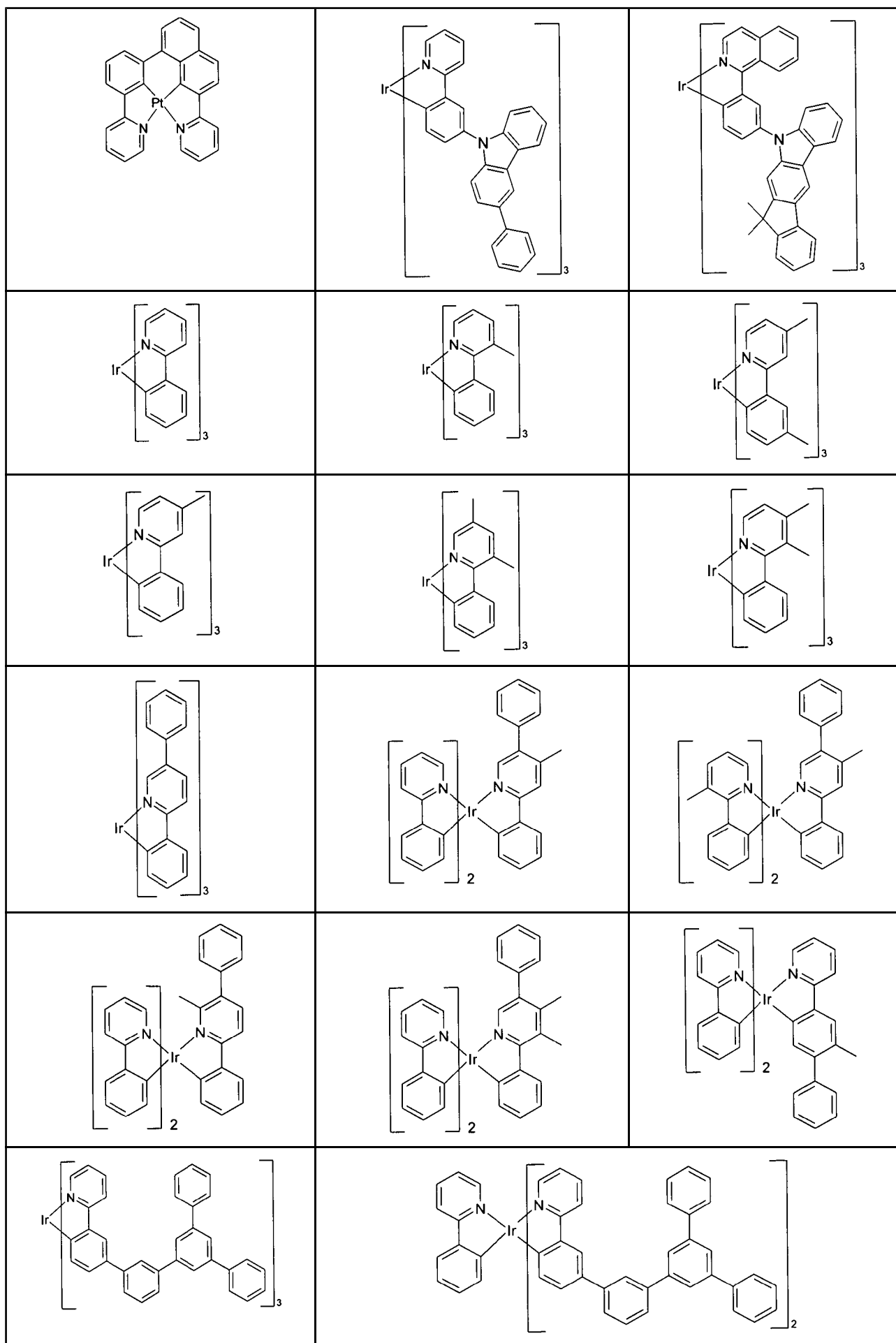
1. Zusammensetzung enthaltend einen bipolaren Host, einen neutralen Co-Host sowie einen lichtemittierenden Dotanden, **dadurch gekennzeichnet**, dass der Dotand aus den folgenden Verbindungen ausgewählt wird,

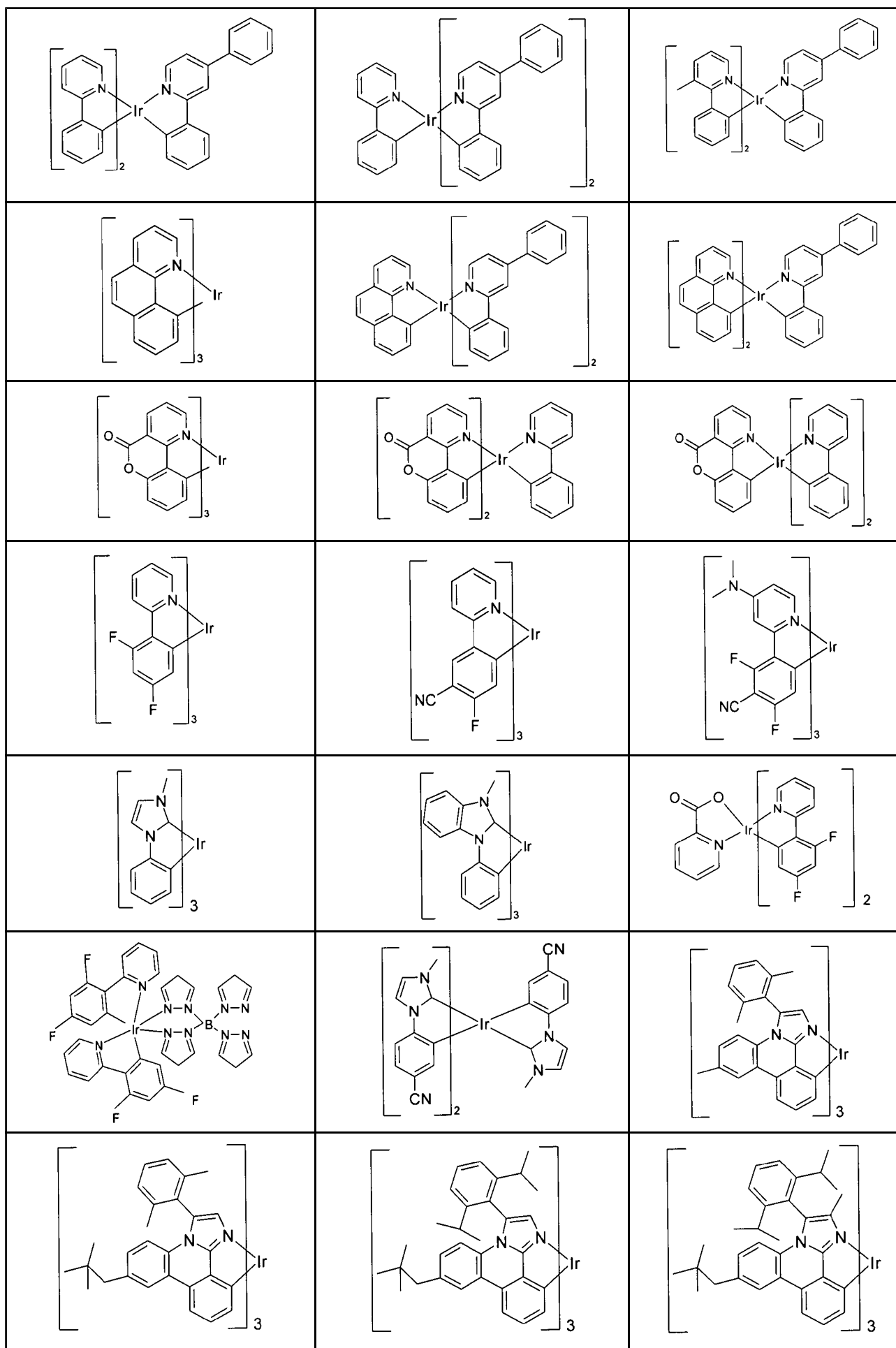




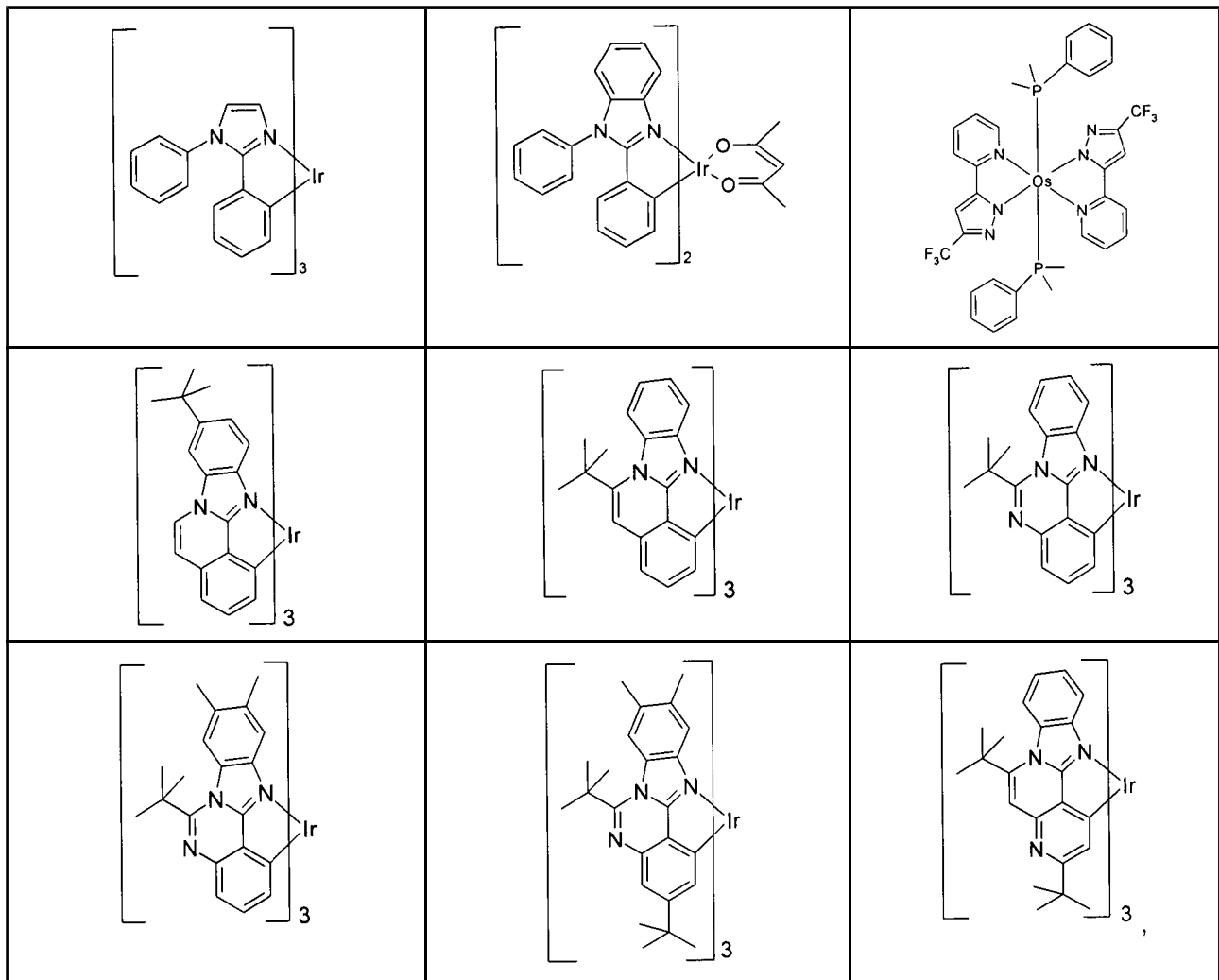




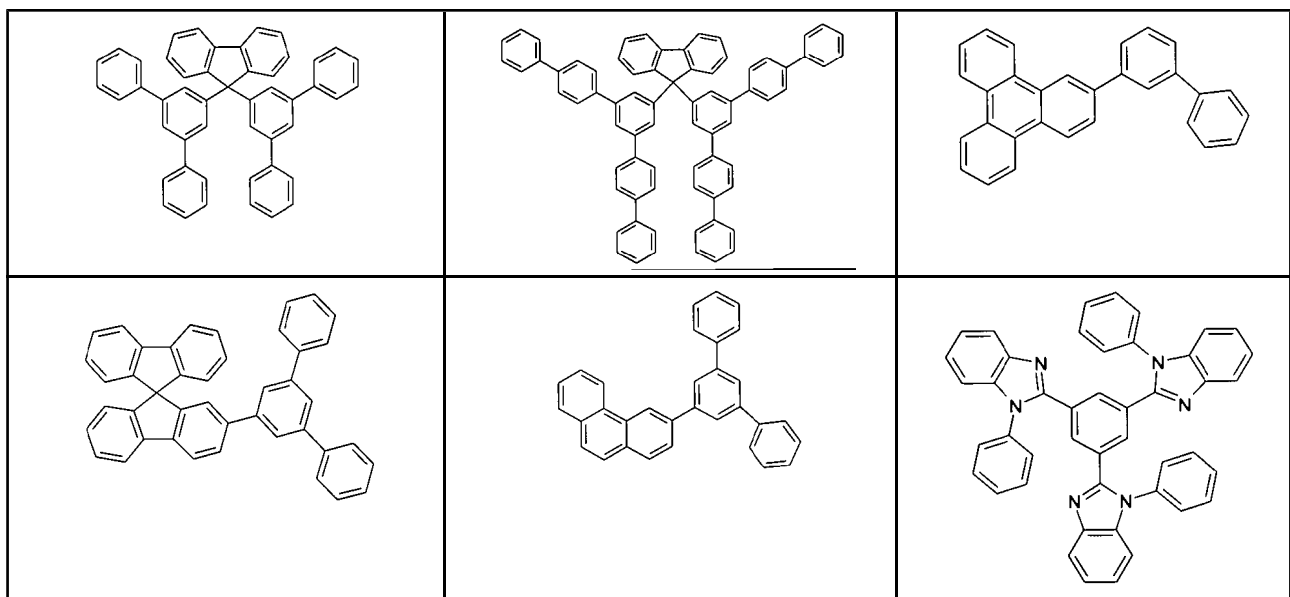


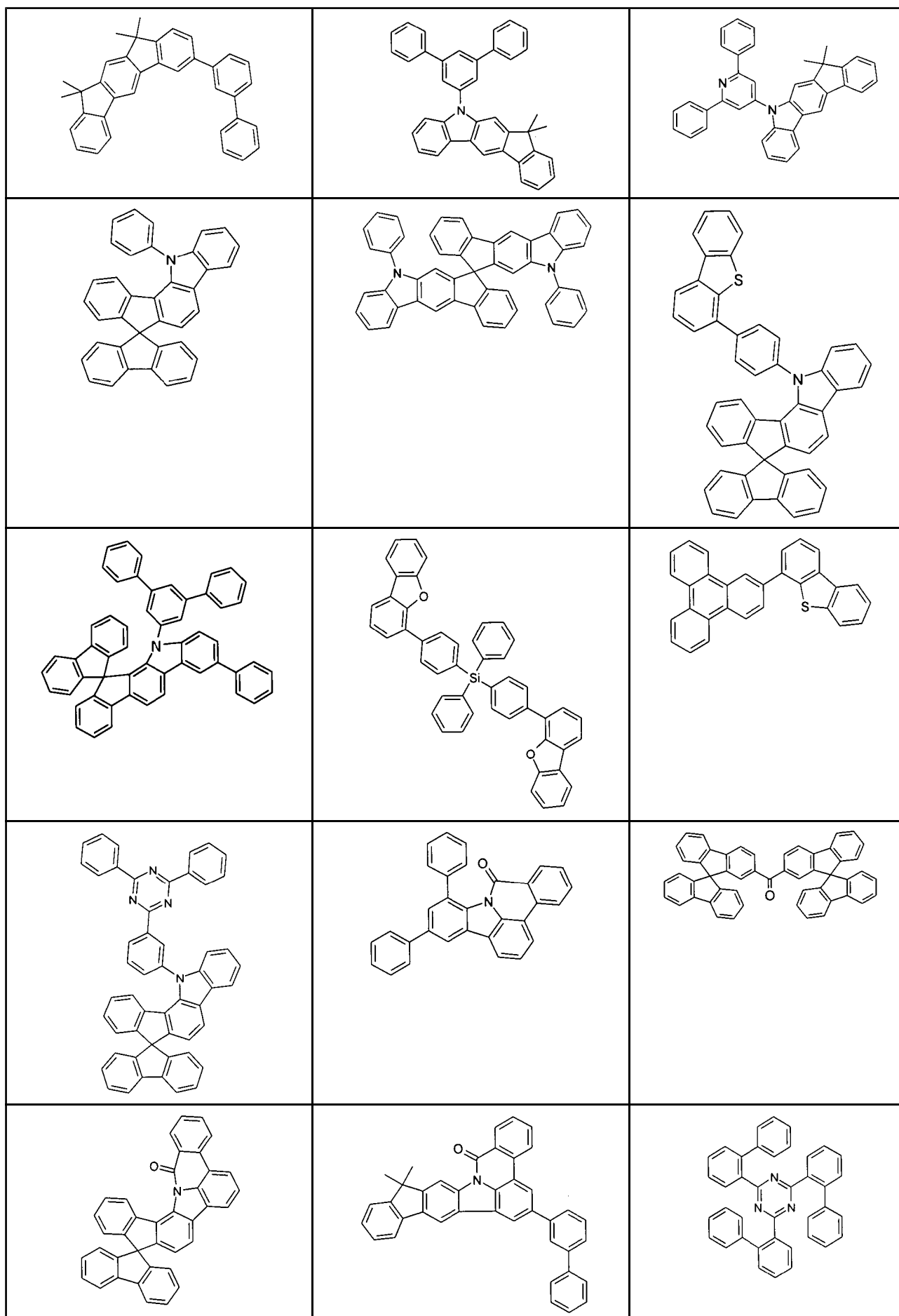


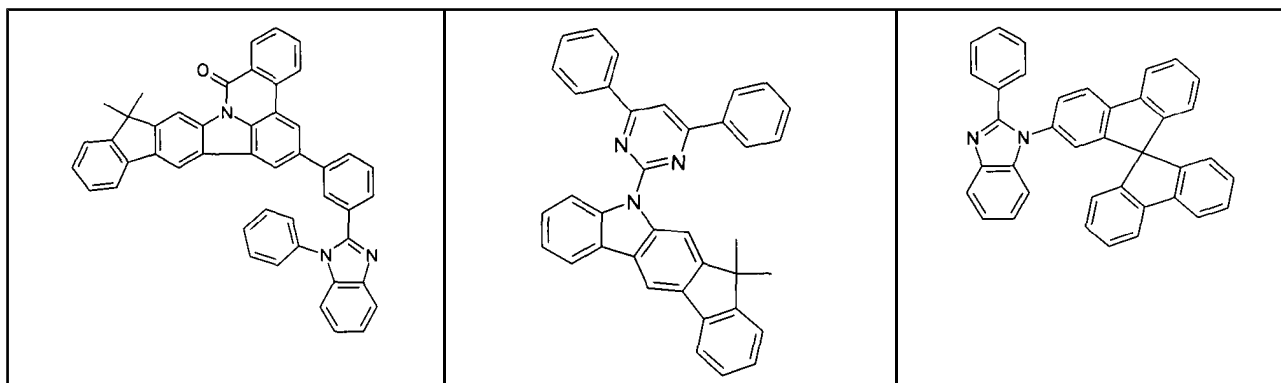




dass der neutrale Co-Host aus den folgenden Verbindungen ausgewählt wird,







und dass der bipolare Host ausgewählt ist aus der Gruppe der Pyridine, Pyrimidine, Triazine, Benzimidazole, Carbazole, Indenocarbazole, Indolocarbazole, 1,10-Phenanthroline, 1,3,4-Oxadiazole, Phosphinoxide, Phenylsulfonyle, Ketone, Lactame und Triarylamine, wobei

a) die folgenden Bedingungen erfüllt sind,

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(D)}| > 0,$$

wobei HOMO(C) für die HOMO-Energie des neutralen Co-Hosts steht, HOMO(B) und HOMO(D) entsprechend für die HOMO-Energie des bipolaren Hosts bzw. des Dotanden steht, LUMO(C), LUMO(B) und LUMO(D) entsprechend für die LUMO-Energie des neutralen Co-Hosts, des bipolaren Hosts bzw. des Dotanden steht, und die Funktion  $\min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\}$  den kleineren der beiden Werte  $|\text{HOMO(D)}|$  und  $|\text{HOMO(B)}|$  liefert oder b) die folgenden Bedingungen erfüllt sind,

$$\max\{|\text{LUMO(D)}|; |\text{LUMO(B)}|\} - |\text{LUMO(C)}| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO(C)}| - |\text{HOMO(B)}| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO(D)}| - |\text{HOMO(B)}| > 0,$$

wobei die Funktion  $\max\{|\text{LUMO(D)}|; |\text{LUMO(B)}|\}$  den größeren der beiden Werte  $|\text{LUMO(D)}|$  und  $|\text{LUMO(B)}|$  liefert.

2. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.15 \text{ eV}$$

und

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| > -0.2 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.1 \text{ eV}$$

und

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| > -0.1 \text{ eV}$$

sind.

3. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Bedingung erfüllt ist

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.4 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.6 \text{ eV}$$

ist.

4. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Bedingung erfüllt ist

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.6 \text{ eV}$$

ist.

5. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgenden Bedingungen erfüllt sind

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| < 0.15 \text{ eV}$$

und

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| > -0.2 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| < 0.1 \text{ eV}$$

und

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| > -0.1 \text{ eV}$$

sind.

6. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Bedingung erfüllt ist

$$\max\{|\text{LUMO(D)}|; |\text{LUMO(B)}|\} - |\text{LUMO(C)}| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$\max\{|\text{LUMO(D)}|; |\text{LUMO(B)}|\} - |\text{LUMO(C)}| > 0.6 \text{ eV}$$

ist.

7. Zusammensetzung gemäß Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, dass die folgende Bedingung erfüllt ist

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - |\text{HOMO}(\text{B})| > 0.4 \text{ eV},$$

wobei bevorzugt ist, wenn

$$|\text{HOMO}(\text{C})| - |\text{HOMO}(\text{B})| > 0.6 \text{ eV}$$

ist.

8. Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusammensetzung weitere organische funktionelle Materialien enthält, die aus der Gruppe bestehend aus den Lochinjektionsmaterialien, Lochtransportmaterialien, Lochblockiermaterialien, Host-Materialien, Emitter-Materialien, Elektronenblockiermaterialien, Elektronentransportmaterialien und Elektroneninjektionsmaterialien ausgewählt werden.

9. Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusammensetzung ein weiteres Host-Material enthält.

10. Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 7, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusammensetzung einen weiteren, zweiten lichtemittierenden Dotanden enthält, der ein phosphoreszierender Emitter ist.

11. Zusammensetzung gemäß Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusammensetzung einen weiteren, dritten lichtemittierenden Dotanden enthält, der ein phosphoreszierender Emitter ist.

12. Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Zusammensetzung neben den genannten organischen Bestandteilen keine weiteren organischen oder anorganischen Bestandteile enthält.

13. Formulierung enthaltend eine Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 sowie wenigstens ein Lösungsmittel.

14. Verwendung der Formulierung gemäß Anspruch 13 zur Herstellung einer elektronischen Vorrichtung, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Formulierung verwendet wird, um eine Emissionsschicht der Vorrichtung enthaltend die Zusammensetzung gemäß einem oder mehrerer der Ansprüche 1 bis 12 aus Lösung zu prozessieren.

15. Verwendung der Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 in einer organischen elektronischen Vorrichtung.

16. Organische elektronische Vorrichtung enthaltend mindestens eine Zusammensetzung gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12.

17. Organische elektronische Vorrichtung gemäß Anspruch 16, wobei die Vorrichtung ausgewählt ist aus den organischen integrierten Schaltungen (OICs), organischen Feld-Effekt-Transistoren (OFETs), organischen Dünnschichttransistoren (OTFTs), organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, organischen Solarzellen (OSCs), organischen optischen Detektoren, organischen Photorezeptoren.

18. Organische elektronische Vorrichtung gemäß Anspruch 17, wobei die Vorrichtung eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung ist.

19. Vorrichtung gemäß Anspruch 18, wobei es sich um eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung handelt, die ausgewählt ist aus den organischen lichtemittierenden Transistoren (OLETs), organischen Feld-Quench-Devices (OFQOs), organischen lichtemittierenden elektrochemischen Zellen (OLECs), organischen Laserdioden (O-Laser) und den organischen lichtemittierenden Dioden (OLEDs), bevorzugt aus den OLECs und OLEDs und ganz bevorzugt aus den OLEDs.

20. Vorrichtung gemäß Anspruch 18 oder 19, **dadurch gekennzeichnet**, dass es sich um eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung handelt, die die Zusammensetzung in der Emissionsschicht enthält.

21. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Emissionsschicht eine Zusammensetzungen gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 enthält und wobei direkt an die Emissionsschicht eine Lochtransportschicht grenzt, die ein Lochtransportmaterial (HTM), enthält, wobei für die absoluten Beträge der HOMO-Energien des bipolaren Hosts in der Emissionsschicht und des Lochtransportmaterials in der Lochtransportschicht die folgende Bedingung gilt:

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(HTM)}| < 0.3 \text{ eV}$$

und wobei

a) die folgenden Bedingungen erfüllt sind,

$$|\text{HOMO(C)}| - \min\{|\text{HOMO(D)}|; |\text{HOMO(B)}|\} > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO(B)}| - |\text{HOMO(D)}| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(C)}| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(D)}| > 0.$$

22. Vorrichtung gemäß Anspruch 20, **dadurch gekennzeichnet**, dass die Emissionsschicht eine Zusammensetzungen gemäß einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12 enthält und wobei direkt an die Emissionsschicht eine Elektronentransportschicht grenzt, die ein Elektronentransportmaterial (ETM), enthält, wobei für die absoluten Beträge der HOMO-Energien des bipolaren Hosts in der Emissionsschicht und des Elektronentransportmaterials in der Elektronentransportschicht die folgende Bedingung gilt:

$$|\text{LUMO(B)}| - |\text{LUMO(ETM)}| < 0.3 \text{ eV}$$

und wobei b) die folgenden Bedingungen erfüllt sind,

$$\max\{|\text{LUMO(D)}|; |\text{LUMO(B)}|\} - |\text{LUMO(C)}| > 0.3 \text{ eV}$$

$$|\text{LUMO(D)}| - |\text{LUMO(B)}| < 0.15 \text{ eV}$$

$$|\text{HOMO(C)}| - |\text{HOMO(B)}| > 0.3 \text{ eV}$$

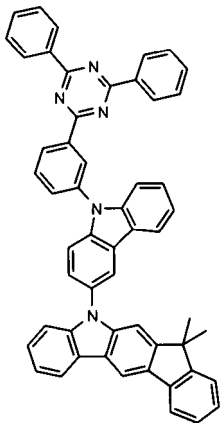
$$|\text{HOMO(D)}| - |\text{HOMO(B)}| > 0.$$

23. Zusammensetzungen E1 bis E9, E13 bis E16, E18 und E21 bestehend aus den folgenden Kombinationen eines bipolaren Hostmaterials, eines Co-Hosts und eines licht-emittierenden Dotanden oder von Kombinationen eines bipolaren Hostmaterials, eines Co-Hosts und zwei lichtemittierender Dotanden,

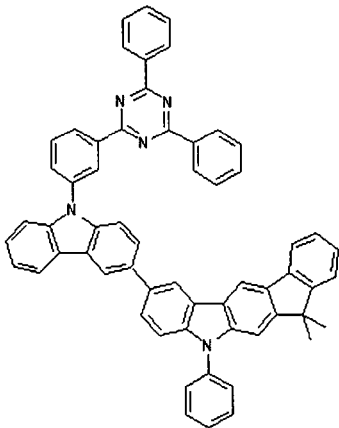
	Bipolarer Host/ Gew%	Neutraler Co-Host/ Gew%	lichtemittierender Dotand/Gew.%
E1	8d/20	12a/60	13l/20
E2	8d/40	12a/40	13l/20
E3	9a/40	12a/40	13l/20
E4	8d/40	12b/40	13l/20
E5	9a/40	12b/40	13l/20
E6	9b/40	12a/40	13l/20
E7	9b/39	12a/45	13m/6+13l/10
E8	13r/39	12b/45	13m/6+13l/10

	Bipolarer Host/ Gew%	Neutraler Co-Host/ Gew%	lichtemittierender Dotand/Gew.%
E9	9c/45	12b/45	13h/10
E13	13d/45	12b/45	11b/10
E14	13g/45	12b/45	11b/10
E15	13t/40	12b/50	11b/10
E16	13f/45	12b/45	11a/10
E18	9b/25	12b/65	13j/10
E21	8d/45	13t/45	13j/10

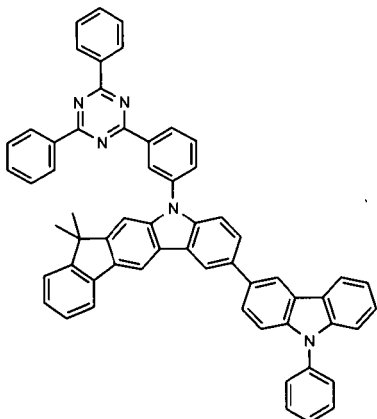
wobei die Verbindungen folgende Strukturen haben:



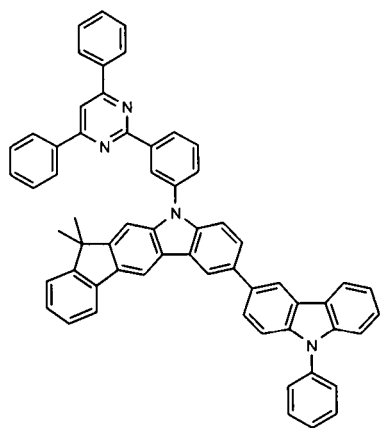
8d



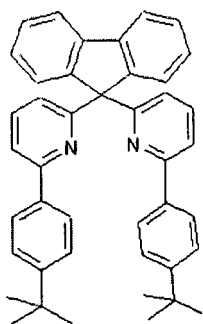
9a



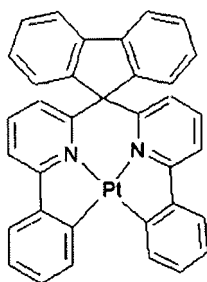
9b



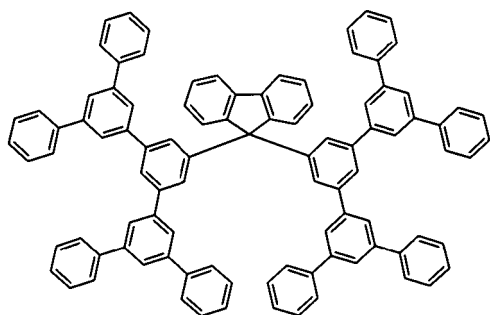
9c



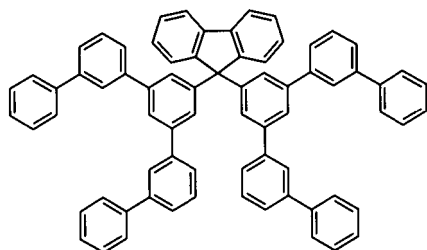
11a



11b

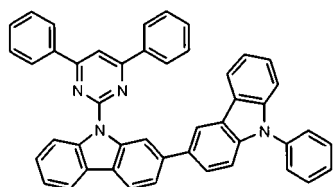


12a

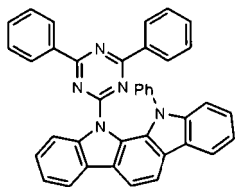


12b

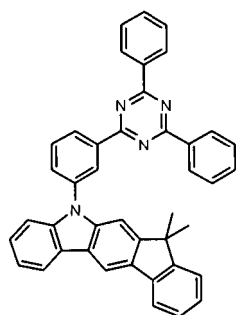




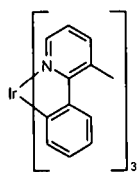
13d



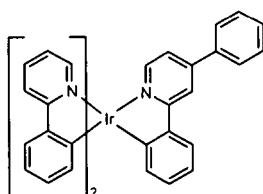
13f



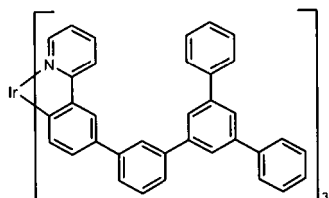
13g



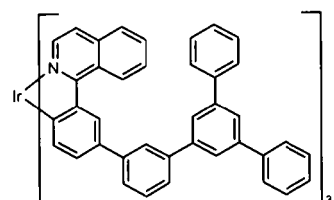
13h



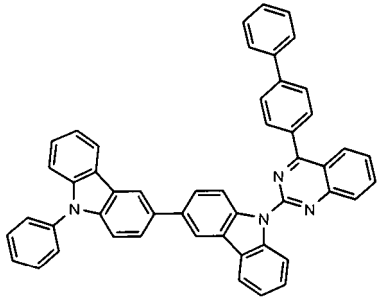
13j



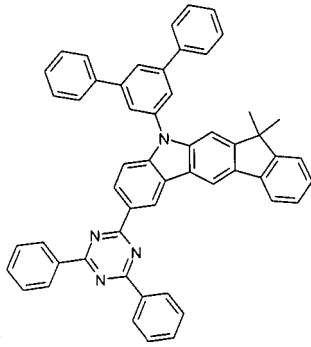
13l



13m



13r



13t

Es folgen keine Zeichnungen