



(10) **DE 10 2009 041 414 A1** 2011.03.17

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2009 041 414.2**

(51) Int Cl.⁸: **C07F 15/00** (2006.01)

(22) Anmeldetag: **16.09.2009**

(43) Offenlegungstag: **17.03.2011**

(71) Anmelder:

Merck Patent GmbH, 64293 Darmstadt, DE

(72) Erfinder:

Franz, Adam, Dr., 64293 Darmstadt, DE; Anémian, Rémi, Dr., 60316 Frankfurt, DE

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Metallkomplexe**

(57) Zusammenfassung: Die vorliegende Erfindung betrifft Metallkomplexe mit hoher Löslichkeit sowie elektronische Vorrichtungen, insbesondere organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, enthaltend diese Metallkomplexe.

3 nm / 150 nm	Kathode	Ba / Al
80 nm	emittierende Schicht	41.5 Gew.-% TMM-1 + 41.5 % Gew.-TMM-2 + 17 Gew.-% TEG
20 nm	Zwischenschicht	
80 nm	Pufferschicht	PEDOT
	Anode	

Beschreibung

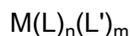
[0001] Der Aufbau organischer Elektrolumineszenzvorrichtungen (OLEDs), in denen organische Halbleiter als funktionelle Materialien eingesetzt werden, ist beispielsweise in US 4539507, US 5151629, EP 0676461 und WO 98/27136 beschrieben. Dabei werden als emittierende Materialien zunehmend metallorganische Komplexe eingesetzt, die Phosphoreszenz statt Fluoreszenz 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 bei OLEDs, die Triplettemission zeigen, jedoch immer noch Verbesserungsbedarf, insbesondere im Hinblick auf Effizienz, Betriebsspannung und Lebensdauer. Dies gilt insbesondere für OLEDs, welche im kürzerwelligen Bereich, also grün und blau, emittieren. Weiterhin weisen viele phosphoreszierende Emittierer keine ausreichende Löslichkeit für eine Verarbeitung aus Lösung auf, so dass es auch hier weiteren Verbesserungsbedarf gibt.

[0002] Gemäß dem Stand der Technik werden in phosphoreszierenden OLEDs als Triplettemitter insbesondere Iridium- und Platinkomplexe eingesetzt, welche üblicherweise als cyclometallierte Komplexe eingesetzt werden. Dabei sind die Liganden häufig Derivate von Phenylpyridin. Jedoch ist die Löslichkeit derartiger Komplexe häufig gering, was eine Verarbeitung aus Lösung erschwert oder gänzlich verhindert.

[0003] Aus dem Stand der Technik sind Iridiumkomplexe bekannt, welche am Phenylring des Phenylpyridinliganden in para-Position zur Koordination an das Metall mit einer gegebenenfalls substituierten Aryl- oder Heteroarylgruppe substituiert sind (WO 04/026886 A2). Dadurch wurde eine verbesserte Löslichkeit der Komplexe erzielt. Jedoch gibt es auch hier noch weiteren Verbesserungsbedarf in Bezug auf die Löslichkeit sowie die Effizienz und die Lebensdauer der Komplexe.

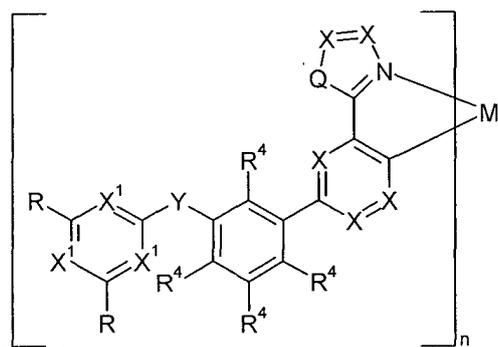
[0004] Überraschend wurde gefunden, dass bestimmte, unten näher beschriebene Metallchelatkomplexe eine verbesserte Löslichkeit aufweisen und weiterhin zu Verbesserungen der organischen Elektrolumineszenzvorrichtung führen, insbesondere hinsichtlich der Effizienz und der Lebensdauer. Diese Metallkomplexe und organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, welche diese Komplexe enthalten, sind daher der Gegenstand der vorliegenden Erfindung.

[0005] Gegenstand der Erfindung ist somit eine Verbindung gemäß Formel (1),

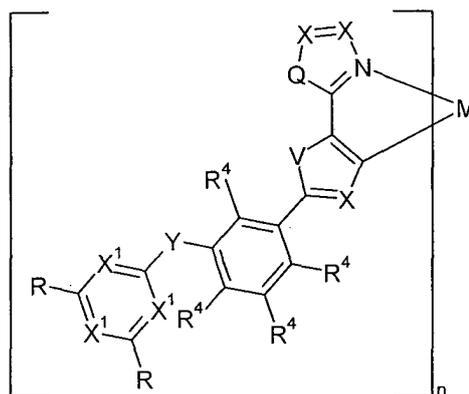


Formel (1)

wobei die Verbindung der allgemeinen Formel (1) eine Teilstruktur M(L) der Formel (2) oder Formel (3) enthält:



Formel (2)



Formel (3)

wobei für die verwendeten Symbole und Indizes gilt:

M ist ein Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Iridium, Rhodium, Platin und Palladium;

X, X¹ ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder N;

Q ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten R¹C=CR¹, R¹C=N, O, S, Se oder NR¹;

V ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten O, S, Se oder NR¹;

Y ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus C(R¹)₂, C(=O), O, S, SO, SO₂, NR¹, PR¹ oder P(O)R¹;

R ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R^1 substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $\text{R}^2\text{C}=\text{CR}^2$, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{Si}(\text{R}^2)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^2)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^2)_2$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^2$, $\text{P}(\text{=O})(\text{R}^2)$, SO , SO_2 , NR^2 , O , S oder CONR^2 ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D , F , Cl , Br , I , CN oder NO_2 ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^1 substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R^1 substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R^1 substituiert sein kann; R^1 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H , D , F , Cl , Br , I , $\text{N}(\text{R}^2)_2$, CN , NO_2 , $\text{Si}(\text{R}^2)_3$, $\text{B}(\text{OR}^2)_2$, $\text{C}(\text{=O})\text{R}_2$, $\text{P}(\text{=O})(\text{R}^2)_2$, $\text{S}(\text{=O})\text{R}_2$, $\text{S}(\text{=O})_2\text{R}^2$, OSO_2R^2 , eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R^2 substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $\text{R}^2\text{C}=\text{CR}^2$, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{Si}(\text{R}^2)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^2)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^2)_2$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^2$, $\text{P}(\text{=O})(\text{R}^2)$, SO , SO_2 , NR^2 , O , S oder CONR^2 ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D , F , Cl , Br , I , CN oder NO_2 ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^2 substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R^2 substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R^2 substituiert sein kann, oder eine Kombination aus zwei oder mehr dieser Gruppen; dabei können zwei oder mehr Reste R^1 auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches, aromatisches und/oder benzoannelliertes Ringsystem bilden; R^2 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H , D , F , Cl , Br , I , $\text{N}(\text{R}^3)_2$, CN , NO_2 , $\text{Si}(\text{R}^3)_3$, $\text{B}(\text{OR}^3)_2$, $\text{C}(\text{=O})\text{R}^3$, $\text{P}(\text{=O})(\text{R}^3)_2$, $\text{S}(\text{=O})\text{R}^3$, $\text{S}(\text{=O})_2\text{R}^3$, OSO_2R^3 , eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R^3 substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $\text{R}^3\text{C}=\text{CR}^3$, $\text{C}\equiv\text{C}$, $\text{Si}(\text{R}^3)_2$, $\text{Ge}(\text{R}^3)_2$, $\text{Sn}(\text{R}^3)_2$, $\text{C}=\text{O}$, $\text{C}=\text{S}$, $\text{C}=\text{Se}$, $\text{C}=\text{NR}^3$, $\text{P}(\text{=O})(\text{R}^3)$, SO , SO_2 , NR^3 , O , S oder CONR^3 ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D , F , Cl , Br , I , CN oder NO_2 ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Kombination aus zwei oder mehr dieser Gruppen; dabei können zwei oder mehrere benachbarte Reste R^2 miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden; R^3 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H , D , F oder ein aliphatischer, aromatischer und/oder heteroaromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen, in dem auch ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können; dabei können zwei oder mehrere Substituenten R^3 auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden; R^4 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H oder D ;

L' ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten ein beliebiger Coligand;

n ist 1, 2 oder 3 für M gleich Iridium oder Rhodium und ist 1 oder 2 für M gleich Platin oder Palladium;

m ist 0, 1, 2, 3 oder 4;

dabei können auch mehrere Liganden L miteinander oder L mit L' über eine beliebige Brücke Z verknüpft sein und so ein tridentates, tetradentates, pentadentates oder hexadentates Ligandensystem aufspannen.

[0006] Dabei werden die Indizes n und m so gewählt, dass die Koordinationszahl am Metall für M gleich Iridium oder Rhodium 6 entspricht und für M gleich Platin oder Palladium 4 entspricht.

[0007] Eine Arylgruppe im Sinne dieser Erfindung enthält 6 bis 40 C-Atome; eine Heteroarylgruppe im Sinne dieser Erfindung enthält 2 bis 40 C-Atome und mindestens ein Heteroatom, mit der Maßgabe, dass die Summe aus C-Atomen und Heteroatomen mindestens 5 ergibt. Die Heteroatome sind bevorzugt ausgewählt aus N , O und/oder S . Dabei wird unter einer Arylgruppe bzw. Heteroarylgruppe entweder ein einfacher aromatischer Cyclus, also Benzol, bzw. ein einfacher heteroaromatischer Cyclus, beispielsweise Pyridin, Pyrimidin, Thiophen, etc., oder eine kondensierte Aryl- oder Heteroarylgruppe, beispielsweise Naphthalin, Anthracen, Phenanthren, Chinolin, Isochinolin, etc., verstanden.

[0008] Ein aromatisches Ringsystem im Sinne dieser Erfindung enthält 6 bis 60 C-Atome im Ringsystem. Ein heteroaromatisches Ringsystem im Sinne dieser Erfindung enthält 2 bis 60 C-Atome und mindestens ein Heteroatom im Ringsystem, mit der Maßgabe, dass die Summe aus C-Atomen und Heteroatomen mindestens 5 ergibt. Die Heteroatome sind bevorzugt ausgewählt aus N, O und/oder S. Unter einem aromatischen oder heteroaromatischen Ringsystem im Sinne dieser Erfindung soll ein System verstanden werden, das nicht notwendigerweise nur Aryl- oder Heteroarylgruppen enthält, sondern in dem auch mehrere Aryl- oder Heteroarylgruppen durch eine nicht-aromatische Einheit (bevorzugt weniger als 10% der von H verschiedenen Atome), wie z. B. ein sp^3 -hybridisiertes C-, N- oder O-Atom oder eine Carbonylgruppe, unterbrochen sein können. So sollen beispielsweise auch Systeme wie 9,9'-Spirobifluoren, 9,9-Diarylfluoren, Triarylamine, Diarylether, Stilben, etc. als aromatische Ringsysteme im Sinne dieser Erfindung verstanden werden, und ebenso Systeme, in denen zwei oder mehrere Arylgruppen beispielsweise durch eine lineare oder cyclische Alkylgruppe oder durch eine Silylgruppe unterbrochen sind.

[0009] Unter einer cyclischen Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe im Sinne dieser Erfindung wird eine monocyclische, eine bicyclische oder eine polycyclische Gruppe verstanden.

[0010] Im Rahmen der vorliegenden Erfindung werden unter einer C_1 - bis C_{40} -Alkylgruppe, in der auch einzelne H-Atome oder CH_2 -Gruppen durch die oben genannten Gruppen substituiert sein können, beispielsweise die Reste Methyl, Ethyl, n-Propyl, i-Propyl, n-Butyl, i-Butyl, s-Butyl, t-Butyl, 2-Methylbutyl, n-Pentyl, s-Pentyl, tert-Pentyl, 2-Pentyl, Cyclopentyl, n-Hexyl, s-Hexyl, tert-Hexyl, 2-Hexyl, 3-Hexyl, Cyclohexyl, 2-Methylpentyl, n-Heptyl, 2-Heptyl, 3-Heptyl, 4-Heptyl, Cycloheptyl, 1-Methylcyclohexyl, n-Octyl, 2-Ethylhexyl, Cyclooctyl, 1-Bicyclo[2,2,2]octyl, 2-Bicyclo[2,2,2]octyl, 2-(2,6-Dimethyl)octyl, 3-(3,7-Dimethyl)octyl, Trifluormethyl, Pentafluorethyl oder 2,2,2-Trifluorethyl verstanden. Unter einer Alkenylgruppe werden beispielsweise Ethenyl, Propenyl, Butenyl, Pentenyl, Cyclopentenyl, Hexenyl, Cyclohexenyl, Heptenyl, Cycloheptenyl, Octenyl, Cyclooctenyl oder Cyclooctadienyl verstanden. Unter einer Alkynylgruppe werden beispielsweise Ethinyl, Propinyl, Butinyl, Pentinyl, Hexinyl, Heptinyl oder Octinyl verstanden. Unter einer C_1 - bis C_{40} -Alkoxygruppe werden beispielsweise Methoxy, Trifluormethoxy, Ethoxy, n-Propoxy, i-Propoxy, n-Butoxy, i-Butoxy, s-Butoxy, t-Butoxy oder 2-Methylbutoxy verstanden. Unter einem aromatischen oder heteroaromatischen Ringsystem mit 5–60 aromatischen Ringatomen, welches noch jeweils mit den oben genannten Resten R substituiert sein kann und welches über beliebige Positionen am Aromaten bzw. Heteroaromaten verknüpft sein kann, werden beispielsweise Gruppen verstanden, die abgeleitet sind von Benzol, Naphthalin, Anthracen, Benzanthracen, Phenanthren, Benzophenanthren, Pyren, Chrysen, Perylen, Fluoranthren, Benzfluoranthren, Naphthacen, Pentacen, Benzpyren, Biphenyl, Biphenylen, Terphenyl, Terphenylen, Fluoren, Spirobifluoren, Dihydrophenanthren, Dihydropyren, Tetrahydropyren, cis- oder trans-Indenofluoren, cis- oder trans-Monobenzoindenofluoren, cis- oder trans-Dibenzoindenofluoren, Truxen, Isotruxen, Spirotruxen, Spiroisotruxen, Furan, Benzofuran, Isobenzofuran, Dibenzofuran, Thiophen, Benzothiophen, Isobenzothiophen, Dibenzothiophen, Pyrrol, Indol, Isoindol, Carbazol, Pyridin, Chinolin, Isochinolin, Acridin, Phenanthridin, Benzo-5,6-chinolin, Benzo-6,7-chinolin, Benzo-7,8-chinolin, Phenothiazin, Phenoxazin, Pyrazol, Indazol, Imidazol, Benzimidazol, Naphthimidazol, Phenanthrimidazol, Pyridimidazol, Pyrazinimidazol, Chinoxalinimidazol, Oxazol, Benzoxazol, Naphthoxazol, Anthroxazol, Phenanthroxazol, Isoxazol, 1,2-Thiazol, 1,3-Thiazol, Benzothiazol, Pyridazin, Benzopyridazin, Pyrimidin, Benzpyrimidin, Chinoxalin, 1,5-Diazaanthracen, 2,7-Diazapyren, 2,3-Diazapyren, 1,6-Diazapyren, 1,8-Diazapyren, 4,5-Diazapyren, 4,5,9,10-Tetraazapyren, Pyrazin, Phenazin, Phenoxazin, Phenothiazin, Fluorubin, Naphthyridin, Azacarbazol, Benzocarbolin, Phenanthrolin, 1,2,3-Triazol, 1,2,4-Triazol, Benzotriazol, 1,2,3-Oxadiazol, 1,2,4-Oxadiazol, 1,2,5-Oxadiazol, 1,3,4-Oxadiazol, 1,2,3-Thiadiazol, 1,2,4-Thiadiazol, 1,2,5-Thiadiazol, 1,3,4-Thiadiazol, 1,3,5-Triazin, 1,2,4-Triazin, 1,2,3-Triazin, Tetrazol, 1,2,4,5-Tetrazin, 1,2,3,4-Tetrazin, 1,2,3,5-Tetrazin, Purin, Pteridin, Indolizin und Benzothiadiazol.

[0011] Wenn zwei benachbarte Reste R^1 bzw. R^2 miteinander ein Ringsystem bilden, so sind die gebildeten Ringsysteme aliphatische oder aromatische Ringe, die an den Liganden ankondensiert sind. Beispiele für derartige Ringsysteme sind ankondensierte Cyclohexylgruppen oder ankondensierte Phenylgruppen. Es ist dabei auch möglich, dass auch Reste, die an die beiden unterschiedlichen aromatischen Ringe des Liganden binden, also beispielsweise an die Phenylgruppe und die Pyridingruppe, miteinander einen Ring bilden, was beispielsweise zu Azafluorenstrukturen oder Phenanthridinstrukturen führen kann.

[0012] Bevorzugt sind Verbindungen gemäß Formel (1), dadurch gekennzeichnet, dass diese nicht geladen, d. h. elektrisch neutral, sind. Dies wird auf einfache Weise dadurch erreicht, dass die Ladung der Liganden L und L' so gewählt werden, dass sie die Ladung des komplexierten Metallatoms M kompensieren.

[0013] Bevorzugt sind weiterhin Verbindungen gemäß Formel (1), dadurch gekennzeichnet, dass die Summe der Valenzelektronen um das Metallatom für Platin und Palladium 16 und für Iridium oder Rhodium 18 beträgt. Diese Bevorzugung ist durch die besondere Stabilität dieser Metallkomplexe begründet.

[0014] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht M für Iridium oder Platin. Besonders bevorzugt steht M für Iridium.

[0015] Wenn M für Platin oder Palladium steht, steht der Index n für 1 oder 2. Wenn der Index n = 1 ist, sind noch ein bidentater oder zwei monodentate Liganden L', bevorzugt ein bidentater Ligand L', an das Metall M koordiniert. Entsprechend ist für einen bidentaten Liganden L' der Index m = 1 und für zwei monodentate Liganden L' der Index m = 2. Wenn der Index n = 2 ist, ist der Index m = 0.

[0016] Wenn M für Iridium oder Rhodium steht, steht der Index n für 1, 2 oder 3, bevorzugt für 2 oder 3. Wenn der Index n = 1 ist, sind noch vier monodentate oder zwei bidentate oder ein bidentater und zwei monodentate oder ein tridentater und ein monodentater oder ein tetradentater Ligand L', bevorzugt zwei bidentate Liganden L', an das Metall koordiniert. Entsprechend ist der Index m, je nach Liganden L', gleich 1, 2, 3 oder 4. Wenn der Index n = 2 ist, sind noch ein bidentater oder zwei monodentate Liganden L', bevorzugt ein bidentater Ligand L', an das Metall koordiniert.

[0017] Entsprechend ist der Index m, je nach Liganden L', gleich 1 oder 2. Wenn der Index n = 3 ist, ist der Index m = 0.

[0018] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol X gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für CR¹.

[0019] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung stehen entweder alle Symbole X¹ gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für CR¹ oder alle Symbole X¹ stehen für N.

[0020] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol Q gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für R¹C=CR¹ oder R¹C=N, besonders bevorzugt für R¹C=CR¹.

[0021] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol V gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für O, S oder NR¹, besonders bevorzugt für S.

[0022] In einer weiteren bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol Y gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus C(=O) oder NR¹, besonders bevorzugt für eine Einfachbindung.

[0023] Es ist besonders bevorzugt, wenn die oben genannten Bevorzugungen gleichzeitig gelten. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung gilt daher für die verwendeten Symbole:

M ist Iridium oder Platin, besonders bevorzugt Iridium;

X ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹;

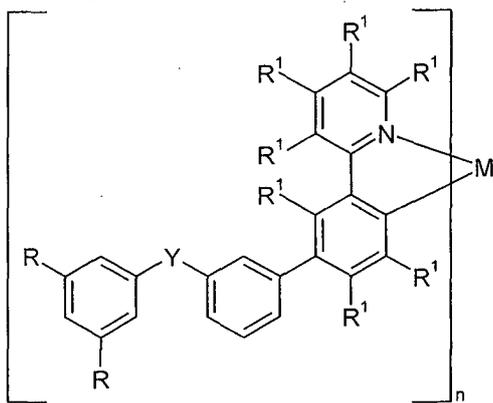
X¹ ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder alle Symbole X¹ stehen für N;

Q ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten R¹C=CR¹ oder R¹C=N, besonders bevorzugt R¹C=CR¹;

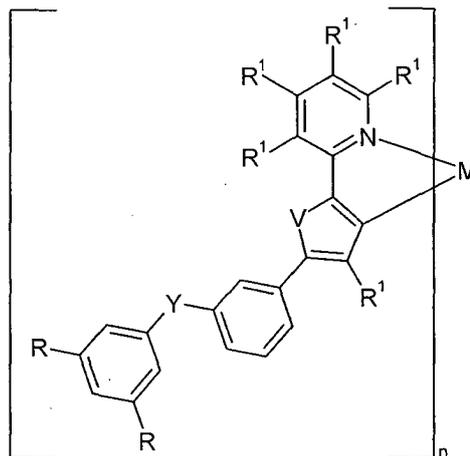
V ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten O, S oder NR¹, besonders bevorzugt S;

Y ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus C(=O) oder NR¹, besonders bevorzugt eine Einfachbindung.

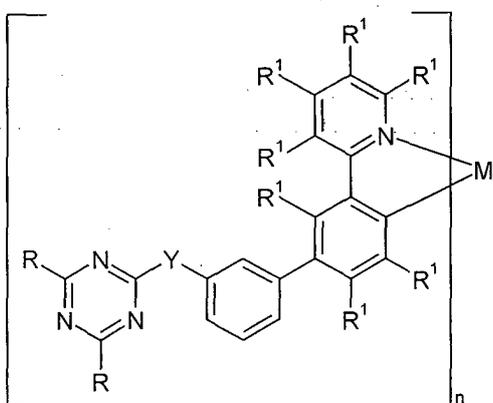
[0024] In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung sind die Teilstrukturen der Formel (2) oder (3) daher ausgewählt aus den Teilstrukturen der folgenden Formeln (4), (5), (6) oder (7),



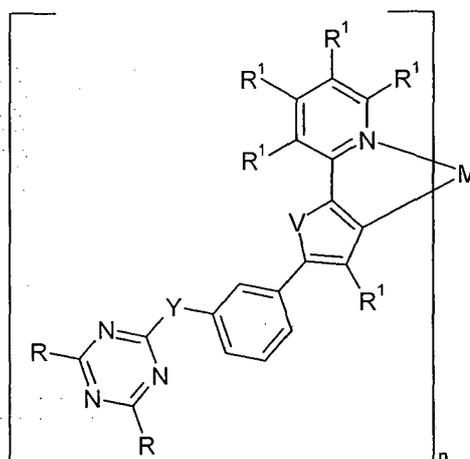
Formel (4)



Formel (5)



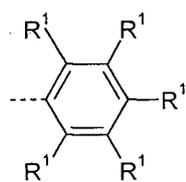
Formel (6)



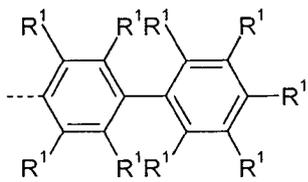
Formel (7)

wobei die verwendeten Symbole und Indizes die oben genannten Bedeutungen aufweisen, insbesondere die oben genannten bevorzugten Bedeutungen.

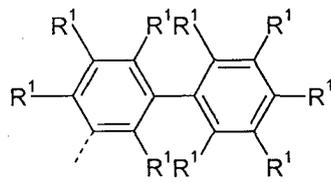
[0025] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol R gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für eine geradkettige Alkylgruppe mit 1 bis 10 C-Atomen oder für eine verzweigte oder cyclische Alkylgruppe mit 3 bis 10 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R¹ substituiert sein kann und wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch O ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D, F oder CN ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 30 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R² substituiert sein kann. In einer besonders bevorzugten Ausführungsform der Erfindung steht das Symbol R gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 20 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein kann. Ganz besonders bevorzugt ist die Gruppe R ausgewählt aus den Gruppen der folgenden Formeln (8) bis (24),



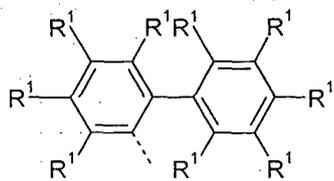
Formel (8)



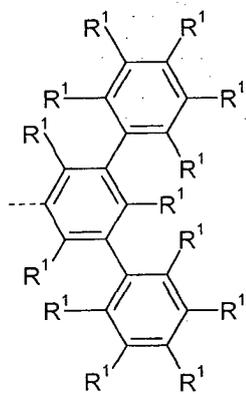
Formel (9)



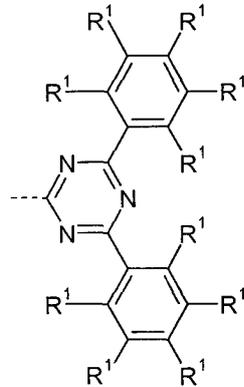
Formel (10)



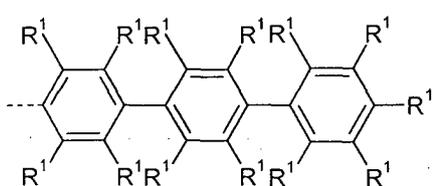
Formel (11)



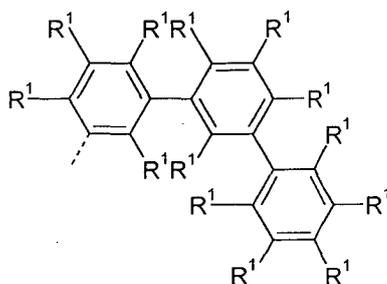
Formel (12)



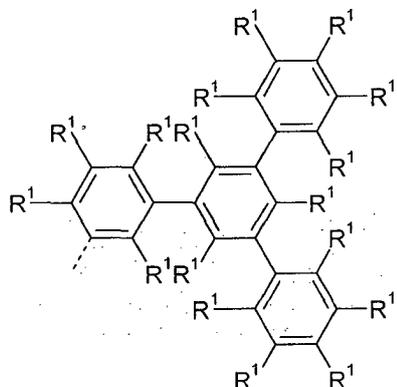
Formel (13)



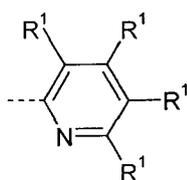
Formel (14)



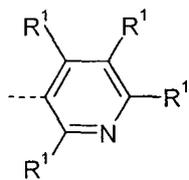
Formel (15)



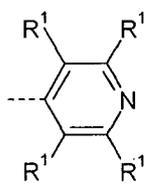
Formel (16)



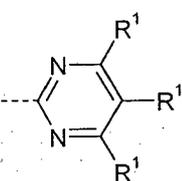
Formel (17)



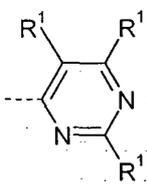
Formel (18)



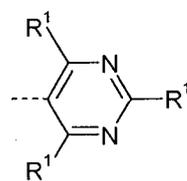
Formel (19)



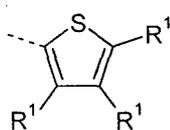
Formel (20)



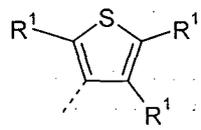
Formel (21)



Formel (22)



Formel (23)



Formel (24)

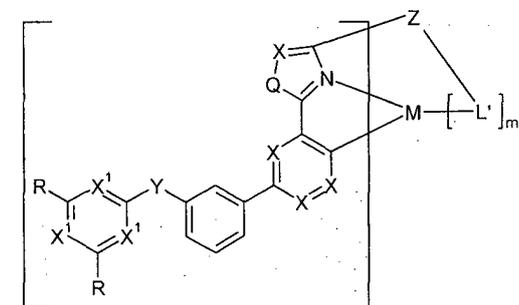
wobei die verwendeten Symbole die oben genannten Bedeutungen aufweisen und die gestrichelte Bindung die Position der Bindung dieser Gruppe angibt.

[0026] In einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Verbindungen steht einer der Reste R^1 , entweder in den Verbindungen der Formel (4) bis (7) oder in den Gruppen R der Formel (8) bis (24) für eine Styrylgruppe bzw. für eine endständige Alkenylgruppe. Derartige Gruppen eignen sich für die Vernetzung der erfindungsgemäßen Verbindungen in der Schicht. Eine solche Vernetzung kann sinnvoll sein, um Mehrschichtdevices aus Lösung herstellen zu können.

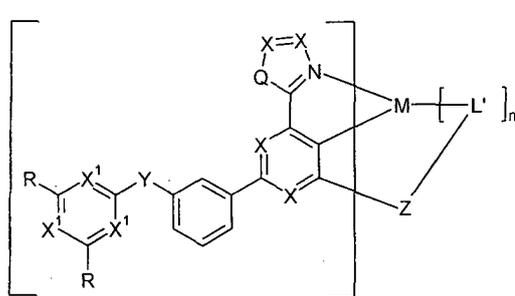
[0027] Wie oben beschrieben, kann auch statt einem der Reste R^1 eine verbrückende Einheit Z vorhanden sein, die diesen Liganden L mit einem oder mehreren weiteren Liganden L bzw. L' verknüpft. In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung ist statt einem der Reste R^1 eine verbrückende Einheit Z vorhanden,

sodass die Liganden dreizähligen oder mehrzähligen oder polypodalen Charakter aufweisen. Es können auch zwei solcher verbrückenden Einheiten Z vorhanden sein. Dies führt zur Bildung makrocyclischer Liganden bzw. zur Bildung von Kryptaten.

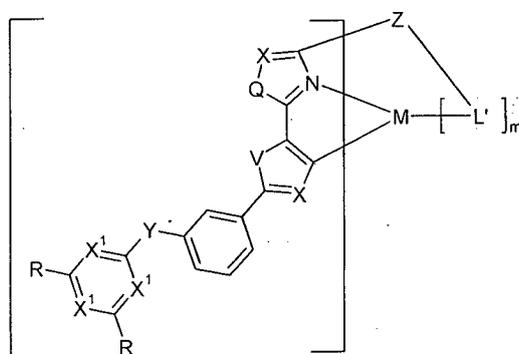
[0028] Bevorzugte Strukturen mit mehrzähligen Liganden bzw. mit polydentaten Liganden sind die Metallkomplexe der folgenden Formeln (25) bis (28),



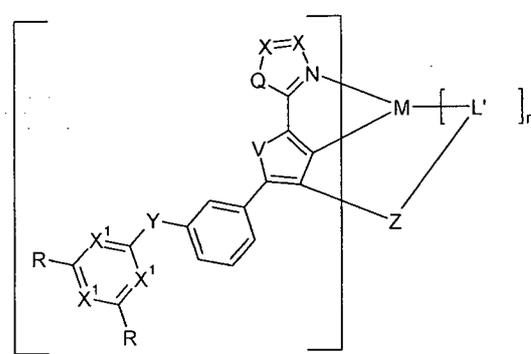
Formel (25)



Formel (26)



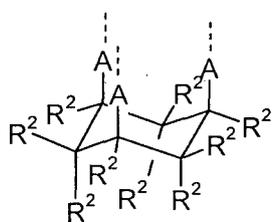
Formel (27)



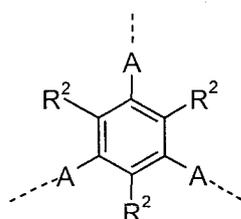
Formel (28)

wobei die verwendeten Symbole die oben genannten Bedeutungen aufweisen und Z bevorzugt eine verbrückende Einheit darstellt, enthaltend 1 bis 80 Atome aus der dritten, vierten, fünften und/oder sechsten Hauptgruppe (Gruppe 13, 14, 15 oder 16 gemäß IUPAC) oder einen 3- bis 6-gliedrigen Homo- oder Heterocyclus, die die Teilliganden L miteinander oder L mit L' miteinander kovalent verbindet. Dabei kann die verbrückende Einheit V auch unsymmetrisch aufgebaut sein, d. h. die Verknüpfung von Z zu L bzw. L' muss nicht identisch sein. Die verbrückende Einheit Z kann neutral, einfach, zweifach oder dreifach negativ oder einfach, zweifach oder dreifach positiv geladen sein. Bevorzugt ist Z neutral oder einfach negativ oder einfach positiv geladen. Dabei wird die Ladung von Z bevorzugt so gewählt, dass insgesamt ein neutraler Komplex entsteht.

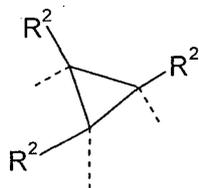
[0029] Wenn Z eine trivalente Gruppe ist, also drei Liganden L miteinander bzw. zwei Liganden L mit L' oder einen Liganden L mit zwei Liganden L' verbrückt, ist Z bevorzugt gleich oder verschieden bei jedem Auftreten gewählt aus der Gruppe bestehend aus B, B(R²)⁻, B(C(R²)₂)₃, (R²)B(C(R²)₂)₃⁻, B(O)₃, (R²)B(O)₃⁻, B(C(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)B(C(R²)₂C(R²)₂)₃⁻, B(C(R²)₂O)₃, (R²)B(C(R²)₂O)₃⁻, B(OC(R²)₂)₃, (R²)B(OC(R²)₂)₃⁻, O(R²), CO⁻, CN(R²)₂, (R²)C(C(R²)₂)₃, (R²)C(O)₃, (R²)C(C(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)C(C(R²)₂O)₃, (R²)C(OC(R²)₂)₃, (R²)C(Si(R²)₂)₃, (R²)C(Si(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)C(C(R²)₂Si(R²)₂)₃, (R²)C(Si(R²)₂Si(R²)₂)₃, Si(R²), (R²)Si(C(R²)₂)₃, (R²)Si(O)₃, (R²)Si(C(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)Si(OC(R²)₂)₃, (R²)Si(C(R²)₂O)₃, (R²)Si(Si(R²)₂)₃, (R²)Si(Si(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)Si(C(R²)₂Si(R²)₂)₃, (R²)Si(Si(R²)₂Si(R²)₂)₃, N, NO, N(R²)⁺, N(C(R²)₂)₃, (R²)N(C(R²)₂)₃⁺, N(C=O)₃, N(C(R²)₂C(R²)₂)₃, (R²)N(C(R²)₂C(R²)₂)₃⁺, P, P(R²)⁺, PO, PS, PSe, PTe, P(O)₃, PO(O)₃, P(OC(R²)₂)₃, PO(OC(R²)₂)₃, P(C(R²)₂)₃, P(R²)(O(R²)₂)₃⁺, PO(C(R²)₂)₃, P(C(R²)₂C(R²)₂)₃, P(R²)(C(R²)₂C(R²)₂)₃⁺, PO(C(R²)₂C(R²)₂)₃, S⁺, S(C(R²)₂)₃⁺, S(C(R²)₂C(R²)₂)₃⁺, oder eine Einheit gemäß Formel (29), (30), (31) oder (32),



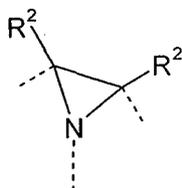
Formel (29)



Formel (30)



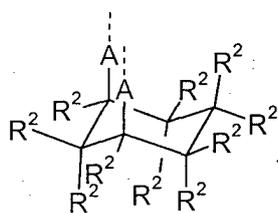
Formel (31)



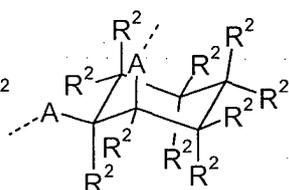
Formel (32)

wobei die gestrichelten Bindungen jeweils die Bindung zu den Teilliganden L bzw. L' andeuten und A gleich oder verschieden bei jedem Auftreten ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einer Einfachbindung, O, S, S(=O), S(=O)₂, NR², PR², P(=O)R², P(=NR²), C(R²)₂, C(=O), C(=NR²), C=C(R²)₂, Si(R²)₂ oder BR². Die weiteren verwendeten Symbole haben die oben genannten Bedeutungen.

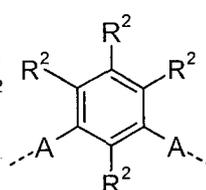
[0030] Wenn Z eine bivalente Gruppe ist, also zwei Liganden L miteinander bzw. einen Liganden L mit L' verbrückt, ist Z bevorzugt gleich oder verschieden bei jedem Auftreten gewählt aus der Gruppe bestehend aus BR², B(R²)₂⁻, C(R²)₂, C(=O), Si(R²)₂, NR², PR², P(R²)₂⁺, P(=O)(R²), P(=S)(R²), AsR², As(=O)(R²), As(=S)(R²), O, S, Se, oder eine Einheit gemäß Formel (33) bis (41),



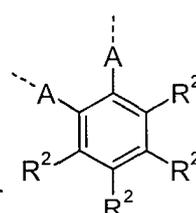
Formel (33)



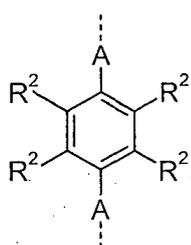
Formel (34)



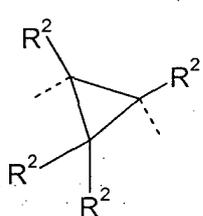
Formel (35)



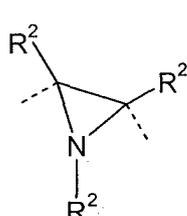
Formel (36)



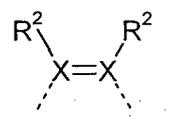
Formel (37)



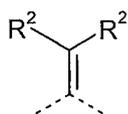
Formel (38)



Formel (39)



Formel (40)



Formel (41)

wobei die gestrichelten Bindungen jeweils die Bindung zu den Teilliganden L bzw. L' andeuten und die weiteren verwendeten Symbole jeweils die oben aufgeführten Bedeutungen haben.

[0031] Im Folgenden werden bevorzugte Liganden L beschrieben, wie sie in Formel (1) vorkommen. Entsprechend können auch die Ligandengruppen L' gewählt sein, wenn diese über eine verbrückende Einheit Z an L gebunden sind.

[0032] Die Liganden L' sind bevorzugt neutrale, monoanionische, dianionische oder trianionische Liganden, besonders bevorzugt neutrale oder monoanionische Liganden. Sie können monodentat, bidentat, tridentat oder tetradentat sein und sind bevorzugt bidentat, weisen also bevorzugt zwei Koordinationsstellen auf. Wie oben beschrieben, können die Liganden L' auch über eine verbrückende Gruppe Z an L gebunden sein.

[0033] Bevorzugte neutrale, monodentate Liganden L' sind ausgewählt aus Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Alkylcyaniden, wie z. B. Acetonitril, Arylcyaniden, wie z. B. Benzonitril, Alkylisocyaniden, wie z. B. Methylisocyanid, Arylisocyaniden, wie z. B. Benzoisocyanid, Aminen, wie z. B. Trimethylamin, Triethylamin, Morpholin, Phosphinen insbesondere Halogenphosphine, Trialkylphosphine, Triarylphosphine oder Alkylarylphosphine, wie z. B. Trifluorphosphin, Trimethylphosphin, Tricyclohexylphosphin, Tri-tert-butylphosphin, Triphenylphosphin, Tris(pentafluorphenyl)phosphin, Phosphiten, wie z. B. Trimethylphosphit, Triethylphosphit, Arsinen, wie z. B. Trifluorarsin, Trimethylarsin, Tricyclohexylarsin, Tri-tert-butylarsin, Triphenylarsin, Tris(pentafluorphenyl)arsin, Stibinen, wie z. B. Trifluorstibin, Trimethylstibin, Tricyclohexylstibin, Tri-tert-butylstibin, Triphenylstibin, Tris(pentafluorphenyl)stibin, stickstoffhaltigen Heterocyclen, wie z. B. Pyridin, Pyridazin, Pyrazin, Pyrimidin, Triazin, und Carbenen, insbesondere Arduengo-Carbenen.

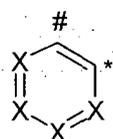
[0034] Bevorzugte monoanionische, monodentate Liganden L' sind ausgewählt aus Hydrid, Deuterid, den Halogeniden F⁻, Cl⁻, Br⁻ und I⁻, Alkylacetyliden, wie z. B. Methyl-C≡C⁻, tert-Butyl-C≡C⁻, Arylacetyliden, wie z. B. Phenyl-C≡C⁻ Cyanid, Cyanat, Isocyanat, Thiocyanat, Isothiocyanat, aliphatischen oder aromatischen Alkoholaten, wie z. B. Methanolat, Ethanolat, Propanolat, iso-Propanolat, tert-Butylat, Phenolat, aliphatischen oder aromatischen Thioalkoholaten, wie z. B. Methanthiolat, Ethanthiolat, Propanthiolat, iso-Propanthiolat, tert-Thiobutylat, Thiophenolat, Amiden, wie z. B. Dimethylamid, Diethylamid, Di-iso-propylamid, Morpholid, Carboxylaten, wie z. B. Acetat, Trifluoracetat, Propionat, Benzoat, Arylgruppen, wie z. B. Phenyl, Naphthyl, und anionischen, stickstoffhaltigen Heterocyclen, wie Pyrrolid, Imidazolid, Pyrazolid. Dabei sind die Alkylgruppen in diesen Gruppen bevorzugt C₁-C₂₀-Alkylgruppen, besonders bevorzugt C₁-C₁₀-Alkylgruppen, ganz besonders bevorzugt C₁-C₄-Alkylgruppen. Unter einer Arylgruppe werden auch Heteroarylgruppen verstanden. Diese Gruppen sind wie oben definiert.

[0035] Bevorzugte di- bzw. trianionische Liganden sind O²⁻, S²⁻, Carbide, welche zu einer Koordination der Form R-C≡M führen, und Nitrene, welche zu einer Koordination der Form R-N=M führen, wobei R allgemein für einen Substituenten steht, oder N³⁻.

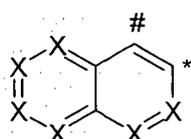
[0036] Bevorzugte neutrale oder mono- oder dianionische, bidentate oder höherdentate Liganden L' sind ausgewählt aus Diaminen, wie z. B. Ethylendiamin, N,N,N',N'-Tetramethylethylendiamin, Propylendiamin, N, N,N',N'-Tetramethylpropylendiamin, cis- oder trans-Diaminocyclohexan, cis- oder trans-N,N,N',N'-Tetramethyldiaminocyclohexan, Iminen, wie z. B. 2[(1-(Phenylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(2-Methylphenylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(2,6-Di-iso-propylphenylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(Methylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(ethylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(Iso-Propylimino)ethyl)pyridin], 2[(1-(Tert-Butylimino)ethyl)pyridin], Diminen, wie z. B. 1,2-Bis(methylimino)ethan, 1,2-Bis(ethylimino)ethan, 1,2-Bis(iso-propylimino)ethan, 1,2-Bis(tert-butylimino)ethan, 2,3-Bis(methylimino)butan, 2,3-Bis(ethylimino)butan, 2,3-Bis(iso-propylimino)butan, 2,3-Bis(tert-butylimino)butan, 1,2-Bis(phenylimino)ethan, 1,2-Bis(2-methylphenylimino)ethan, 1,2-Bis(2,6-di-iso-propylphenylimino)ethan, 1,2-Bis(2,6-di-tert-butylphenylimino)ethan, 2,3-Bis(phenylimino)butan, 2,3-Bis(2-methylphenylimino)butan, 2,3-Bis(2,6-di-iso-propylphenylimino)butan, 2,3-Bis(2,6-di-tert-butylphenylimino)butan, Heterocyclen enthaltend zwei Stickstoffatome, wie z. B. 2,2'-Bipyridin, o-Phenanthrolin, Diphosphinen, wie z. B. Bis-diphenylphosphinomethan, Bis-diphenylphosphinoethan, Bis(diphenylphosphino)propan, Bis(diphenylphosphino)butan, Bis(dimethylphosphino)methan, Bis(dimethylphosphino)ethan, Bis(dimethylphosphino)propan, Bis(diethylphosphino)methan, Bis(diethylphosphino)ethan, Bis(diethylphosphino)propan, Bis(di-tert-butylphosphino)methan, Bis(di-tert-butylphosphino)ethan, Bis(tert-butylphosphino)propan, 1,3-Diketonaten abgeleitet von 1,3-Diketonen, wie z. B. Acetylaceton, Benzoylaceton, 1,5-Diphenylacetylaceton, Dibenzoylmethan, Bis(1,1,1-trifluoracetyl) methan, 3-Ketonaten abgeleitet von 3-Ketoestern, wie z. B. Acetessigsäureethylester, Carboxylate, abgeleitet von Aminocarbonsäuren, wie z. B. Pyridin-2-carbonsäure, Chinolin-2-carbonsäure, Glycin, N,N-Dimethylglycin, Alanin, N,N-Dimethylaminoalanin, Salicyliminaten abgeleitet von Salicyliminen, wie z. B. Methylsalicylimin, Ethylsalicylimin, Phenylsalicylimin, Dialkoholaten abgeleitet von Dialkoholen, wie z. B. Ethylenglykol, 1,3-Propylenglykol und Dithiolaten abgeleitet von Dithiolen, wie z. B. 1,2-Ethylendithiol, 1,3-Propylendithiol.

[0037] Bevorzugte tridentate Liganden sind Borste stickstoffhaltiger Heterocyclen, wie z. B. Tetrakis(1-imidazolyl)borat und Tetrakis(1-pyrazolyl)borat.

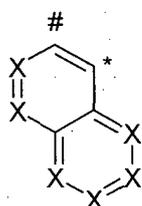
[0038] Besonders bevorzugt sind weiterhin bidentate monoanionische Liganden L', welche mit dem Metall einen cyclometallierten Fünfring oder Sechsring mit mindestens einer Metall-Kohlenstoff-Bindung aufweisen, insbesondere einen cyclometallierten Fünfring. Dies sind insbesondere Liganden, wie sie allgemein im Gebiet der phosphoreszierenden Metallkomplexe für organische Elektrolumineszenzvorrichtungen verwendet werden, also Liganden vom Typ Phenylpyridin, Naphthylpyridin, Phenylchinolin, Phenylisochinolin, etc., welche jeweils durch einen oder mehrere Reste R¹ bis R⁷ substituiert sein können. Dem Fachmann auf dem Gebiet der phosphoreszierenden Elektrolumineszenzvorrichtungen ist eine Vielzahl derartiger Liganden bekannt, und er kann ohne erfinderisches Zutun weitere derartige Liganden als Ligand L' für Verbindungen gemäß Formel (1) auswählen. Generell eignet sich dafür besonders die Kombination aus zwei Gruppen, wie sie durch die folgenden Formeln (42) bis (69) dargestellt sind, wobei eine Gruppe über ein neutrales Stickstoffatom oder ein Carbenatom bindet und die andere Gruppe über ein negativ geladenes Kohlenstoffatom oder ein negativ geladenes Stickstoffatom bindet. Der Ligand L' kann dann aus den Gruppen der Formeln (42) bis (69) gebildet werden, indem diese Gruppen jeweils an der durch # gekennzeichneten Position aneinander binden. Die Position, an der die Gruppen an das Metall koordinieren, sind durch * gekennzeichnet. Diese Gruppen können auch über eine oder zwei verbrückende Einheiten Z an den Liganden L gebunden sein.



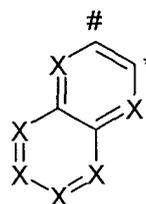
Formel (42)



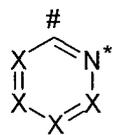
Formel (43)



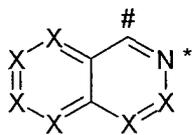
Formel (44)



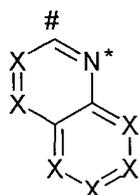
Formel (45)



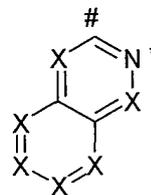
Formel (46)



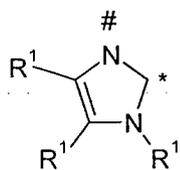
Formel (47)



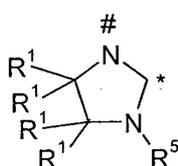
Formel (48)



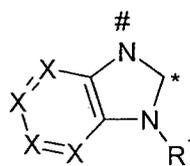
Formel (49)



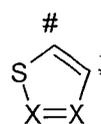
Formel (50)



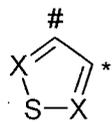
Formel (51)



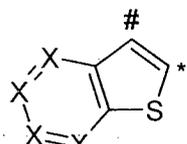
Formel (52)



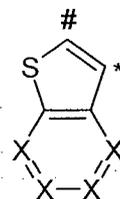
Formel (53)



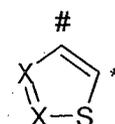
Formel (54)



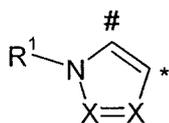
Formel (55)



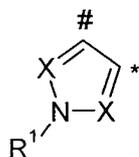
Formel (56)



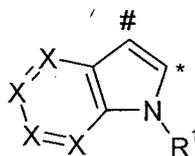
Formel (57)



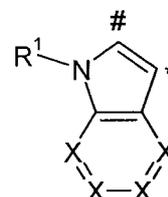
Formel (58)



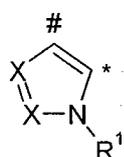
Formel (59)



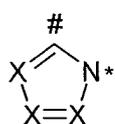
Formel (60)



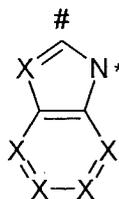
Formel (61)



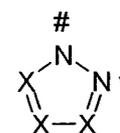
Formel (62)



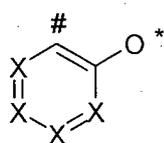
Formel (63)



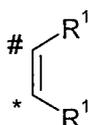
Formel (64)



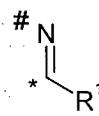
Formel (65)



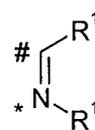
Formel (66)



Formel (67)



Formel (68)

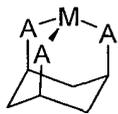


Formel (69)

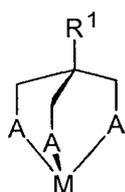
[0039] Dabei haben die verwendeten Symbole dieselbe Bedeutung wie oben beschrieben, und bevorzugt stehen maximal drei Symbole X in jeder Gruppe für N, besonders bevorzugt stehen maximal zwei Symbole X in jeder Gruppe für N, ganz besonders bevorzugt steht maximal ein Symbol X in jeder Gruppe für N. Insbesondere bevorzugt stehen alle Symbole X gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für CR¹.

[0040] Ebenfalls bevorzugte Liganden L' sind η⁵-Cyclopentadienyl, η⁵-Pentamethylcyclopentadienyl, η⁶-Benzol oder η⁷-Cycloheptatrienyl, welche jeweils durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein können.

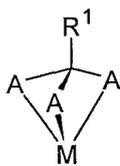
[0041] Ebenfalls bevorzugte Liganden L' sind 1,3,5-cis-Cyclohexanderivate, insbesondere der Formel (70), 1,1,1-Tri(methylen)methanderivate, insbesondere der Formel (71) und 1,1,1-trisubstituierte Methane, insbesondere der Formel (72) und (73),



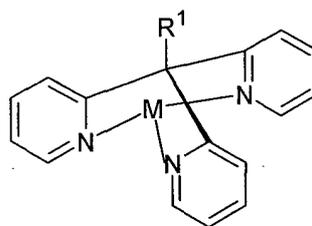
Formel (70)



Formel (71)



Formel (72)



Formel (73)

wobei in den Formeln jeweils die Koordination an das Metall M dargestellt ist, R^1 die oben genannte Bedeutung hat und A, gleich oder verschieden bei jedem Auftreten, für O^- , S^- , COO^- , $P(R^1)_2$ oder $N(R^1)_2$ steht.

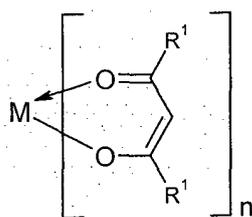
[0042] Bevorzugte Reste R^1 in den oben aufgeführten Strukturen der Formeln (2) bis (73) sind bei jedem Auftreten gleich oder verschieden ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus H, D, F, Br, $N(R^2)_2$, CN, $B(OR^2)_2$, $C(=O)R^2$, $P(=O)(R^2)_2$, einer geradkettigen Alkylgruppe mit 1 bis 10 C-Atomen oder einer geradkettigen Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 10 C-Atomen oder einer verzweigten oder cyclischen Alkyl-, Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 3 bis 10 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R^2 substituiert sein kann, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 14 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^2 substituiert sein kann; dabei können mehrere Reste R^1 auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches, aromatisches und/oder benzoannelliertes Ringsystem bilden. Besonders bevorzugte Reste R^1 sind bei jedem Auftreten gleich oder verschieden ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus H, F, Br, CN, $B(OR^2)_2$, einer geradkettigen Alkylgruppe mit 1 bis 6 C-Atomen, insbesondere Methyl, oder einer verzweigten oder cyclischen Alkylgruppe mit 3 bis 10 C-Atomen, insbesondere iso-Propyl oder tert-Butyl, wobei ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 12 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^2 substituiert sein kann; dabei können mehrere Reste R^1 auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches, aromatisches und/oder benzoannelliertes Ringsystem bilden.

[0043] Die erfindungsgemäßen Metallkomplexe sind prinzipiell durch verschiedene Verfahren darstellbar. Es haben sich jedoch die im Folgenden beschriebenen Verfahren als besonders geeignet herausgestellt.

[0044] Daher ist ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zur Herstellung der Metallkomplex-Verbindungen gemäß Formel (1) durch Umsetzung der entsprechenden freien Liganden mit Metallalkoholaten der Formel (74), mit Metallketoketonaten der Formel (75) oder mit Metallhalogeniden der Formel (76),



Formel (74)



Formel (75)



Formel (76)

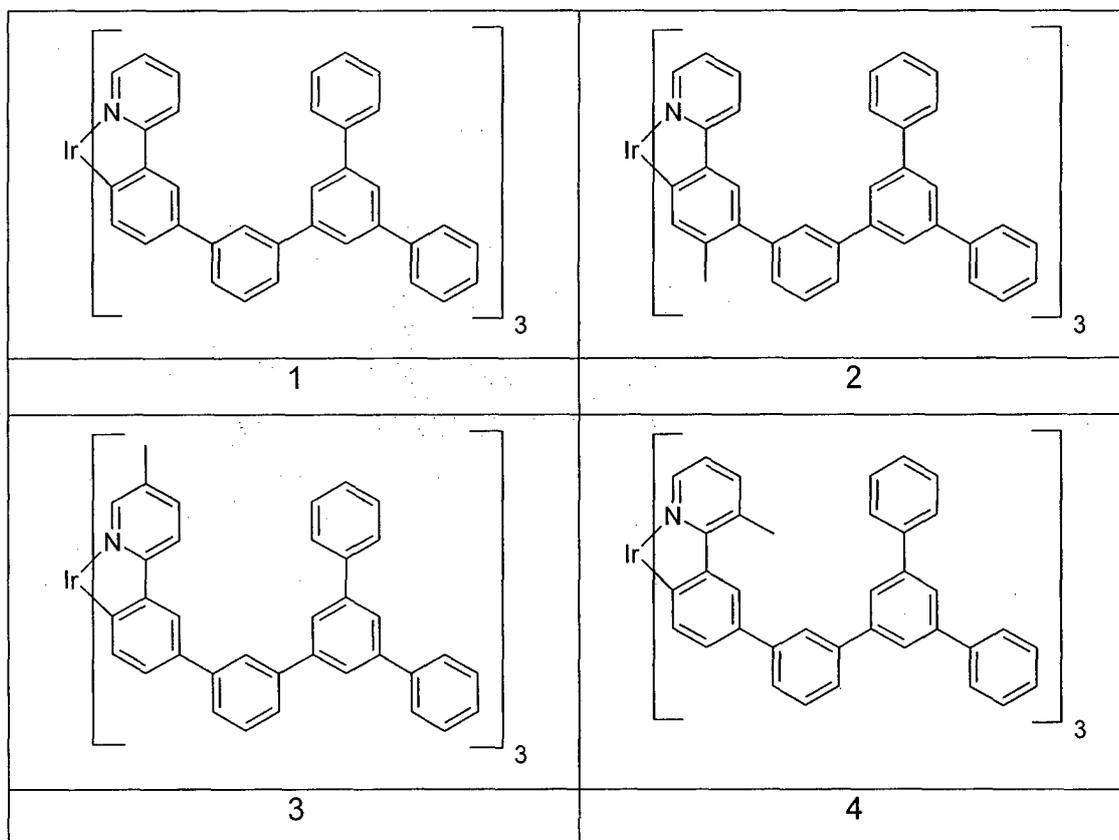
wobei die Symbole M, n und R^1 die oben angegebenen Bedeutungen haben und Hal = F, Cl, Br oder I ist.

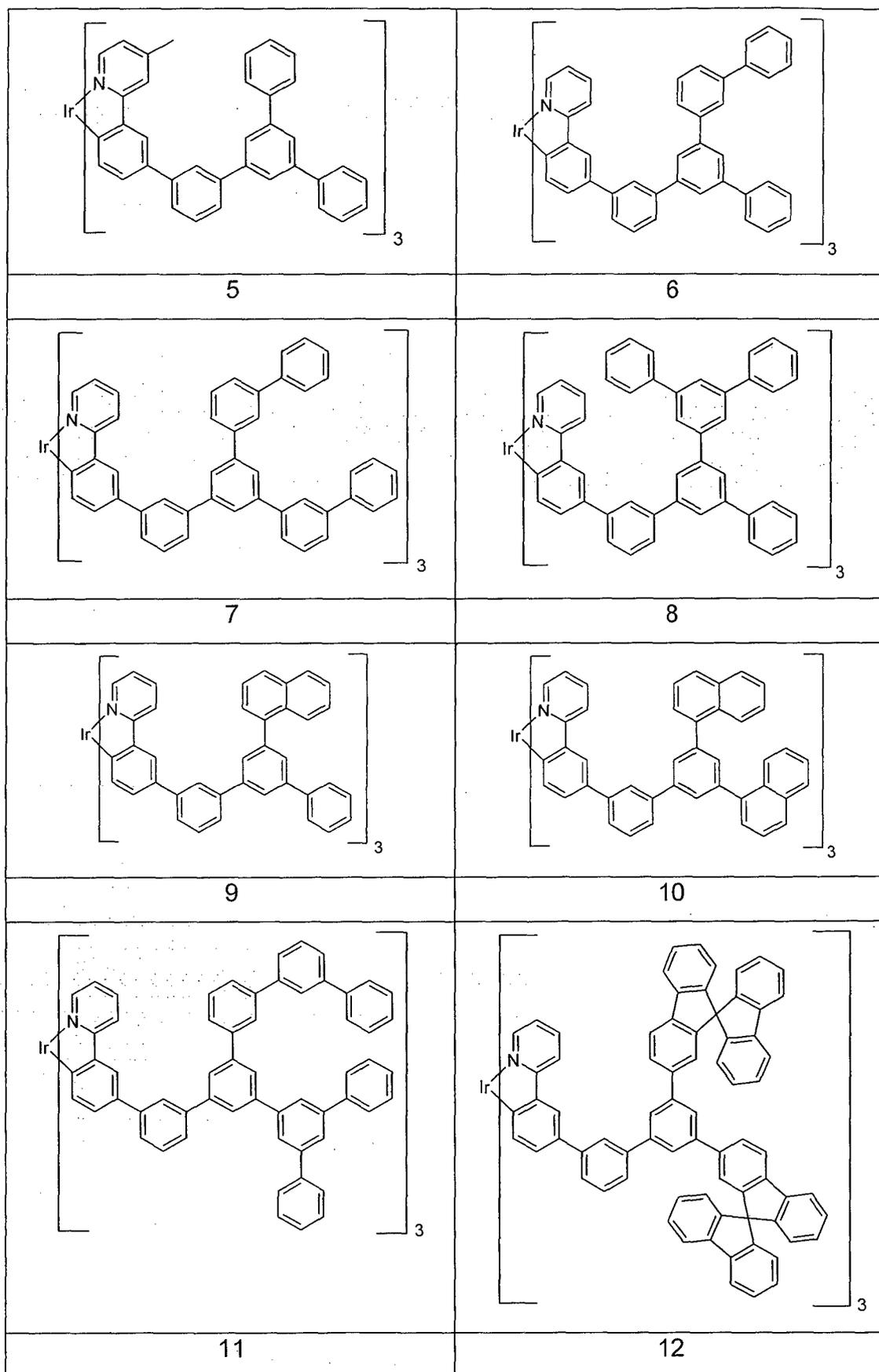
[0045] Es können ebenfalls Metallverbindungen, insbesondere Iridiumverbindungen, die sowohl Alkoholat- und/oder Halogenid- und/oder Hydroxy- wie auch Ketoketonatreste tragen, verwendet werden. Diese Verbindungen können auch geladen sein. Entsprechende Iridiumverbindungen, die als Edukte besonders geeignet sind, sind in WO 04/085449 offenbart. Besonders geeignet ist $[IrCl_2(acac)_2]^-$, beispielsweise $Na[IrCl_2(acac)_2]$.

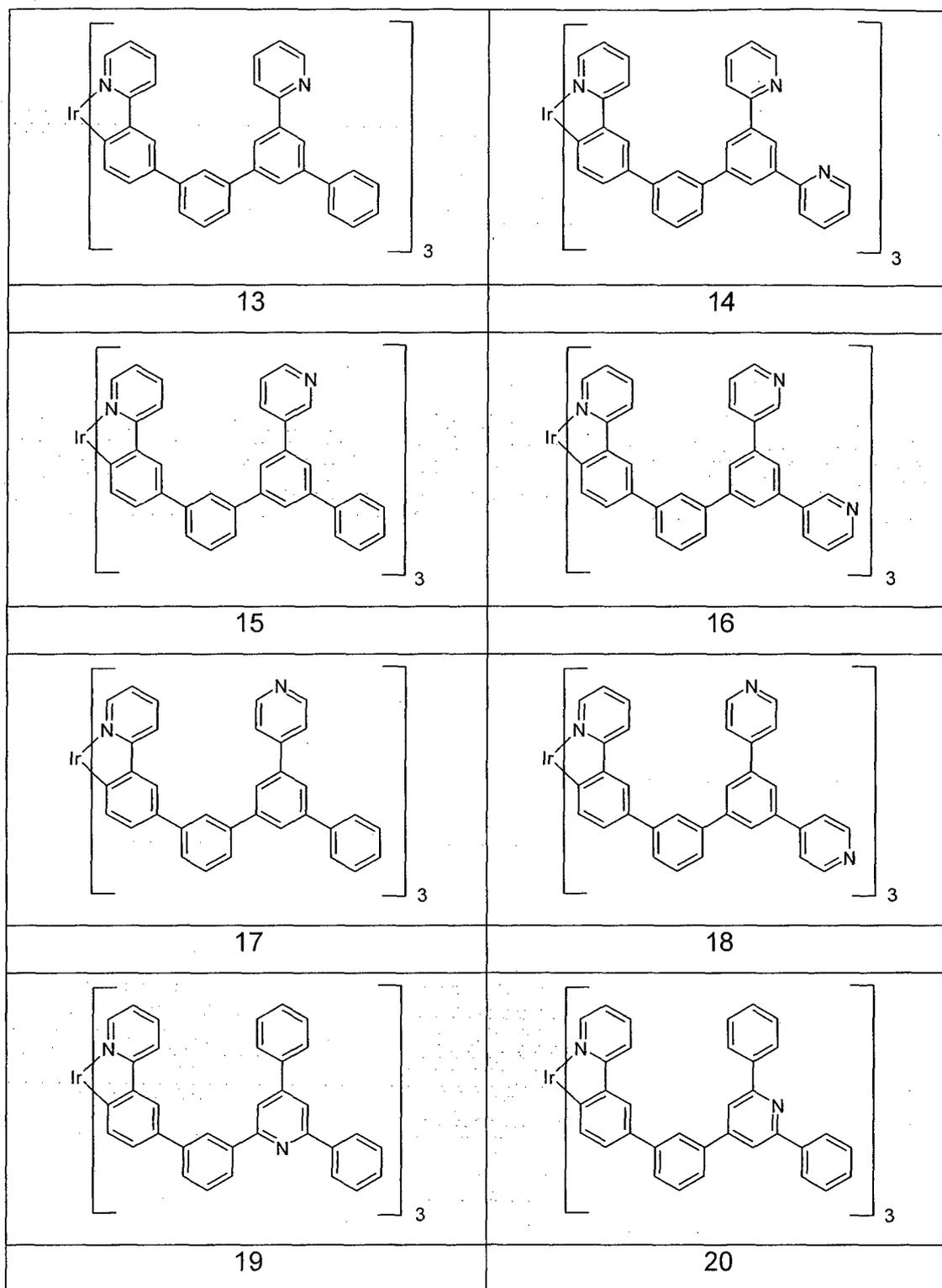
[0046] Die Synthese der Komplexe wird bevorzugt durchgeführt wie in WO 02/060910 und in WO 04/085449 beschrieben. Heteroleptische Komplexe können beispielsweise auch gemäß WO 05/042548 synthetisiert werden. Dabei kann die Synthese beispielsweise auch thermisch, photochemisch und/oder durch Mikrowellenstrahlung aktiviert werden.

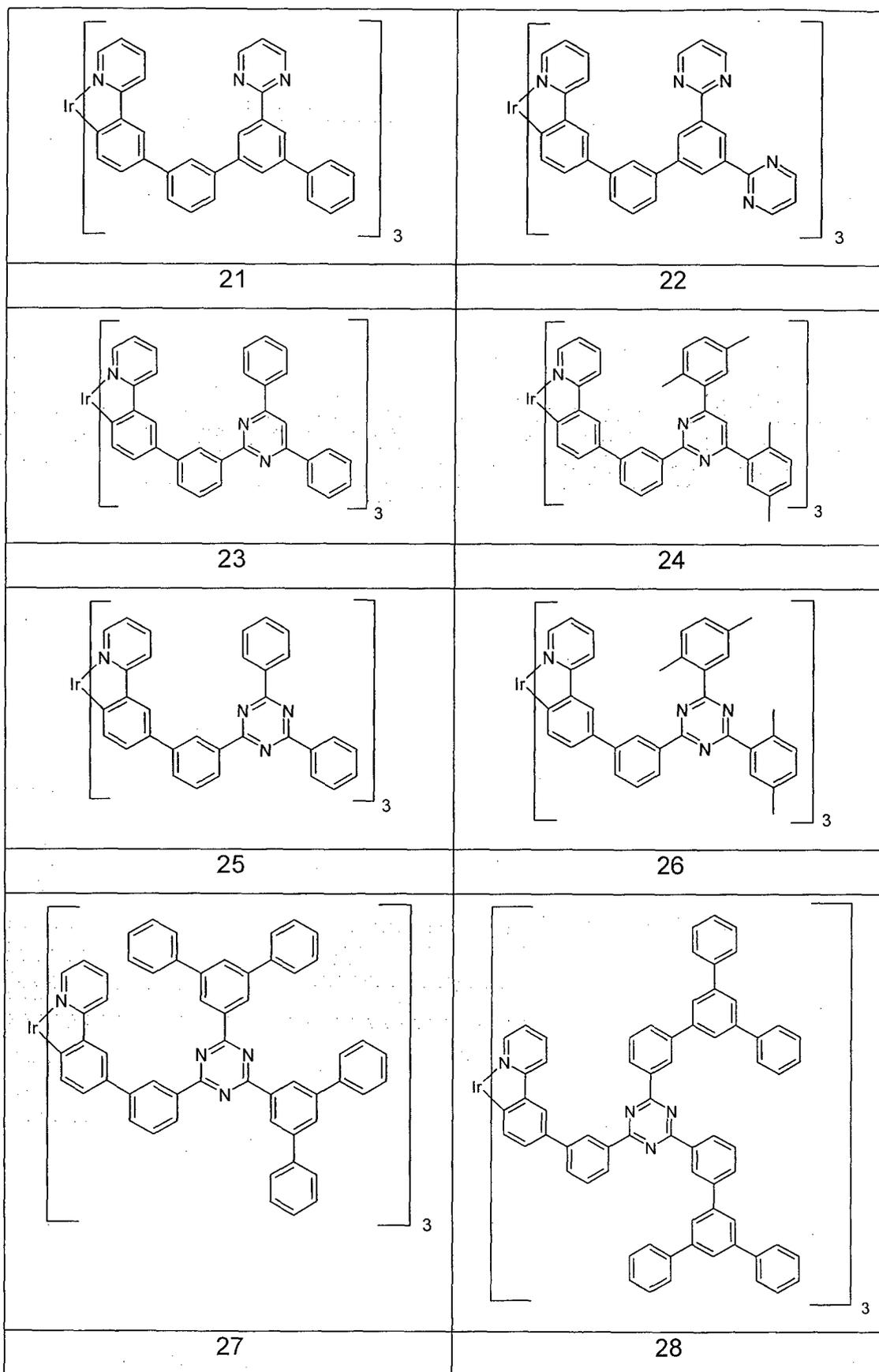
[0047] Durch diese Verfahren lassen sich die erfindungsgemäßen Verbindungen gemäß Formel (1) in hoher Reinheit, bevorzugt mehr als 99% (bestimmt mittels $^1\text{H-NMR}$ und/oder HPLC) erhalten.

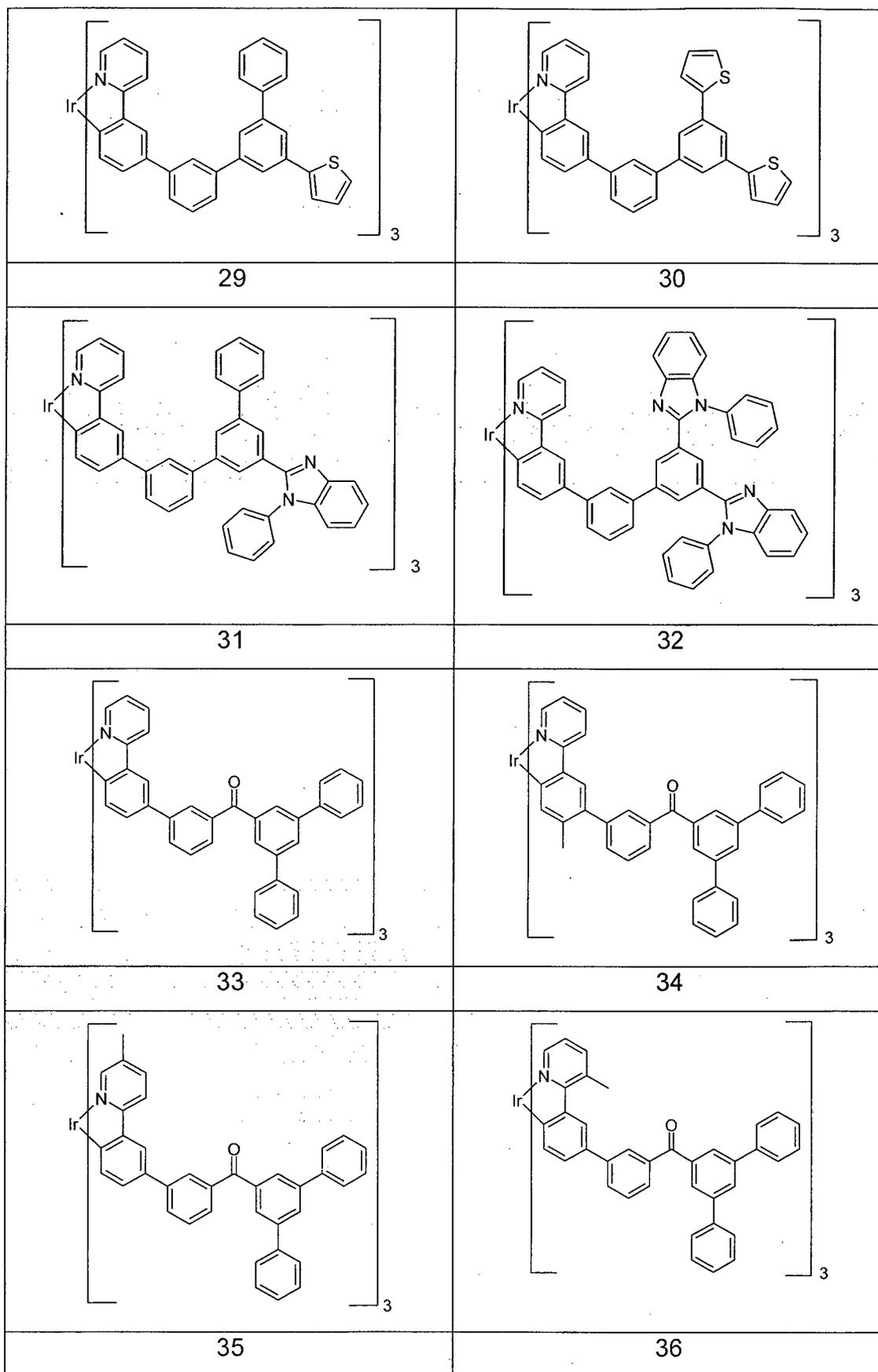
[0048] Mit den hier erläuterten Synthesemethoden lassen sich unter anderem die im Folgenden dargestellten erfindungsgemäßen Strukturen 1 bis 142 herstellen.

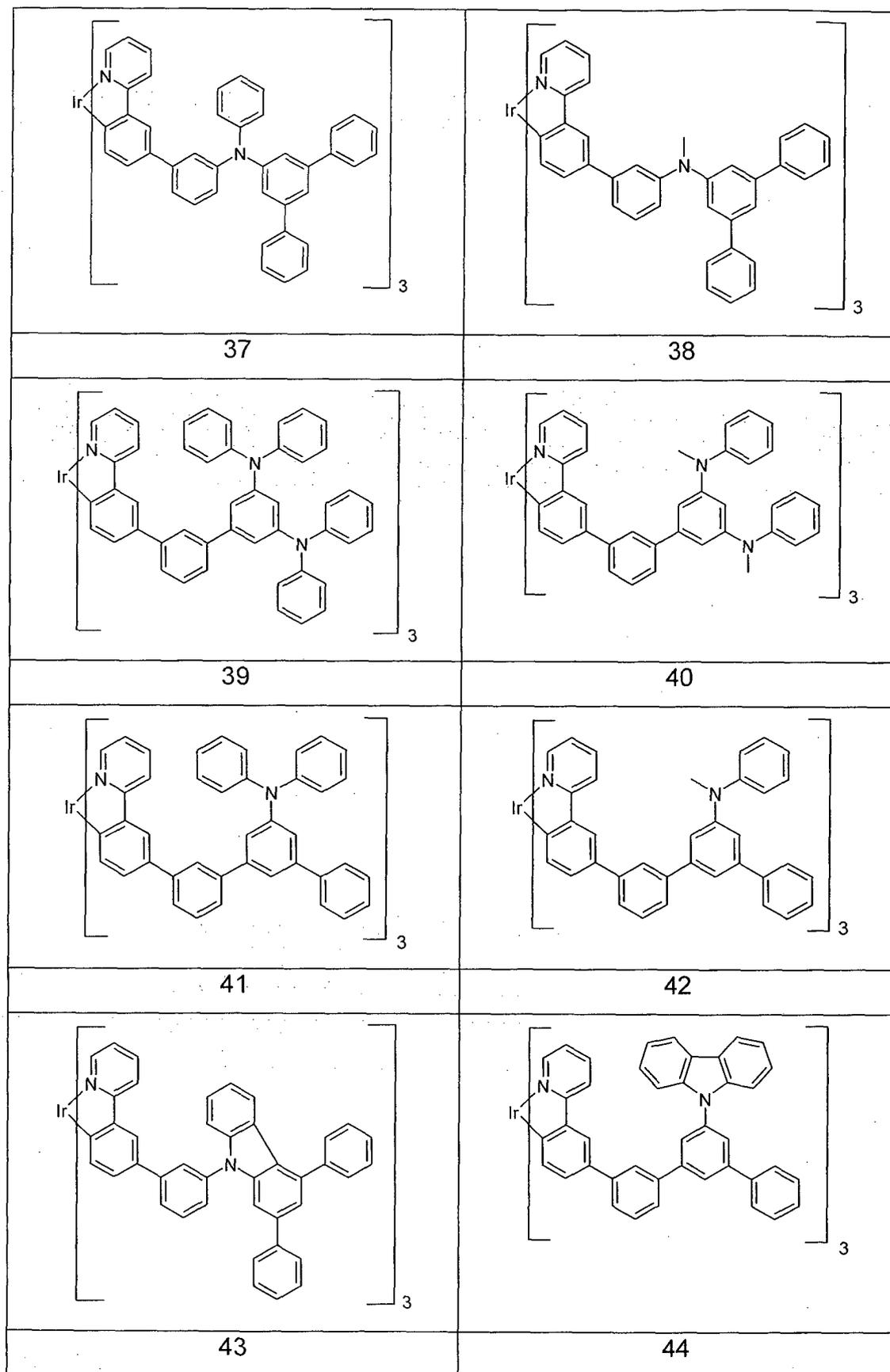


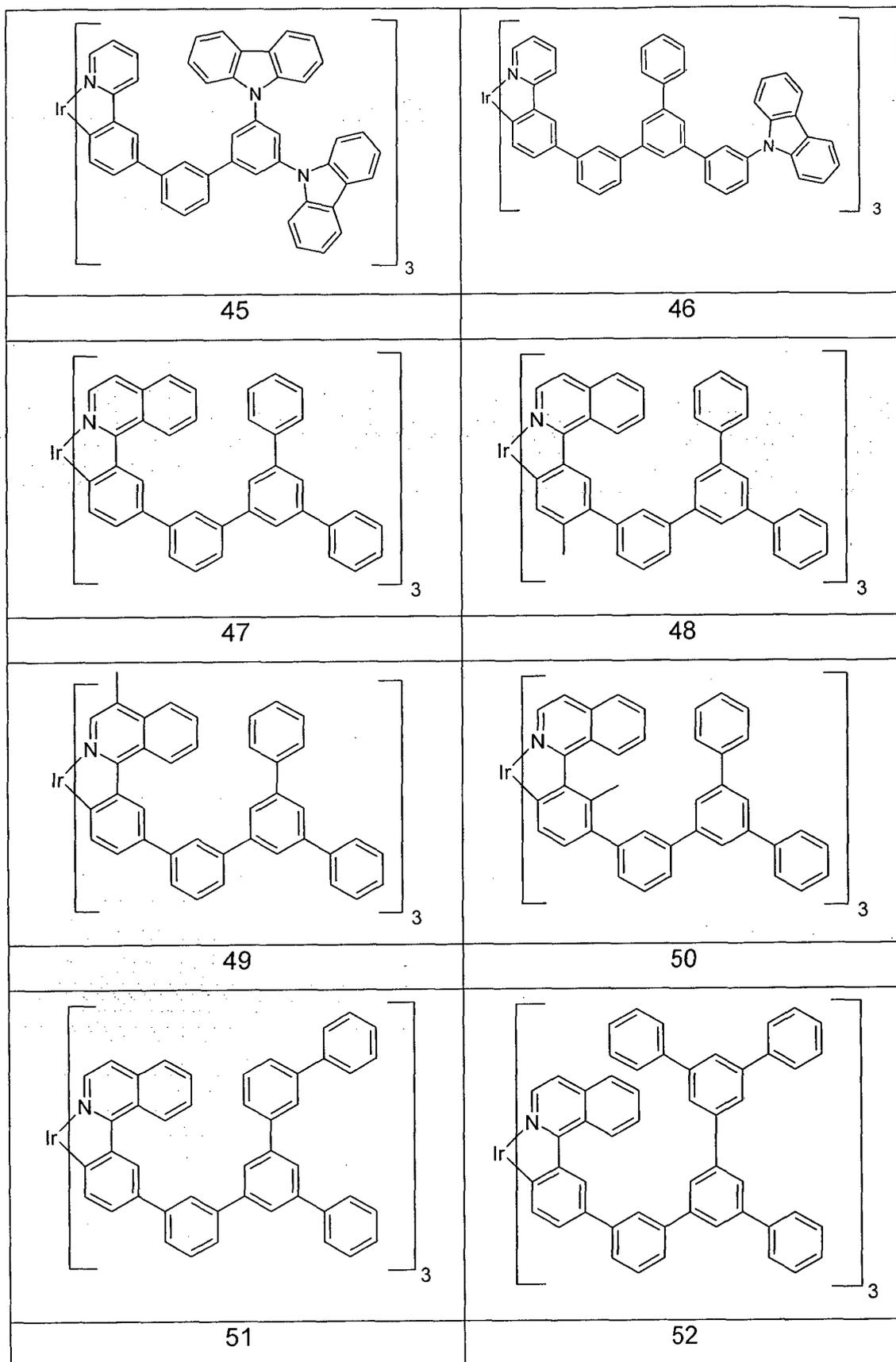


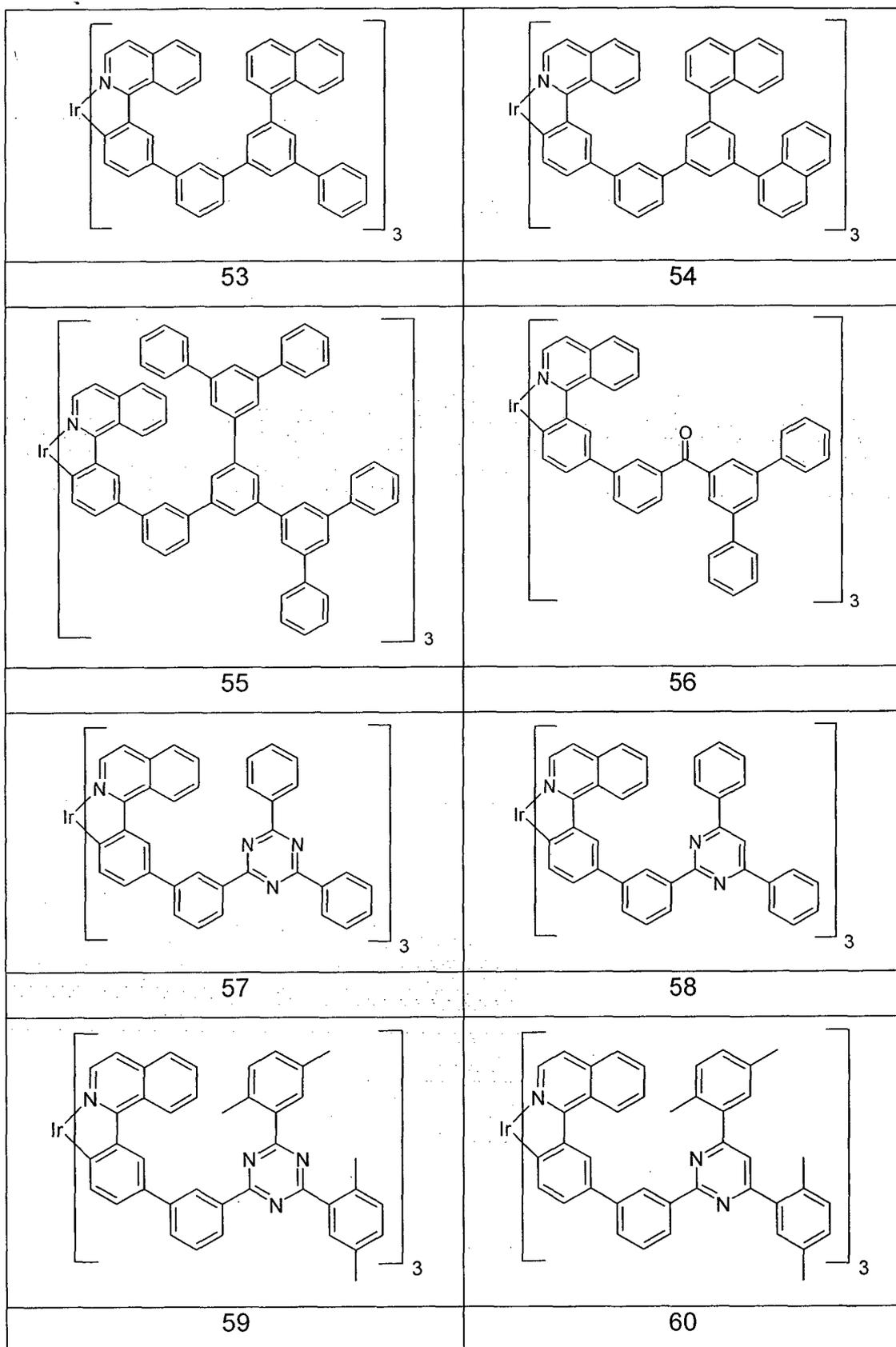


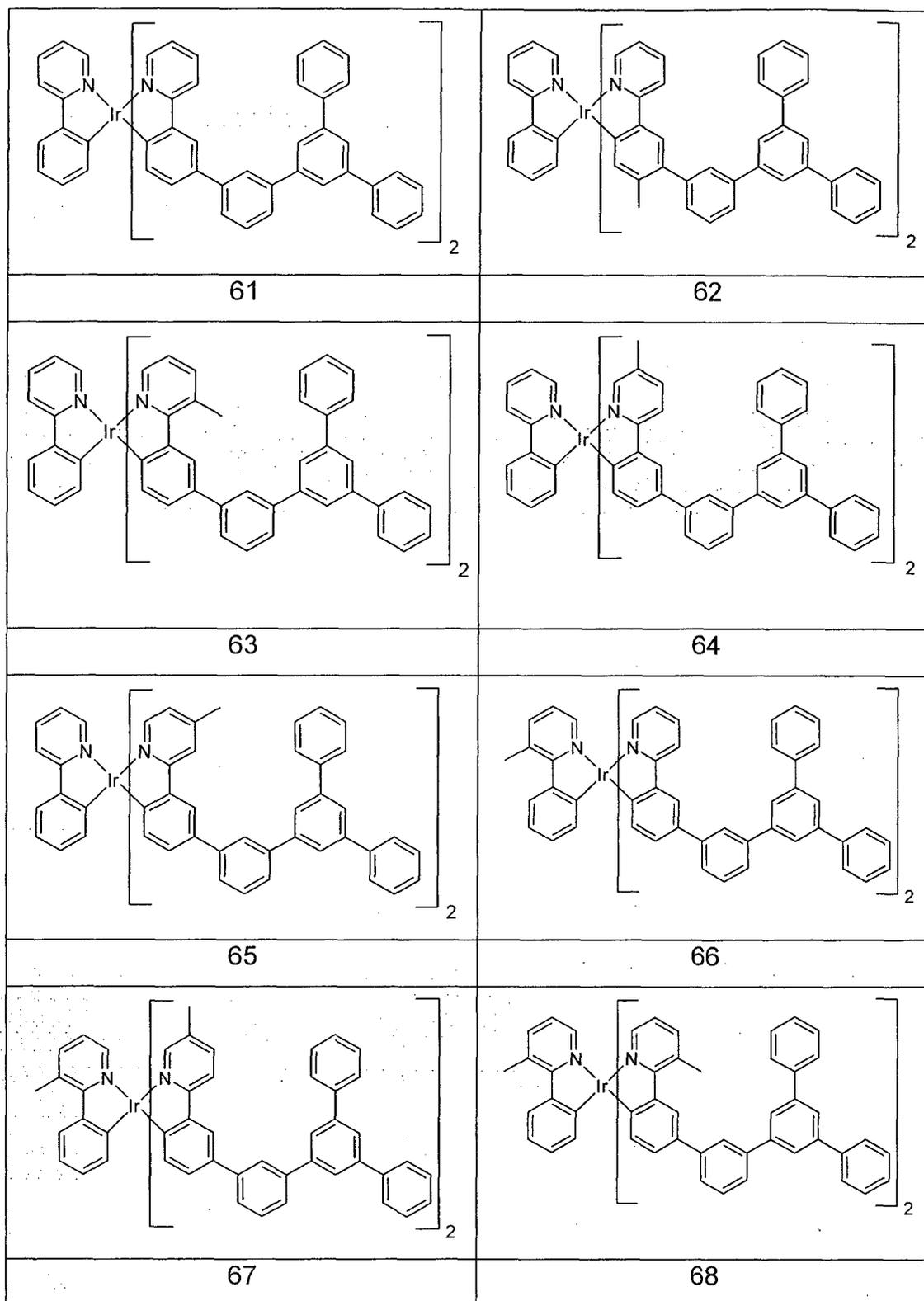


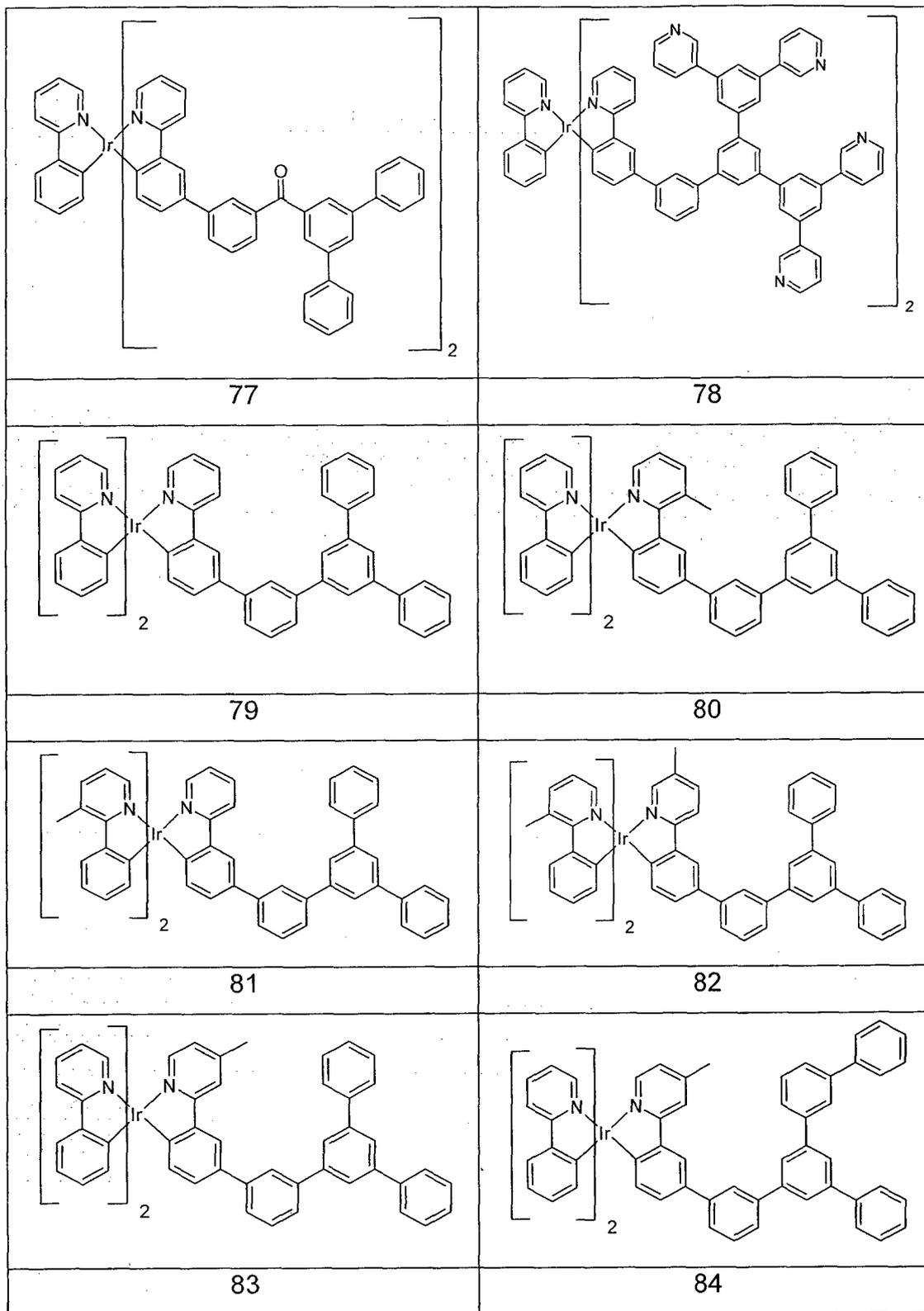


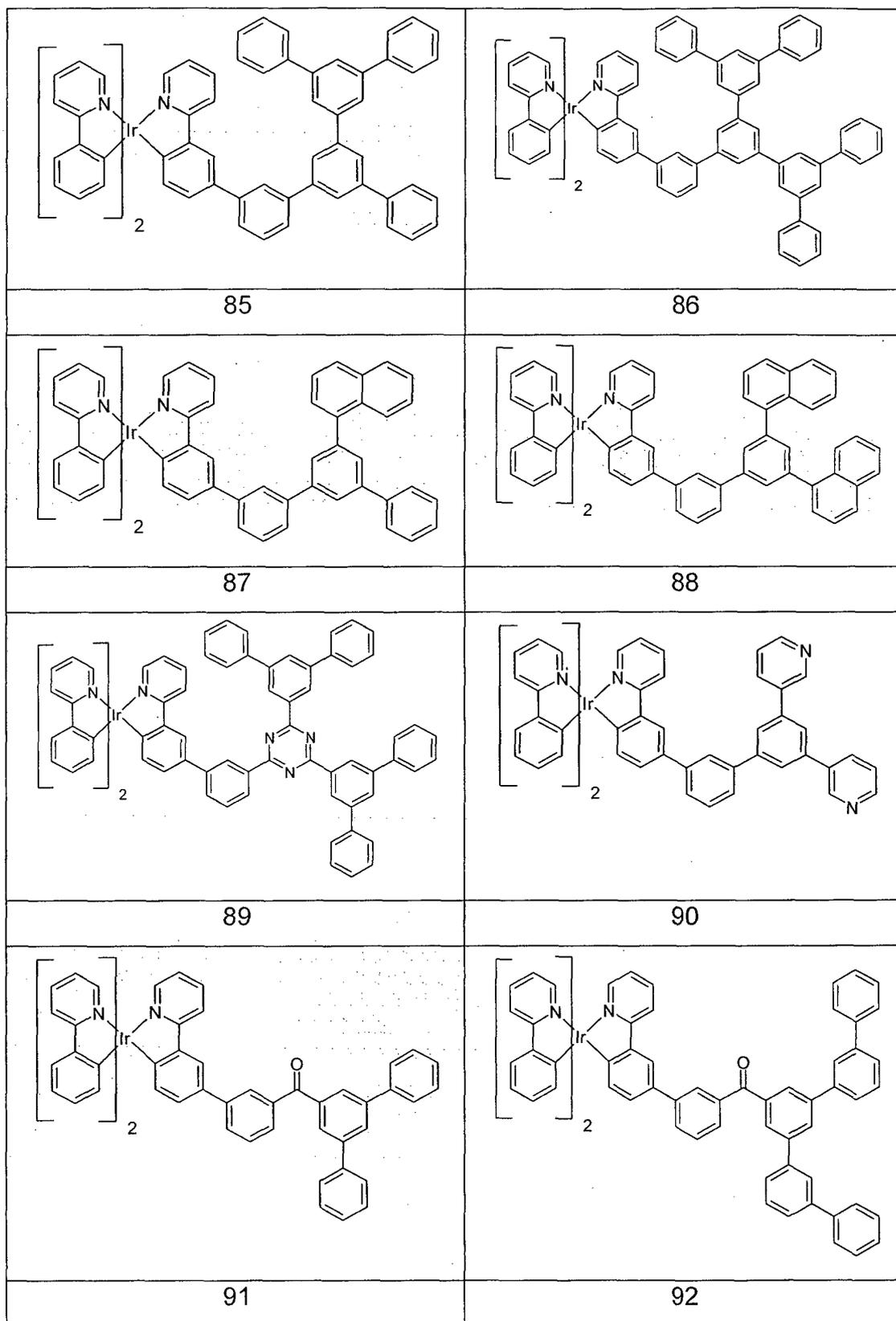


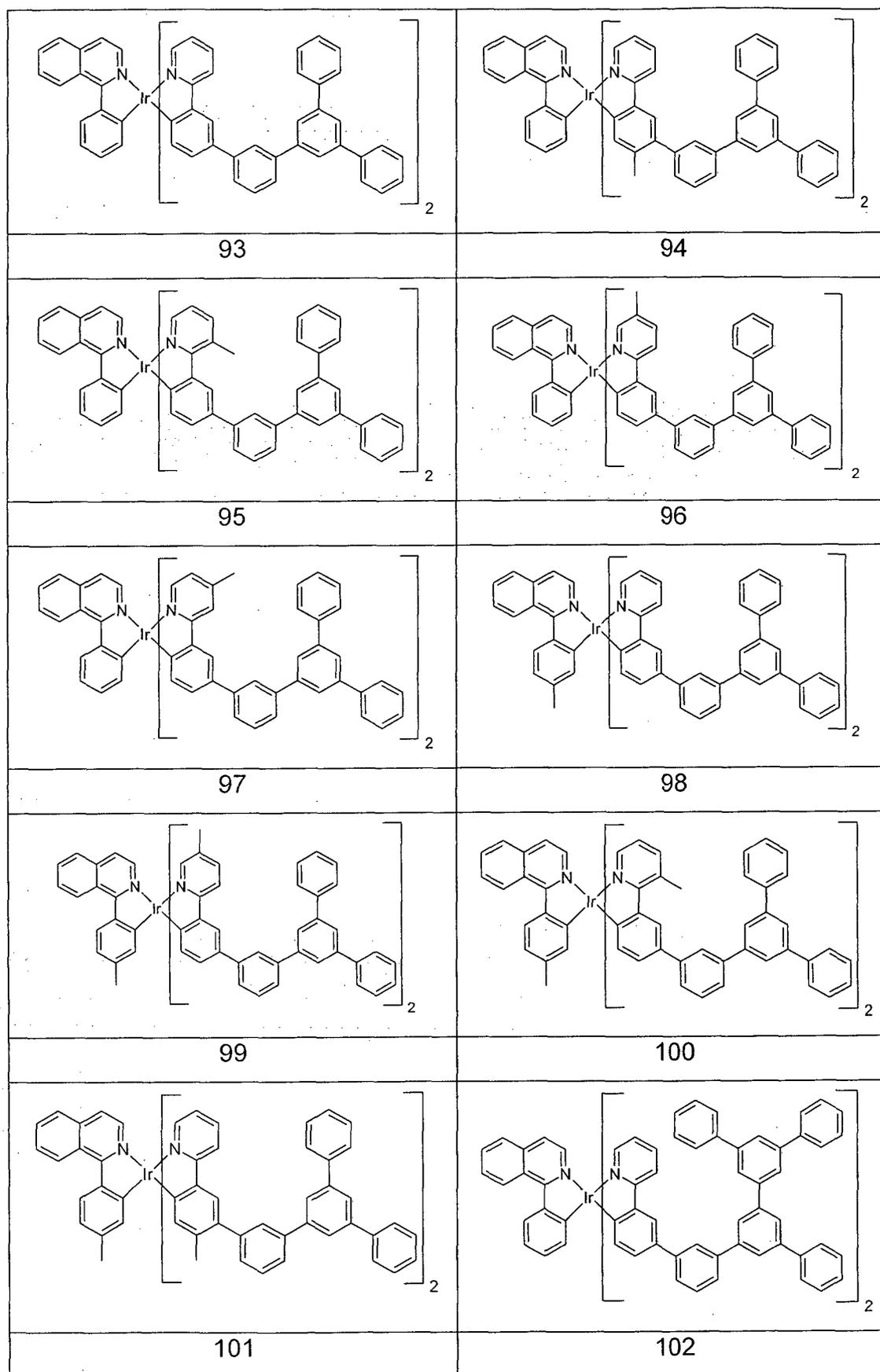


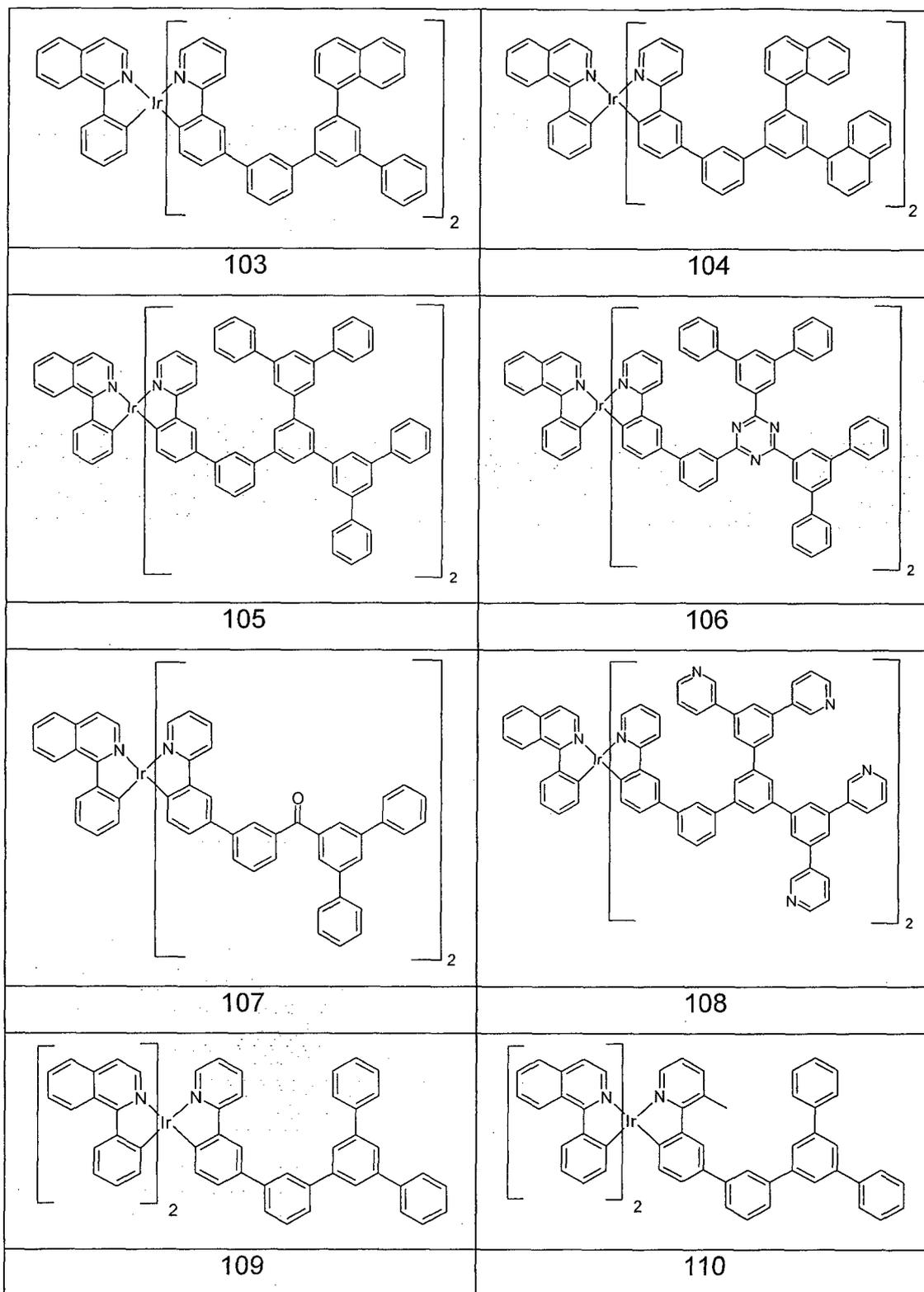


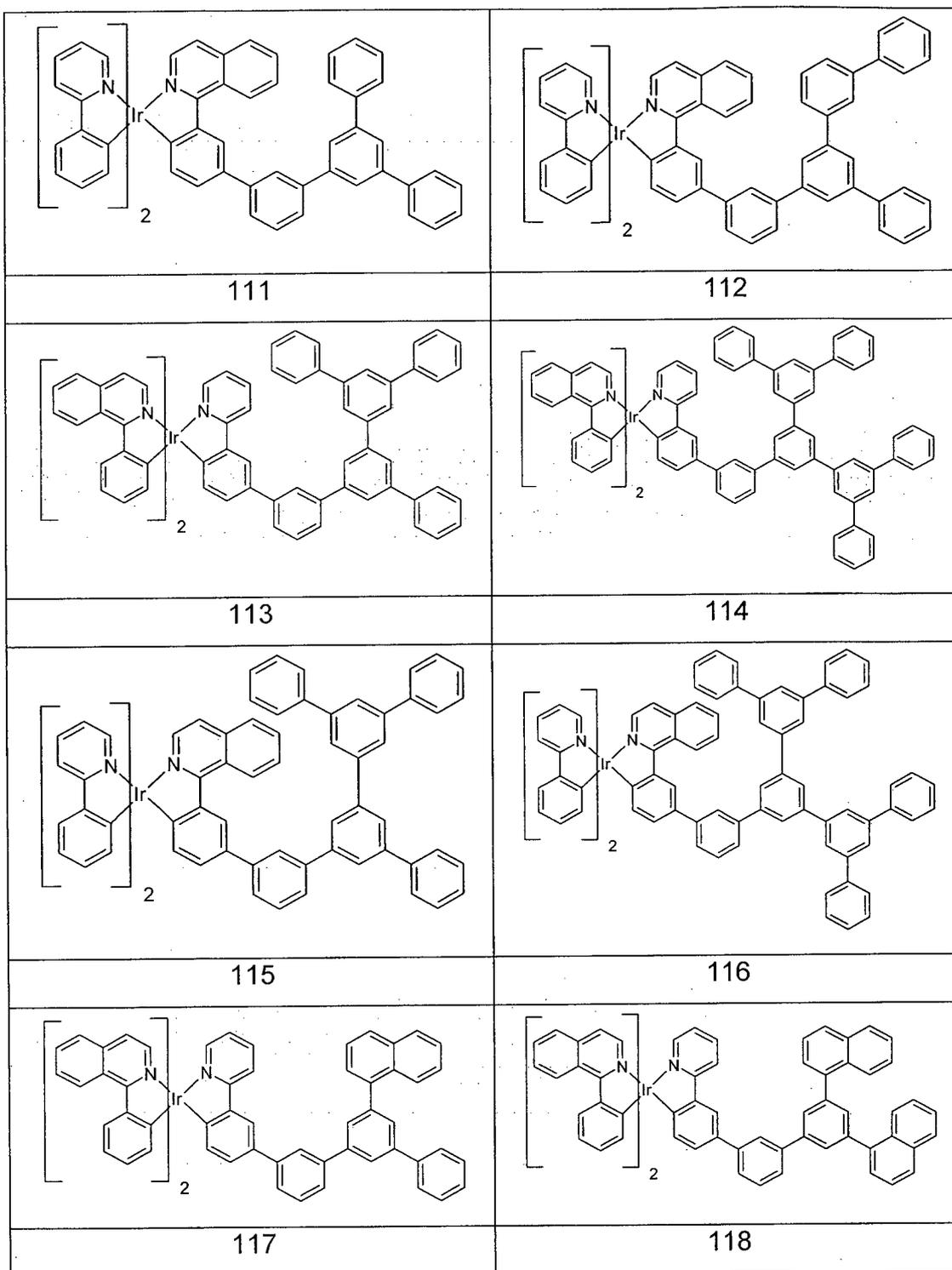


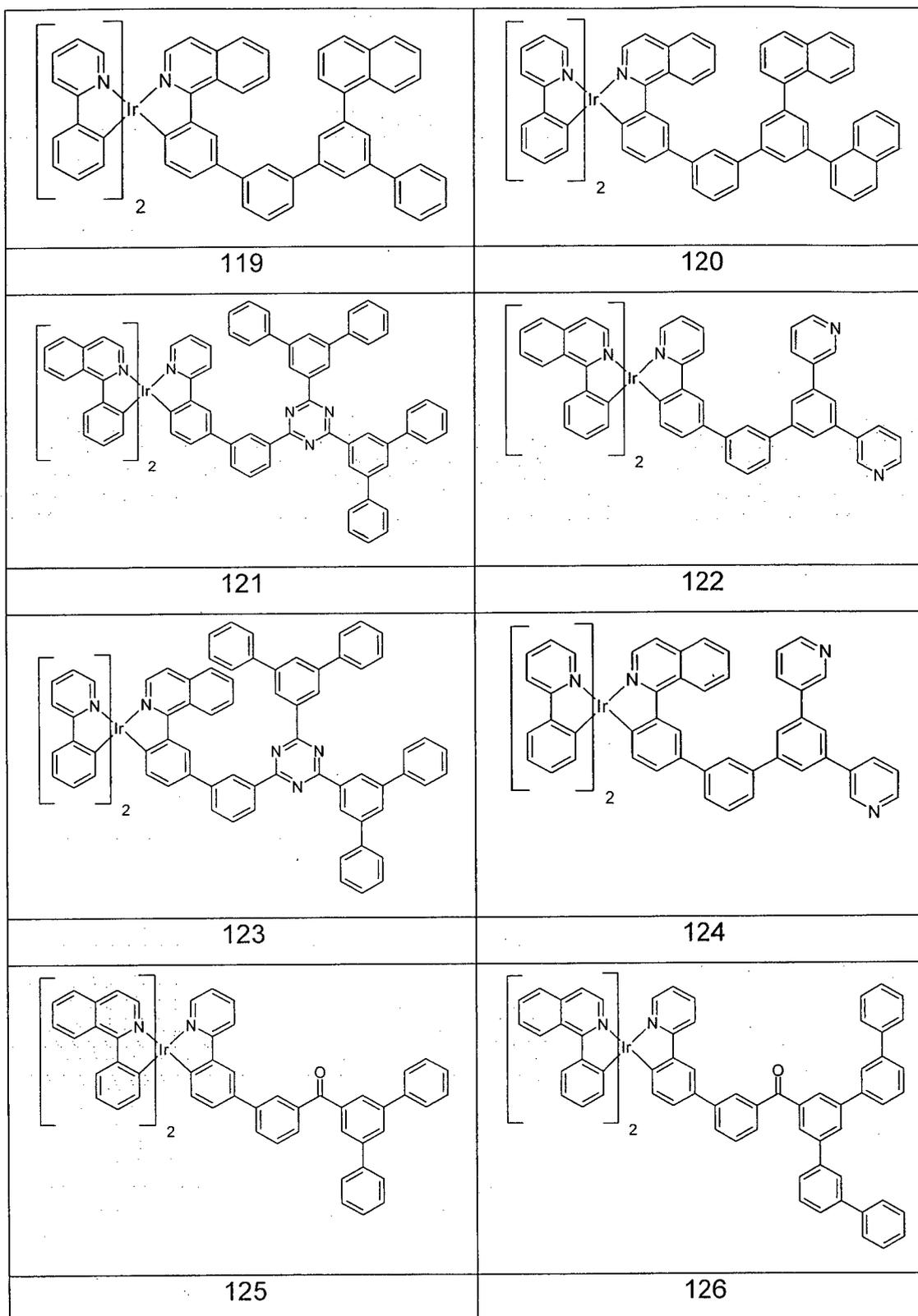


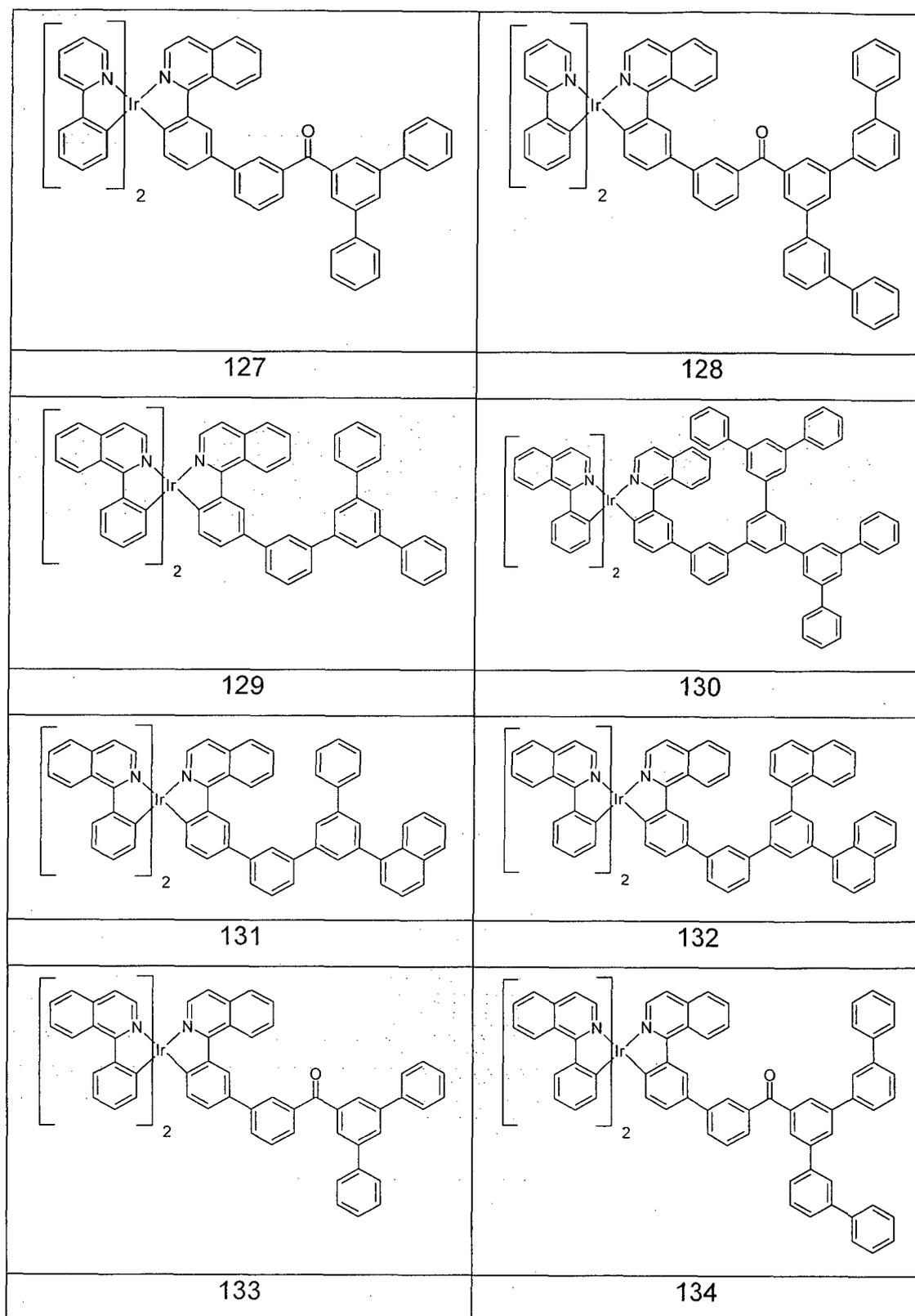


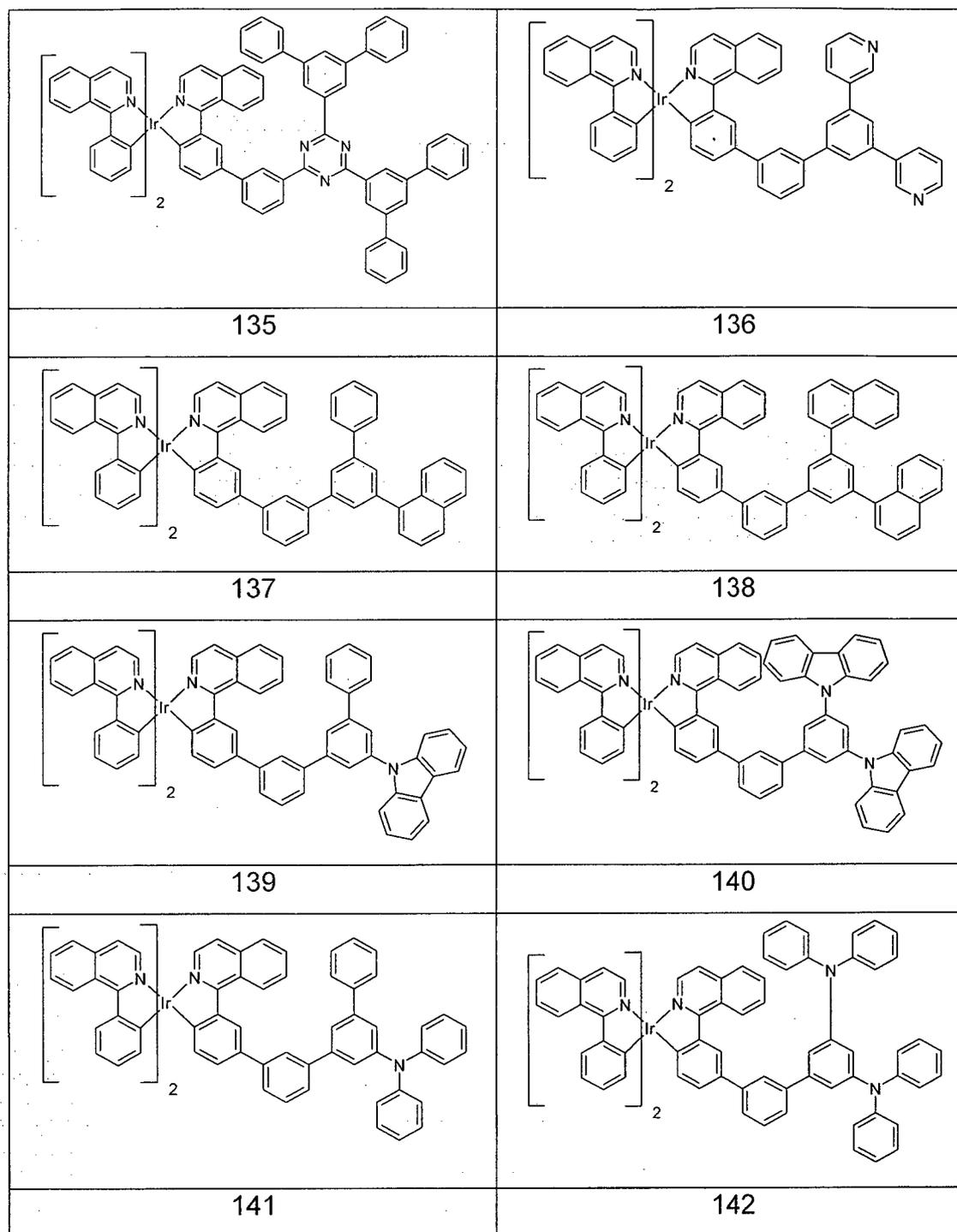












[0049] Die oben beschriebenen Komplexe gemäß Formel (1) bzw. die oben aufgeführten bevorzugten Ausführungsformen können in der elektronischen Vorrichtung als aktive Komponente verwendet werden. Unter einer elektronischen Vorrichtung wird eine Vorrichtung verstanden, welche Anode, Kathode und mindestens eine Schicht enthält, wobei diese Schicht mindestens eine organische bzw. metallorganische Verbindung enthält. Die erfindungsgemäße elektronische Vorrichtung enthält also Anode, Kathode und mindestens eine Schicht, welche mindestens eine Verbindung der oben aufgeführten Formel (1) enthält. Dabei sind bevorzugte elektronische Vorrichtungen ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen (OLEDs, PLEDs), organischen integrierten Schaltungen (O-ICs), organischen Feld-Effekt-Transistoren (O-FETs), organischen Dünnschichttransistoren (O-TFTs), organischen lichtemittierenden Transistoren (O-LETs), organischen Solarzellen (O-SCs), organischen optischen Detektoren, organischen Photorezeptoren, organischen Feld-Quench-Devices (O-FQDs), lichtemittierenden elektrochemischen Zellen (LECs) oder organischen Laserdioden (O-Laser), enthaltend in mindestens einer Schicht mindestens eine Verbindung gemäß der oben aufgeführten Formel (1). Besonders bevorzugt sind organische Elektrolumineszenzvorrichtungen. Aktive Komponenten sind generell die organischen oder anorganischen Materialien, welche zwischen Anode und Kathode

eingebraucht sind, beispielsweise Ladungsinjektions-, Ladungstransport- oder Ladungsblockiermaterialien, insbesondere aber Emissionsmaterialien und Matrixmaterialien. Die erfindungsgemäßen Verbindungen zeigen besonders gute Eigenschaften als Emissionsmaterial in organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen. Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung sind daher organische Elektrolumineszenzvorrichtungen.

[0050] Die organische Elektrolumineszenzvorrichtung enthält Kathode, Anode und mindestens eine emittierende Schicht. Außer diesen Schichten kann sie noch weitere Schichten enthalten, beispielsweise jeweils eine oder mehrere Lochinjektionsschichten, Lochtransportschichten, Lochblockierschichten, Elektronentransportschichten, Elektroneninjektionsschichten, Excitonenblockierschichten, Ladungserzeugungsschichten und/oder organische oder anorganische p/n-Übergänge. Ebenso können zwischen zwei emittierende Schichten Interlayers eingebracht sein, welche beispielsweise eine Exzitonen-blockierende Funktion aufweisen und/oder die Ladungsbalance in der Elektrolumineszenzvorrichtung steuern. Es sei aber darauf hingewiesen, dass nicht notwendigerweise jede dieser Schichten vorhanden sein muss. Dabei kann die organische Elektrolumineszenzvorrichtung eine emittierende Schicht enthalten, oder sie kann mehrere emittierende Schichten enthalten. Wenn mehrere Emissionsschichten vorhanden sind, weisen diese bevorzugt 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. Insbesondere bevorzugt sind Dreischichtsysteme, wobei die drei Schichten blaue, grüne und orange oder rote Emission zeigen (für den prinzipiellen Aufbau siehe z. B. WO 05/011013) bzw. Systeme, welche mehr als drei emittierende Schichten aufweisen.

[0051] In einer bevorzugten Ausführungsform der Erfindung enthält die organische Elektrolumineszenzvorrichtung die Verbindung gemäß Formel (1) bzw. die oben aufgeführten bevorzugten Ausführungsformen als emittierende Verbindung in einer oder mehreren emittierenden Schichten.

[0052] Wenn die Verbindung gemäß Formel (1) als emittierende Verbindung in einer emittierenden Schicht eingesetzt wird, wird sie bevorzugt in Kombination mit einem oder mehreren Matrixmaterialien eingesetzt. Die Mischung aus der Verbindung gemäß Formel (1) und dem Matrixmaterial enthält zwischen 1 und 99 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 2 und 40 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 3 und 30 Gew.-%, insbesondere zwischen 5 und 25 Gew.-% der Verbindung gemäß Formel (1) bezogen auf die Gesamtmischung aus Emitter und Matrixmaterial. Entsprechend enthält die Mischung zwischen 99 und 1 Gew.-%, vorzugsweise zwischen 98 und 60 Gew.-%, besonders bevorzugt zwischen 97 und 70 Gew.-%, insbesondere zwischen 95 und 75 Gew.-% des Matrixmaterials bezogen auf die Gesamtmischung aus Emitter und Matrixmaterial.

[0053] Geeignete Matrixmaterialien für die erfindungsgemäßen Verbindungen sind Ketone, Phosphinoxide, Sulfoxide und Sulfone, z. B. gemäß WO 04/013080, WO 04/093207, WO 06/005627 oder der nicht offen gelegten Anmeldung DE 10 2008 033 943.1, Triarylamine, Carbazolderivate, z. B. CBP (N,N-Biscarbazolylbiphenyl) oder die in WO 05/039246, US 2005/0069729, JP 2004/288381, EP 1205527 oder WO 08/086851 offenbarten Carbazolderivate, Indolocarbazolderivate, z. B. gemäß WO 07/063754 oder WO 08/056746, Indenocarbazolderivate, z. B. gemäß den nicht offen gelegten Anmeldungen DE 10 2009 023 155.2 und DE 10 2009 031 021.5, Azacarbazole, z. B. gemäß EP 1617710, EP 1617711, EP 1731584, JP 2005/347160, bipolare Matrixmaterialien, z. B. gemäß WO 07/137725, Silane, z. B. gemäß WO 05/111172, Azaborole oder Boronester, z. B. gemäß WO 06/117052, Triazinderivate, z. B. gemäß der nicht offen gelegten Anmeldung DE 10 2008 036 982.9, WO 07/063754 oder WO 08/056746, Zinkkomplexe, z. B. gemäß EP 652273 oder gemäß WO 09/062578, Diaza- oder Tetraazasilolderivate, z. B. gemäß der nicht offen gelegten Anmeldung DE 10 2008 056 688.8, oder Diazaphospholderivate, z. B. gemäß der nicht offen gelegten Anmeldung DE 10 2009 022 858.6.

[0054] Es kann auch bevorzugt sein, mehrere verschiedene Matrixmaterialien als Mischung einzusetzen, insbesondere mindestens ein elektronenleitendes Matrixmaterial und mindestens ein lochleitendes Matrixmaterial. Eine bevorzugte Kombination ist beispielsweise die Verwendung eines aromatischen Ketons oder eines Triazins mit einem Triarylamin-Derivat oder einem Carbazol-Derivat als gemischte Matrix für den erfindungsgemäßen Metallkomplex. Ebenfalls bevorzugt sind auch Mischungen aus einem Loch- oder elektronentransportierenden Material mit einem Material, welches weder am Loch- noch am Elektronentransport beteiligt ist, wie beispielsweise in der nicht offen gelegten Anmeldung DE 10 2009 014 513.3 offenbart.

[0055] Als Kathode 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, Mg, Yb, Sm, etc.). Weiterhin eignen 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, wobei dann in der Regel Kombinationen der Metalle, wie beispielsweise Ca/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, Li₂O, BaF₂, MgO, NaF, CsF, Cs₂CO₃, etc.). Die Schichtdicke dieser Schicht beträgt bevorzugt zwischen 0.5 und 5 nm.

[0056] 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 Elektronen (z. B. Al/Ni/NiO_x, Al/PtO_x) bevorzugt sein. Für einige Anwendungen muss mindestens eine der Elektroden transparent sein, um entweder die Bestrahlung des organischen Materials (O-SC) oder die Auskopplung von Licht (OLED/PLED, O-LASER) zu ermöglichen. Ein bevorzugter Aufbau verwendet eine transparente Anode. Bevorzugte Anodenmaterialien sind hier leitfähige gemischte Metalloxide. Besonders bevorzugt sind Indium-Zinn-Oxid (ITO) oder Indium-Zink Oxid (IZO). Bevorzugt sind weiterhin leitfähige, dotierte organische Materialien, insbesondere leitfähige dotierte Polymere.

[0057] In den weiteren Schichten können generell alle Materialien verwendet werden, wie sie gemäß dem Stand der Technik für die Schichten verwendet werden und der Fachmann kann ohne erfinderschaftliches Zutun jedes dieser Materialien in einer elektronischen Vorrichtung mit den erfindungsgemäßen Materialien kombinieren.

[0058] Die Vorrichtung wird entsprechend (je nach Anwendung) strukturiert, kontaktiert und schließlich hermetisch versiegelt, da sich die Lebensdauer derartiger Vorrichtungen bei Anwesenheit von Wasser und/oder Luft drastisch verkürzt.

[0059] Weiterhin bevorzugt ist eine organische Elektrolumineszenzvorrichtung, dadurch gekennzeichnet, dass eine oder mehrere Schichten mit einem Sublimationsverfahren beschichtet werden. Dabei werden die Materialien in Vakuum-Sublimationsanlagen bei einem Anfangsdruck von üblicherweise kleiner 10⁻⁵ mbar, bevorzugt kleiner 10⁻⁶ mbar aufgedampft. Es ist auch möglich, dass der Anfangsdruck noch geringer ist, beispielsweise kleiner 10⁻⁷ mbar.

[0060] 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 10⁻⁵ 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).

[0061] 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 oder Offsetdruck, besonders bevorzugt aber LITI (Light Induced Thermal Imaging, Thermotransferdruck) oder Ink-Jet Druck (Tintenstrahldruck), hergestellt werden. Da die erfindungsgemäßen Verbindungen der Formel (1) eine sehr gute Löslichkeit in organischen Lösemitteln aufweisen, eignen sie sich besonders gut für die Verarbeitung aus Lösung.

[0062] Die organische Elektrolumineszenzvorrichtung kann auch als Hybridsystem hergestellt werden, indem eine oder mehrere Schichten aus Lösung aufgebracht werden und eine oder mehrere andere Schichten aufgedampft werden. So ist es beispielsweise möglich, eine emittierende Schicht enthaltend eine Verbindung gemäß Formel (1) und ein Matrixmaterial aus Lösung aufzubringen und darauf eine Lochblockierschicht und/oder eine Elektronentransportschicht im Vakuum aufzudampfen.

[0063] Diese Verfahren sind dem Fachmann generell bekannt und können von ihm ohne Probleme auf organische Elektrolumineszenzvorrichtungen enthaltend Verbindungen gemäß Formel (1) bzw. die oben aufgeführten bevorzugten Ausführungsformen angewandt werden.

[0064] Für die Verarbeitung aus Lösung sind Lösungen bzw. Formulierungen der Verbindungen gemäß Formel (1) erforderlich. Es kann auch bevorzugt sein, Mischungen aus zwei oder mehr Lösemitteln zu verwenden. Geeignete und bevorzugte Lösemittel sind beispielsweise Toluol, Anisol, o-, m- oder p-Xylol, Methylbenzoat,

Dimethylanisol, Mesitylen, Tetralin, Veratrol, THF, Methyl-THF, THP, Chlorbenzol, Dioxan oder Mischungen dieser Lösemittel.

[0065] Ein weiterer Gegenstand der vorliegenden Erfindung ist daher eine Lösung bzw. eine Formulierung enthaltend mindestens eine Verbindung gemäß Formel (1) und ein oder mehrere Lösemittel, insbesondere organische Lösemittel. Wie solche Lösungen hergestellt werden können, ist dem Fachmann bekannt und beispielsweise in der WO 02/072714, der WO 03/019694 und der darin zitierten Literatur beschrieben.

[0066] Die erfindungsgemäßen elektronischen Vorrichtungen, insbesondere organische Elektrolumineszenzvorrichtungen, zeichnen sich durch folgende überraschende Vorteile gegenüber dem Stand der Technik aus:

1. Die Verbindungen gemäß Formel (1) weisen eine sehr gute Löslichkeit in einer Vielzahl gängiger organischer Lösemittel auf und sind daher sehr gut für die Verarbeitung aus Lösung geeignet. Insbesondere weisen die erfindungsgemäßen Verbindungen eine höhere Löslichkeit auf als die im Stand der Technik beschriebenen ähnlichen Verbindungen.
2. Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen enthaltend Verbindungen gemäß Formel (1) als emittierende Materialien weisen eine exzellente Lebensdauer auf. Insbesondere ist die Lebensdauer besser als bei ähnlichen Verbindungen gemäß dem Stand der Technik.
3. Organische Elektrolumineszenzvorrichtungen enthaltend Verbindungen gemäß Formel (1) als emittierende Materialien weisen eine hervorragende Effizienz auf. Insbesondere ist die Effizienz besser als bei ähnlichen Verbindungen gemäß dem Stand der Technik.

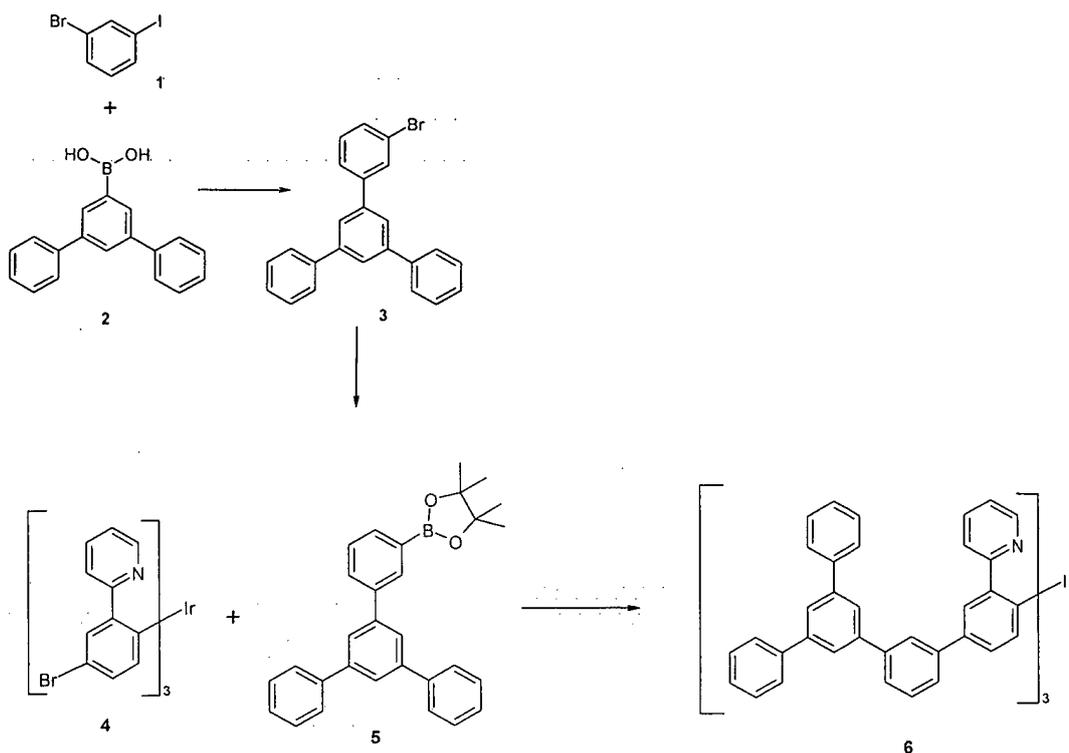
[0067] Diese oben genannten Vorteile gehen nicht mit einer Verschlechterung der weiteren elektronischen Eigenschaften einher.

[0068] Die Erfindung wird durch die nachfolgenden Beispiele näher erläutert, ohne sie dadurch einschränken zu wollen. Der Fachmann kann aus den Schilderungen ohne erfinderisches Zutun weitere erfindungsgemäße elektronische Vorrichtungen herstellen und die Erfindung somit im gesamten offenbaren Bereich ausführen.

Beispiele:

[0069] Die nachfolgenden Synthesen werden, sofern nicht anders angegeben, unter einer Schutzgasatmosphäre in getrockneten Lösungsmitteln durchgeführt. Die Edukte 1, 2, 10 und 11 und Lösungsmittel können kommerziell bezogen werden, beispielsweise von ALDRICH. Verbindung 4 kann nach WO 02/068435 dargestellt werden. Verbindung 7 kann analog zu J. Mater. Chem. 2007, 17, 3714–3719 dargestellt werden.

Beispiel 1: Synthese von Verbindung 6



a) Synthese von 1-Brom-3-([3,1';5,1'']terphen-1-yl)-phenyl (Verbindung 3)

[0070] 40.0 g (146 mmol) 3-Boronsäure-[3,1';5,1'']terphenyl (2), 18.8 g (146 mmol) 1-Iod-3-bromphenyl (1) und 109.3 g (730 mmol) Kaliumcarbonat werden in 1350 mL Toulol und 1150 mL Wassersuspendiert. Zu dieser Suspension werden 844 mg (0.73 mmol) Palladium(0)tetrakis(triphenylphosphin) gegeben, und die Reaktionsmischung wird 16 h unter Rückfluss erhitzt. Nach Erkalten wird die organische Phase abgetrennt, dreimal mit 200 mL Wasser gewaschen, mit Natriumsulfat getrocknet und anschließend zur Trockene eingeeengt. Der Rückstand wird mit Ethanol gewaschen und aus Ethylacetat umkristallisiert und abschließend bei vermindertem Druck getrocknet. Die Ausbeute beträgt 47.6 g (123 mmol), entsprechend 84.5% der Theorie.

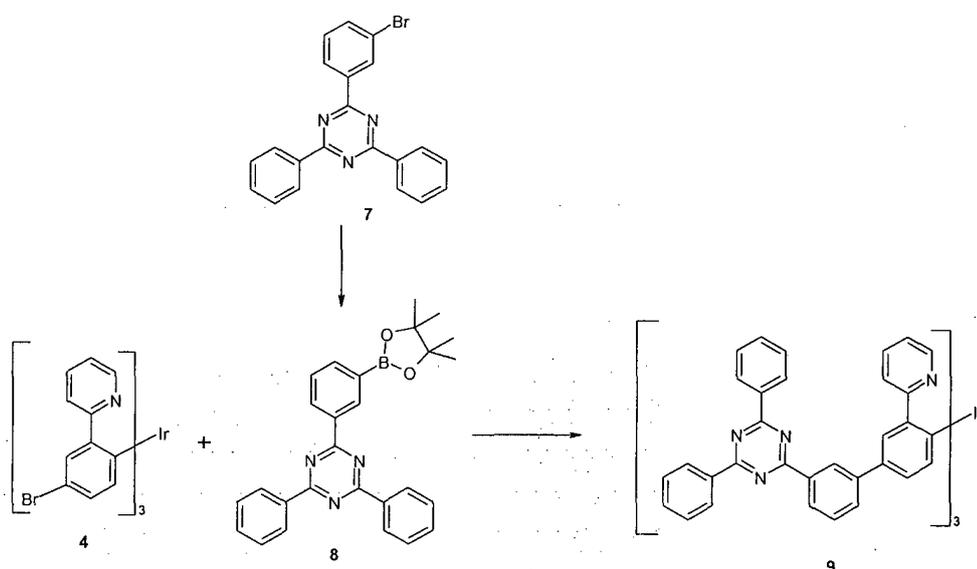
b) Synthese von 1-Pinakolyboronsäureester-3-([3,1';5,1'']terphen-1-yl)-phenyl (Verbindung 5)

[0071] 40.0 g (104 mmol) 1-Brom-3-([3,1';5,1'']terphen-1-yl)-phenyl (3), 29.0 g (114 mmol) Bispinakolatodiboron, 29.5 g (301 mmol) Kaliumacetat werden in 800 mL Dimethylsulfoxid suspendiert. Zu dieser Suspension werden 4.24 g (5.2 mmol) 1,1-Bis(diphenylphosphino)ferrocen-dichloropalladium(II)*DCM gegeben, und die Reaktionsmischung wird 16 h unter Rückfluss erhitzt. Nach Erkalten werden 600 mL Ethylacetat und 400 mL Wasser hinzugegeben, und die organische Phase wird abgetrennt, dreimal mit 200 mL Wasser gewaschen, mit Natriumsulfat getrocknet und anschließend zur Trockene eingeeengt. Das Rohprodukt wird aus Heptan umkristallisiert und abschließend bei vermindertem Druck getrocknet. Die Ausbeute beträgt 34.5 g (80 mmol), entsprechend 46.1% der Theorie.

c) Synthese von fac-Tris[2-(2-pyridinyl-κN)(5-(3-([3,1';5,1'']terphen-1-yl)-phenyl)phenyl)-κC]-iridium(III) (Verbindung 6)

[0072] 1.7 g (2.0 mmol) fac-Tris[2-(2-pyridinyl-κN)(5-bromphenyl)-κC]-iridium(III) (4), 7.42 g (17 mmol) 1-Pinakolyboronsäureester-3-([3,1';5,1'']terphen-1-yl)-phenyl (5), 2.51 g (12 mmol) Kaliumphosphat werden in 100 mL Toulol, 100 mL Dioxan und 111 mL Wasser suspendiert. Zu dieser Suspension werden 4 mg (0.1 mmol) Palladium(II)acetat und 35 mg (0.2 mmol) Tri-*o*-tolylphosphin gegeben, und die Reaktionsmischung wird 24 h unter Rückfluss erhitzt. Nach Erkalten wird die organische Phase abgetrennt, dreimal mit 200 mL Wasser gewaschen, über Kieselgel filtriert, mit Natriumsulfat getrocknet und anschließend zur Trockene eingeeengt. Der Rückstand wird aus Dioxan/Ethanol umkristallisiert und abschließend bei vermindertem Druck getrocknet. Die Ausbeute beträgt 2.42 g (1.6 mmol), entsprechend 80.9% der Theorie.

Beispiel 2: Synthese von Verbindung 9



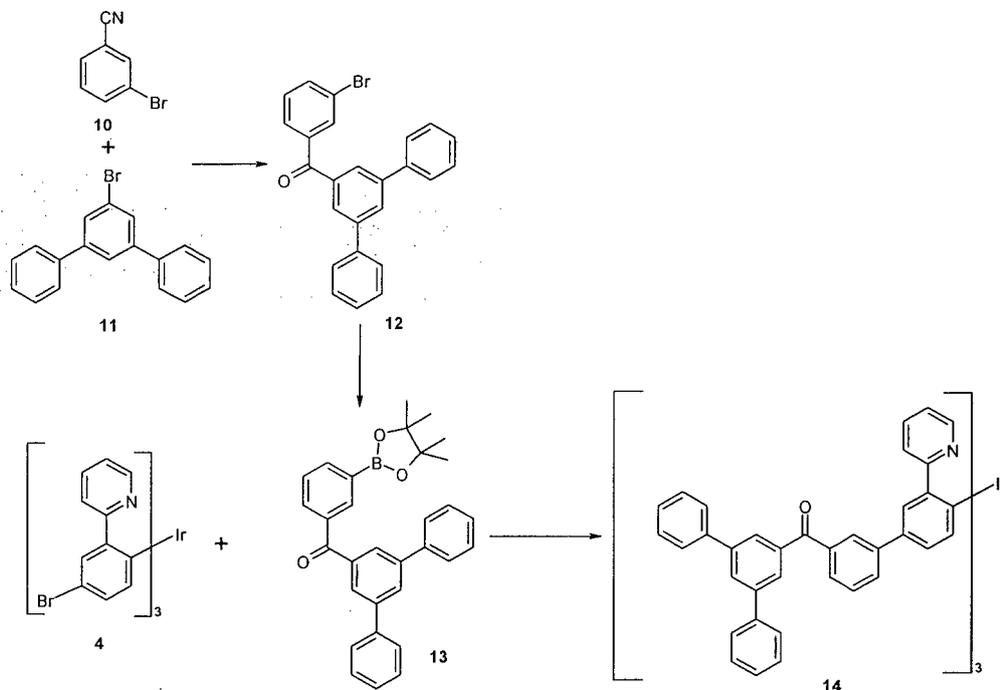
a) Synthese von 2-(3-Pinakolyboronsäureesterphenyl)-4,6-diphenyl[1,3,5]triazin (Verbindung 8)

[0073] Die Synthese erfolgt analog zur der von Verbindung 5. Die Ausbeute beträgt 31.9 g (73 mmol), entsprechend 81.3% der Theorie.

b) Synthese von fac-Tris[2-(2-pyridinyl-κN)(5-(3-phenyl(4,6-diphenyl[1,3,5]triazin)phenyl)-κC)-iridium(III)] (Verbindung 9)

[0074] Die Synthese erfolgt analog, zur der von Verbindung 6. Die Ausbeute beträgt 1.5 g (0.95 mmol), entsprechend 55.6% der Theorie.

Beispiel 3: Synthese von Verbindung 14



a) Synthese von (3-Brom-phenyl)-[1,1';3,1'']terphenyl-5'-yl-methanon (Verbindung 12)

[0075] Zu 1.7 g (71.2 mmol) Magnesiumspänen wird eine Lösung von 20.0 g (64.7 mmol) 3-Brom-[3,1';5,1'']terphenyl in 300 mL Tetrahydrofuran langsam hinzugegossen und 3 h lang unter Rückfluss erhitzt. Dann wird die Lösung auf -40°C abgekühlt, und es wird eine Lösung von 11.8 g (65 mmol) 3-Brombenzonitril in 100 mL Tetrahydrofuran hinzugegossen. Nach der Zugabe wird die Lösung 6 h lang unter Rückfluss erhitzt. Nach Erkalten werden 600 mL Ethylacetat und 400 mL Wasser hinzugegeben, und die organische Phase wird abgetrennt, dreimal mit 200 ml Wasser gewaschen, mit Natriumsulfat getrocknet und anschließend zur Trockene eingedunstet. Der Rückstand wurde aus Ethanol umkristallisiert und anschließend bei vermindertem Druck getrocknet. Die Ausbeute beträgt 21.7 g (53 mmol), entsprechend 81.3% der Theorie.

b) Synthese von 3-Pinakolyboronsäureesterphenyl-[1,1';3,1'']terphenyl-5'-yl-methanon (Verbindung 13)

[0076] Die Synthese erfolgt analog zu der von Verbindung 5. Die Ausbeute beträgt 15.7 g (34 mmol), entsprechend 76.2% der Theorie.

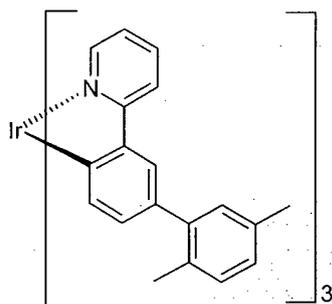
c) Synthese von fac-Tris[2-(2-pyridinyl-κN)(5-(3-phenyl 3-(1,1';3,1'')terphenyl-5'-yl-methanon-κC)-iridium(III)] (Verbindung 14)

[0077] Die Synthese erfolgt analog zur der von Verbindung 6. Die Ausbeute beträgt 1.7 g (1.03 mmol), entsprechend 57.3% der Theorie.

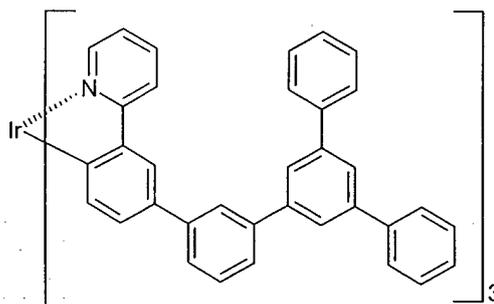
Beispiel 4: Herstellung und Charakterisierung von organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen, enthaltend die erfindungsgemäßen Verbindungen

[0078] Die Strukturen von TEG-1 (synthetisiert nach WO 04/085449), TMM-1 (synthetisiert nach DE 10 2008 036 982.9) und TMM-2 (synthetisiert nach DE 10 2008 017 591.9), sowie den erfindungsgemäßen Verbindungen TEG-2 bis 4 sind der Übersichtlichkeit halber im Folgenden abgebildet.

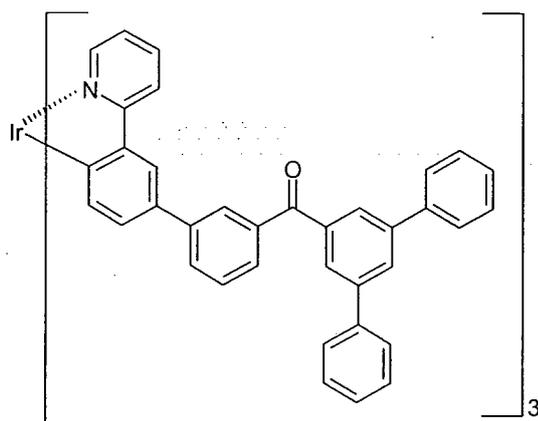
Strukturen der Emitter



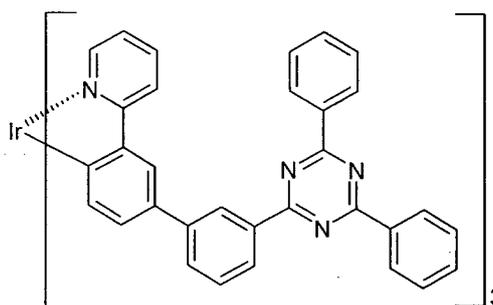
TEG-1 (Vergleich)



TEG-2

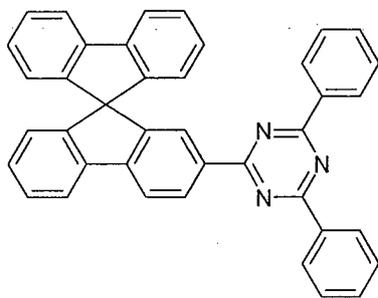


TEG-3

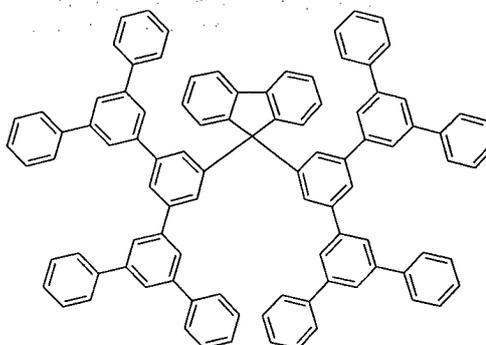


TEG-4

Strukturen der Matrices



TMM-1



TMM-2

[0079] Erfindungsgemäße Materialien können aus Lösung verwendet werden und führen dort zu wesentlich einfacheren Vorrichtungen mit dennoch guten Eigenschaften. Die Herstellung solcher Bauteile lehnt sich an die Herstellung polymerer Leuchtdioden (PLEDs) an, die in der Literatur bereits vielfach beschrieben ist (z. B. in der WO 04/037887). Im vorliegenden Fall werden die erfindungsgemäßen Verbindungen bzw. ebenfalls lösliche Vergleichsverbindungen (TEG-1) in Toluol gelöst. Der typische Feststoffgehalt solcher Lösungen liegt zwischen 16 und 25 g/L, wenn, wie hier, die für eine Device typische Schichtdicke von 80 nm mittels Spincoating erzielt werden soll. **Fig. 1** zeigt den typischen Aufbau einer solchen Device. Strukturierte ITO-Substrate und das Material für die sogenannte Pufferschicht (PEDOT, eigentlich PEDOT:PSS) sind käuflich erhältlich (ITO von Technoprint und anderen, PEDOT:PSS als wässrige Dispersion Clevios Baytron P von H. C. Starck). Die verwendete Interlayer dient der Lochinjektion; in diesem Fall wurde HIL-012 von Merck verwendet. Die Emissionsschicht wird in einer Inertgasatmosphäre, im vorliegenden Fall Argon, aufgeschleudert und 10 min bei 120°C ausgeheizt. Zuletzt wird eine Kathode aus Barium und Aluminium im Vakuum aufgedampft. Zwischen der emittierenden Schicht und der Kathode können auch eine Lochblockierschicht und/oder eine Elek-

tronentransportschicht per Bedampfung aufgebracht werden, auch kann die Interlayer durch eine oder mehrere Schichten ersetzt werden, die lediglich die Bedingung erfüllen müssen, durch den nachgelagerten Prozessierungsschritt der Abscheidung der emittierenden Schicht aus Lösung nicht wieder abgelöst zu werden.

[0080] Die Devices werden standardmäßig charakterisiert, die genannten OLED-Beispiele sind noch nicht optimiert. Tabelle 1 fasst die erhaltenen Daten zusammen. Bei den prozessierten Devices zeigt sich hier, dass die erfindungsgemäßen Materialien den zuvor zur Verfügung stehenden in Effizienz und/oder Lebensdauer überlegen sind.

Tabelle 1: Ergebnisse mit aus Lösung prozessierten Materialien in der Devicekonfiguration der Figur 1

Bsp.	EML 80 nm	Max. Eff. [cd/A]	Spannung [V] bei 100 cd/m ²	CIE (x, y)	Lebensdauer [h], Anfangshelligkeit 1000 cd/m ²
5 Vergl.	TMM-1:TMM-2:TEG-1	23	3.6	0.33/0.63	17000
6	TMM-1:TMM-2:TEG-2	29	3.7	0.33/0.63	38000
7	TMM-1:TMM-2:TEG-3	27	4.2	0.32/0.63	21000
8	TMM-1:TMM-2:TEG-4	30	4.3	0.33/0.63	32000

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

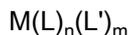
- US 4539507 [0001]
- US 5151629 [0001]
- EP 0676461 [0001]
- WO 98/27136 [0001]
- WO 04/026886 A2 [0003]
- WO 04/085449 [0045, 0046, 0078]
- WO 02/060910 [0046]
- WO 05/042548 [0046]
- WO 05/011013 [0050]
- WO 04/013080 [0053]
- WO 04/093207 [0053]
- WO 06/005627 [0053]
- DE 102008033943 [0053]
- WO 05/039246 [0053]
- US 2005/0069729 [0053]
- JP 2004/288381 [0053]
- EP 1205527 [0053]
- WO 08/086851 [0053]
- WO 07/063754 [0053, 0053]
- WO 08/056746 [0053, 0053]
- DE 102009023155 [0053]
- DE 102009031021 [0053]
- EP 1617710 [0053]
- EP 1617711 [0053]
- EP 1731584 [0053]
- JP 2005/347160 [0053]
- WO 07/137725 [0053]
- WO 05/111172 [0053]
- WO 06/117052 [0053]
- DE 102008036982 [0053, 0078]
- EP 652273 [0053]
- WO 09/062578 [0053]
- DE 102008056688 [0053]
- DE 102009022858 [0053]
- DE 102009014513 [0054]
- WO 02/072714 [0065]
- WO 03/019694 [0065]
- WO 02/068435 [0069]
- DE 102008017591 [0078]
- WO 04/037887 [0079]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- M. A. Baldo et al., Appl. Phys. Lett. 1999, 75, 4–6 [0001]
- M. S. Arnold et al., Appl. Phys. Lett. 2008, 92, 053301 [0060]
- J. Mater. Chem. 2007, 17, 3714–3719 [0069]

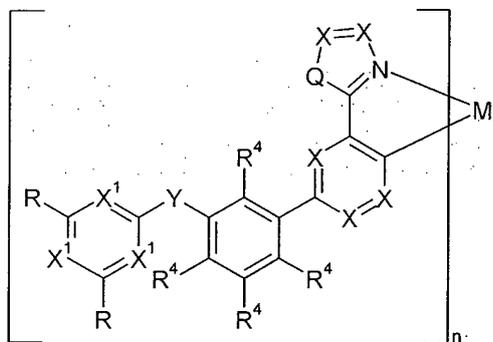
Patentansprüche

1. Verbindung gemäß Formel (1),

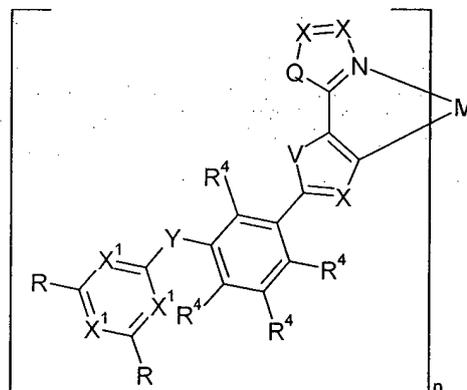


Formel (1)

wobei die Verbindung eine Teilstruktur $M(L)_n$ der Formel (2) oder Formel (3) enthält:



Formel (2)



Formel (3)

wobei für die verwendeten Symbole und Indizes gilt:

M ist ein Metall ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus Iridium, Rhodium, Platin und Palladium;

X, X¹ ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR¹ oder N;

Q ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten R¹C=CR¹, R¹C=N, O, S, Se oder NR¹;

V ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten O, S, Se oder NR¹;

Y ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus C(R¹)₂, C(=O), O, S, SO, SO₂, NR¹, PR¹ oder P(=O)R¹;

R ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R¹ substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch R²C=CR², C≡C, Si(R²)₂, Ge(R²)₂, Sn(R²)₂, C=O, C=S, C=Se, C=NR², P(=O)(R²), SO, SO₂, NR², O, S oder CONR² ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D, F, Cl, Br, I, CN oder NO₂ ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein kann; R¹ ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H, D, F, Cl, Br, I, N(R²)₂, CN, NO₂, Si(R²)₃, B(OR₂)₂, C(=O)R², P(=O)(R²)₂, S(=O)R₂, S(=O)₂R², OSO₂R², eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R² substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch R²C=CR², C≡C, Si(R²)₂, Ge(R²)₂, Sn(R²)₂, C=O, C=S, C=Se, C=NR², P(=O)(R²), SO, SO₂, NR², O, S oder CONR² ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D, F, Cl, Br, I, CN oder NO₂ ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R² substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R² substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R² substituiert sein kann, oder eine Kombination aus zwei oder mehr dieser Gruppen; dabei können zwei oder mehr Reste R¹ auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches, aromatisches und/oder benzoannelliertes Ringsystem bilden; R² ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H, D, F, Cl, Br, I, N(R³)₂, CN, NO₂, Si(R³)₃, B(OR₃)₂, C(=O)R³, P(=O)(R³)₂, S(=O)R³, S(=O)₂R³, OSO₂R³, eine geradkettige Alkyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 1 bis 40 C-Atomen oder eine geradkettige Alkenyl- oder Alkynylgruppe mit 2 bis 40 C-Atomen oder eine verzweigte oder cyclische Alkyl-, Alkenyl-, Alkynyl-, Alkoxy- oder Thioalkoxygruppe mit 3 bis 40 C-Atomen, die jeweils

mit einem oder mehreren Resten R^3 substituiert sein kann, wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH_2 -Gruppen durch $R^3C=CR^3$, $C\equiv C$, $Si(R^3)_2$, $Ge(R^3)_2$, $Sn(R^3)_2$, $C=O$, $C=S$, $C=Se$, $C=NR^3$, $P(=O)(R^3)$, SO , SO_2 , NR^3 , O , S oder $CONR^3$ ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D , F , Cl , Br , I , CN oder NO_2 ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Aryloxy- oder Heteroaryloxygruppe mit 5 bis 60 aromatischen Ringatomen, die durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Diarylaminogruppe, Diheteroarylaminogruppe oder Arylheteroarylaminogruppe mit 10 bis 40 aromatischen Ringatomen, welche durch einen oder mehrere Reste R^3 substituiert sein kann, oder eine Kombination aus zwei oder mehr dieser Gruppen; dabei können zwei oder mehrere benachbarte Reste R^2 miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden; R^3 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H , D , F oder ein aliphatischer, aromatischer und/oder heteroaromatischer Kohlenwasserstoffrest mit 1 bis 20 C-Atomen, in dem auch ein oder mehrere H-Atome durch F ersetzt sein können; dabei können zwei oder mehrere Substituenten R^3 auch miteinander ein mono- oder polycyclisches, aliphatisches oder aromatisches Ringsystem bilden; R^4 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten H oder D ; L' ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten ein beliebiger Coligand; n ist 1, 2 oder 3 für M gleich Iridium oder Rhodium und ist 1 oder 2 für M gleich Platin oder Palladium; m ist 0, 1, 2, 3 oder 4; dabei können auch mehrere Liganden L miteinander oder L mit L' über eine beliebige Brücke Z verknüpft sein und so ein tridentates, tetradentates, pentadentates oder hexadentates Ligandensystem aufspannen.

2. Verbindung nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, dass das Symbol X gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für CR^1 steht.

3. Verbindung nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass entweder alle Symbole X^1 gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für CR^1 stehen oder alle Symbole X^1 für N stehen.

4. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Symbol Y gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus $C(=O)$ oder NR^1 steht, bevorzugt für eine Einfachbindung.

5. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 4, dadurch gekennzeichnet, dass für die verwendeten Symbole und Indizes gilt:

M ist Iridium oder Platin, besonders bevorzugt Iridium;

X ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR^1 ;

X^1 ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten CR^1 oder alle Symbole X^1 stehen für N ;

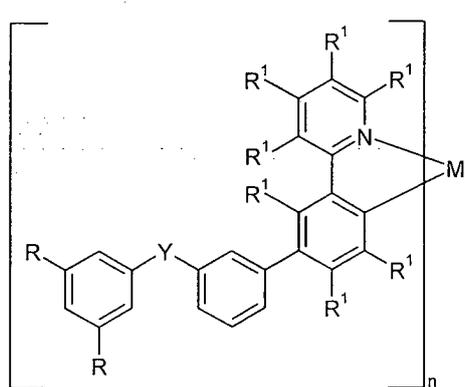
Q ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten $R^1C=CR^1$ oder $R^1C=N$, besonders bevorzugt $R^1C=CR^1$;

V ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten O , S oder NR^1 , besonders bevorzugt S ;

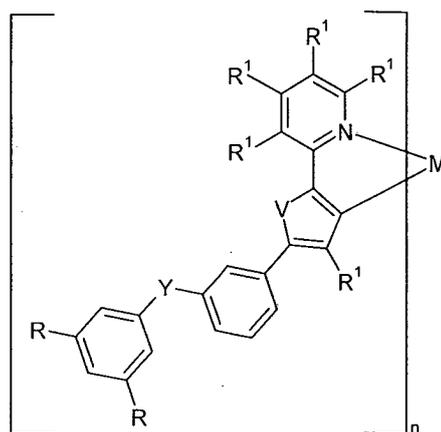
Y ist gleich oder verschieden bei jedem Auftreten eine Einfachbindung oder eine bivalente Gruppe ausgewählt aus $C(=O)$ oder NR^1 , besonders bevorzugt eine Einfachbindung;

die weiteren verwendeten Symbole und Indizes haben die oben aufgeführten Bedeutungen.

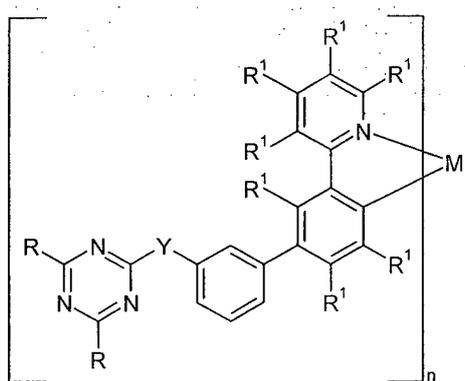
6. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 5, dadurch gekennzeichnet, dass die Teilstrukturen der Formel (2) oder (3) ausgewählt sind aus den Teilstrukturen der folgenden Formeln (4), (5), (6) oder (7),



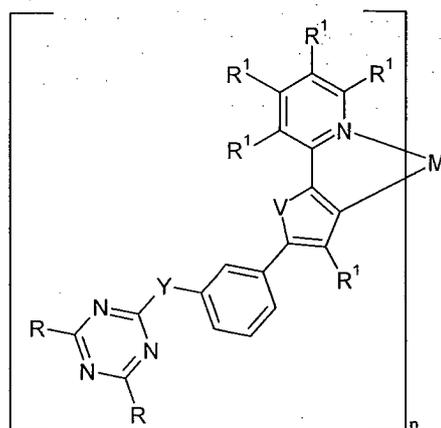
Formel (4)



Formel (5)



Formel (6)

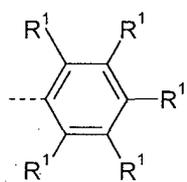


Formel (7)

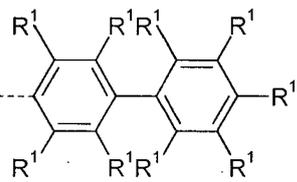
wobei die weiteren verwendeten Symbole die in Anspruch 1 genannten Bedeutungen aufweisen.

7. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Symbol R gleich oder verschieden bei jedem Auftreten für eine geradkettige Alkylgruppe mit 1 bis 10 C-Atomen oder für eine verzweigte oder cyclische Alkylgruppe mit 3 bis 10 C-Atomen, die jeweils mit einem oder mehreren Resten R¹ substituiert sein kann und wobei eine oder mehrere nicht benachbarte CH₂-Gruppen durch O ersetzt sein können und wobei ein oder mehrere H-Atome durch D, F oder CN ersetzt sein können, oder ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 30 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R² substituiert sein kann, steht, insbesondere für ein aromatisches oder heteroaromatisches Ringsystem mit 5 bis 20 aromatischen Ringatomen, das jeweils durch einen oder mehrere Reste R¹ substituiert sein kann.

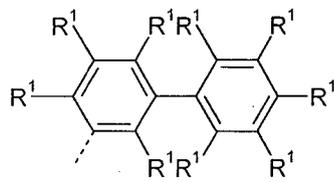
8. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 12, dadurch gekennzeichnet, dass die Gruppe R ausgewählt aus den Gruppen der folgenden Formeln (8) bis (24),



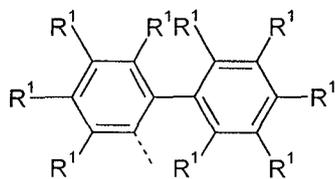
Formel (8)



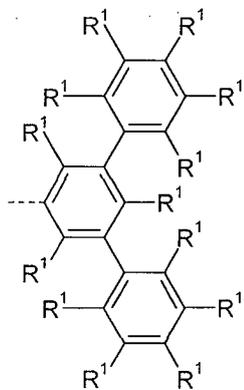
Formel (9)



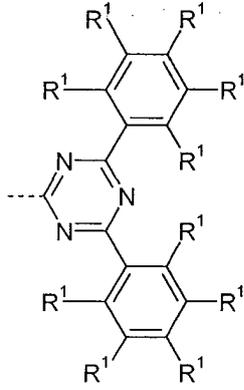
Formel (10)



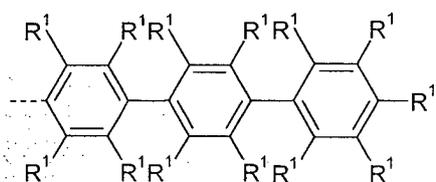
Formel (11)



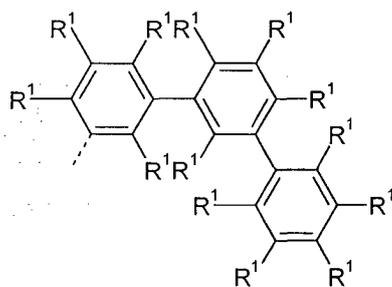
Formel (12)



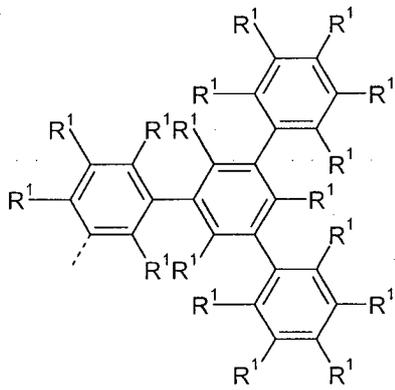
Formel (13)



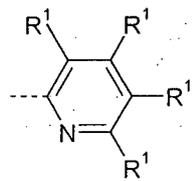
Formel (14)



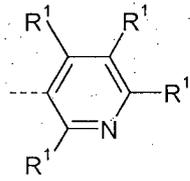
Formel (15)



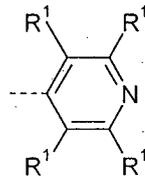
Formel (16)



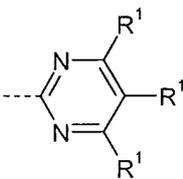
Formel (17)



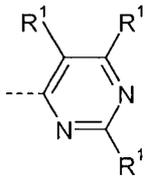
Formel (18)



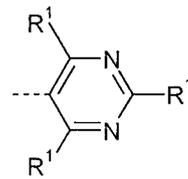
Formel (19)



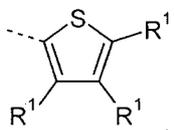
Formel (20)



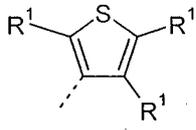
Formel (21)



Formel (22)



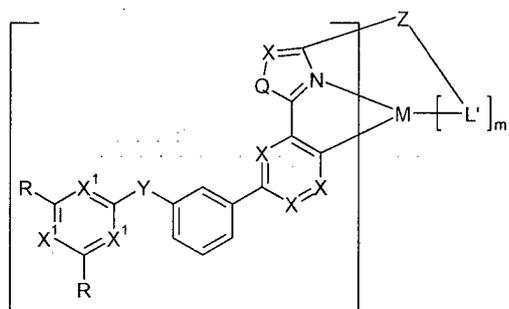
Formel (23)



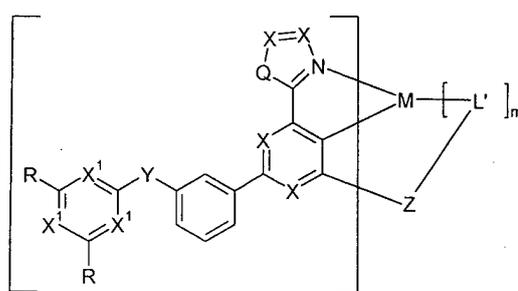
Formel (24)

wobei die verwendeten Symbole die in Anspruch 1 genannten Bedeutungen aufweisen und die gestrichelte Bindung die Position der Bindung dieser Gruppe angibt.

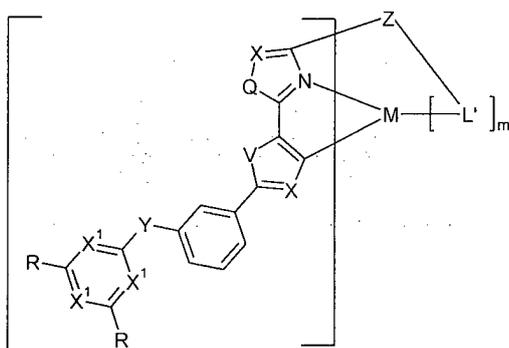
9. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 8 gemäß den Formeln (25) bis (28),



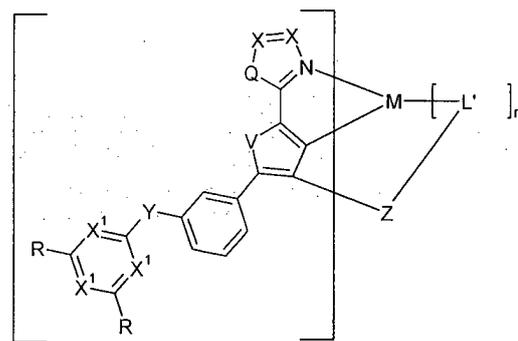
Formel (25)



Formel (26)



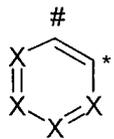
Formel (27)



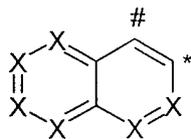
Formel (28)

wobei die verwendeten Symbole die in Anspruch 1 genannten Bedeutungen aufweisen und Z bevorzugt eine verbrückende Einheit darstellt, enthaltend 1 bis 80 Atome aus der dritten, vierten, fünften und/oder sechsten Hauptgruppe (Gruppe 13, 14, 15 oder 16 gemäß IUPAC) oder einen 3- bis 6-gliedrigen Homo- oder Heterocyclen, die die Teilliganden L miteinander oder L mit L' miteinander kovalent verbindet.

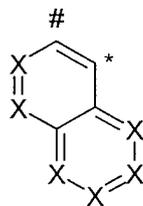
10. Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 9, dadurch gekennzeichnet, dass der Ligand L' ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Kohlenmonoxid, Stickstoffmonoxid, Alkylcyaniden, Arylcyaniden, Alkylisocyaniden, Arylisocyaniden, Aminen, Phosphinen, insbesondere Halogenphosphine, Trialkylphosphine, Triarylphosphine oder Alkylarylphosphine, Phosphiten, Arsinen, Stibinen, stickstoffhaltigen Heterocyclen, Carbenen, Hydrid, Deuterid, den Halogeniden F⁻, Cl⁻, Br⁻ und I⁻, Alkylacetylid, Arylacetylid, Cyanid, Cyanat, Isocyanat, Thiocyanat, Isothiocyanat, aliphatischen oder aromatischen Alkoholaten, aliphatischen oder aromatischen Thioalkoholaten, Amid, Carboxylaten, Arylgruppen, O²⁻, S²⁻, Carbide, Nitrene, N³⁻, Diaminen, Iminen, Diminen, Heterocyclen enthaltend zwei Stickstoffatome, Diphosphinen, 1,3-Diketonaten abgeleitet von 1,3-Diketonen, 3-Ketonaten abgeleitet von 3-Ketoestern, Carboxylaten abgeleitet von Aminocarbonsäuren, Salicyliminaten abgeleitet von Salicyliminen, Dialkoholaten abgeleitet von Dialkoholen, Borsten stickstoffhaltiger Heterocyclen; oder ausgewählt aus bidentaten Liganden, die sich aus der Kombination aus zwei Gruppen der folgenden Formeln (42) bis (69) zusammensetzen, wobei eine Gruppe über ein neutrales Stickstoffatom oder ein Carbenatom bindet und die andere Gruppe über ein negativ geladenes Kohlenstoffatom oder ein negativ geladenes Stickstoffatom bindet, und der Ligand L' aus den Gruppen der Formeln (42) bis (69) gebildet wird, indem diese Gruppen jeweils an der durch # gekennzeichneten Position aneinander binden,



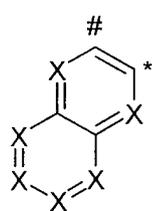
Formel (42)



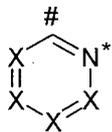
Formel (43)



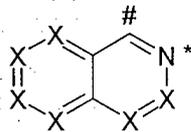
Formel (44)



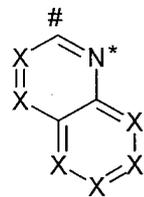
Formel (45)



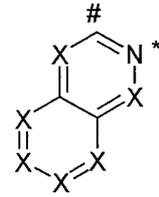
Formel (46)



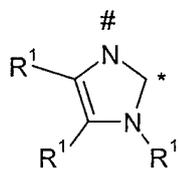
Formel (47)



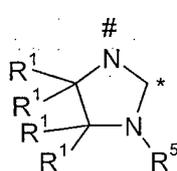
Formel (48)



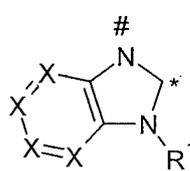
Formel (49)



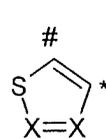
Formel (50)



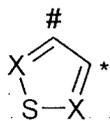
Formel (51)



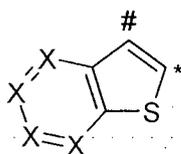
Formel (52)



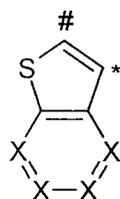
Formel (53)



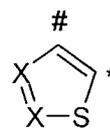
Formel (54)



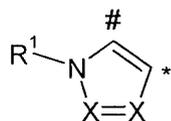
Formel (55)



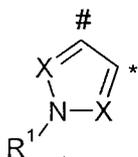
Formel (56)



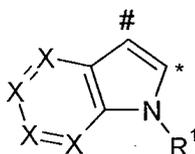
Formel (57)



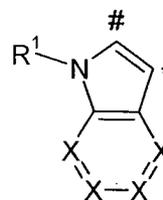
Formel (58)



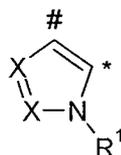
Formel (59)



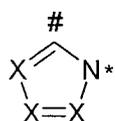
Formel (60)



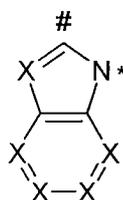
Formel (61)



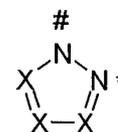
Formel (62)



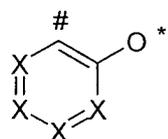
Formel (63)



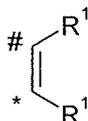
Formel (64)



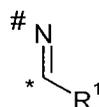
Formel (65)



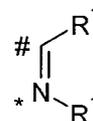
Formel (66)



Formel (67)



Formel (68)



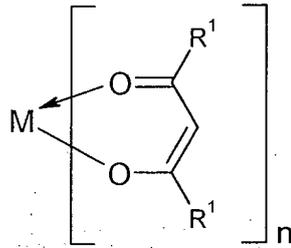
Formel (69)

wobei die verwendeten Symbole die in Anspruch 1 beschriebenen Bedeutungen aufweisen; oder ausgewählt aus η^5 -Cyclopentadienyl, η^5 -Pentamethylcyclopentadienyl, η^6 -Benzol oder η^7 -Cycloheptatrienyl, welche jeweils durch einen oder mehrere Reste R^1 substituiert sein können; oder ausgewählt aus 1,3,5-cis-Cyclohexanderivaten, 1,1,1-Tri(methylen)methanderivaten oder 1,1,1-trisubstituierten Methanen.

11. Verfahren zur Herstellung einer Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 durch Umsetzung der entsprechenden freien Liganden mit Metallalkoholaten der Formel (74), mit Metallketoketonaten der Formel (75) oder mit Metallhalogeniden der Formel (76),



Formel (74)



Formel (75)



Formel (76)

wobei die Symbole M, n und R¹ die in Anspruch 1 angegebenen Bedeutungen haben und Hal = F, Cl, Br oder I ist.

12. Verwendung einer Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 in einer elektronischen Vorrichtung, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen (OLEDs, PLEDs), organischen integrierten Schaltungen (O-ICs), organischen Feld-Effekt-Transistoren (O-FETs), organischen Dünnschichttransistoren (O-TFTs), organischen lichtemittierenden Transistoren (O-LETs), organischen Solarzellen (O-SCs), organischen optischen Detektoren, organischen Photorezeptoren, organischen Feld-Quench-Devices (O-FQDs), lichtemittierenden elektrochemischen Zellen (LECs) oder organischen Laserdioden (O-Laser).

13. Elektronische Vorrichtung, enthaltend mindestens eine Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10, bevorzugt ausgewählt aus der Gruppe bestehend aus organischen Elektrolumineszenzvorrichtungen (OLEDs, PLEDs), organischen integrierten Schaltungen (O-ICs), organischen Feld-Effekt-Transistoren (O-FETs), organischen Dünnschichttransistoren (O-TFTs), organischen lichtemittierenden Transistoren (O-LETs), organischen Solarzellen (O-SCs), organischen optischen Detektoren, organischen Photorezeptoren, organischen Feld-Quench-Devices (O-FQDs), lichtemittierenden elektrochemischen Zellen (LECs) oder organischen Laserdioden (O-Laser).

14. Organische Elektrolumineszenzvorrichtung nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 14 als emittierende Verbindung in einer oder mehreren emittierenden Schichten eingesetzt wird, bevorzugt in Kombination mit einem Matrixmaterial, wobei das Matrixmaterial bevorzugt ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus Ketonen, Phosphinoxiden, Sulfoxiden, Sulfonen, Triarylaminen, Carbazolderivaten, Indolocarbazolderivaten, Indenocarbazolderivaten, Azacarbazolderivaten, bipolaren Matrixmaterialien, Silanen, Azaborolen, Boronestern, Triazinderivaten, Zinkkomplexen, Diaza- oder Tetraazasilolderivaten oder Diazaphospholderivaten oder Mischungen dieser Matrixmaterialien.

15. Lösung oder Formulierung enthaltend mindestens eine Verbindung nach einem oder mehreren der Ansprüche 1 bis 10 und ein oder mehrere Lösemittel.

Es folgt ein Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figur 1

