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

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
25. April 2019 (25.04.2019)

WIPO | PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/077051 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 51/50 (2006.01) *B60Q 1/00* (2006.01)
F21S 41/155 (2018.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2018/078578

(22) Internationales Anmeldedatum:
18. Oktober 2018 (18.10.2018)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2017 218 708.5
19. Oktober 2017 (19.10.2017) DE

(71) Anmelder: **CYNORA GMBH** [DE/DE]; Werner-von-Siemens-Strasse 2-6, 76646 Bruchsal (DE).

(72) Erfinder: **VOLZ, Daniel**; Roonstraße 7, 76137 Karlsruhe (DE). **FLÜGGE, Harald**; Goethestraße 50, 76135 Karlsruhe (DE).

(74) Anwalt: **JACOBI, Markus**; Patentanwälte Isenbruck Bösl Hörschler PartG mbB, EASTSITE ONE, Seckenheimer Landstraße 4, 68163 Mannheim (DE).

(81) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart)*: AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) Bestimmungsstaaten *(soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart)*: ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:
— *mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)*
— *vor Ablauf der für Änderungen der Ansprüche geltenden Frist; Veröffentlichung wird wiederholt, falls Änderungen eingehen (Regel 48 Absatz 2 Buchstabe h)*

WO 2019/077051 A1

(54) **Title:** LIGHTING DEVICE FOR MOTOR VEHICLES AND INCREASED OPERATING TEMPERATURES

(54) **Bezeichnung:** BELEUCHTUNGSEINRICHTUNG FÜR KRAFTFAHRZEUGE UND ERHÖHTE BETRIEBSTEMPERATUREN

(57) **Abstract:** The invention relates to a lighting device for a motor vehicle, containing at least one organic light-emitting diode (OLED) with an emission layer B. The emission layer B contains at least one emitter E which emits light by means of thermally activated delayed fluorescence (TADF). The invention additionally relates to a method for generating light by means of such an OLED at an operating temperature which lies above the room temperature.

(57) **Zusammenfassung:** Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, enthaltend mindestens eine organische lichtemittierende Diode (OLED) mit einer Emissionsschicht B, wobei die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E enthält, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer solchen OLED bei einer über der Raumtemperatur liegenden Betriebstemperatur.

Beleuchtungseinrichtung für Kraftfahrzeuge und erhöhte Betriebstemperaturen

Die vorliegende Erfindung betrifft eine Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, enthaltend mindestens eine organische lichtemittierende Diode (OLED) mit einer Emissionsschicht B, wobei die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E enthält, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert. Ferner betrifft die vorliegende Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer solchen OLED bei einer über der Raumtemperatur liegenden Betriebstemperatur. Besonders betrifft die vorliegende Erfindung auch die Verwendung von TADF-OLEDs bei hohen Betriebstemperaturen (etwa im Bereich von 30°C bis 160°C, daher für Hochtemperaturanwendungen), insbesondere für den Kraftfahrzeugbereich, etwa als Teil einer Beleuchtungseinrichtung, insbesondere als Teil einer Außenbeleuchtungseinrichtung.

Beschreibung

Beleuchtungseinrichtungen basierend auf organischen lichtemittierenden Dioden (OLEDs) zeichnen sich dadurch aus, dass sie auf Grund ihres dünnen, leichten und flexiblen Aufbaus neue Gestaltungsformen ermöglichen. So können OLED-basierte Beleuchtungseinrichtungen im Kraftfahrzeugbereich auf die Karosserie oder auf Grund der möglichen Transparenz der OLED auf den Scheiben des Fahrzeuges aufgebraucht, insbesondere aufgeklebt werden. Ebenso kann die OLED-Beleuchtungseinrichtung in die Scheibe integriert werden oder von innen auf die Scheibe aufgebracht werden. Ebenfalls ist eine Aufbringung auf eine bereits vorhandene Beleuchtungseinrichtung möglich. DE-A 10217633 beschreibt verschiedene Anwendungsmöglichkeiten OLED-basierter Außenbeleuchtungseinrichtungen. Ebenfalls werden in DE-A 102009009087, DE-A 102013217848, DE-A 102014111119 und WO 2014/179824 OLEDs-basierte Beleuchtungen in Kraftfahrzeugen gelehrt.

Die hierein gelehrten OLEDs weisen jedoch zum Teil suboptimale Eigenschaften auf. So ist es bekannt, dass derartige herkömmliche OLEDs bei erhöhten Temperaturen zunehmend schlechtere optische Eigenschaften und verringerte Lebensdauern aufweisen.

Für Anwendungen in der Außenbeleuchtung von Kraftfahrzeugen müssen OLEDs auch bei hohen Umgebungstemperaturen die gesetzlich geforderte Leuchtdichte über einen langen Betriebszeitraum aufweisen. Bereits außerhalb des Betriebs kann durch äußere Einflüsse wie der Solarstrahlung die Beleuchtungseinrichtung Temperaturen deutlich über der Umgebungstemperatur ausgesetzt sein. Während des Betriebes wird die Bauteiltemperatur durch die Eigenerwärmung der OLED weiter erhöht. Es können typischerweise etwa Temperaturen im Bereich von 30°C bis über 100°C, mitunter bis zu 160°C, erreicht werden. Die im Stand der Technik im Kraftfahrzeugbereich verwendeten OLEDs erfüllen diese Anforderungen, insbesondere an die Temperaturstabilität regelmäßig nicht. Daher wird die Verwendung von OLEDs in Kraftfahrzeugen bislang erheblich erschwert.

Es bestand daher ein Bedarf an OLEDs für den Kraftfahrzeugbereich, die bei einer Verwendung bei erhöhten Temperaturen eine hohe Effizienz und eine ausreichende Lebensdauer aufweisen.

Überraschend wurde gefunden, dass die Verwendung von OLEDs, die das Prinzip der thermisch aktivierten verzögerten Fluoreszenz (TADF) nutzen, in Beleuchtungseinrichtungen im Kraftfahrzeugbereich besonders vorteilhaft ist. Insbesondere konnte die Temperaturstabilität und Lebensdauer der OLEDs unter Bedingungen, wie sie im Kraftfahrzeugbereich üblich sind, erheblich verbessert werden. Die externe Quanteneffizienz (EQE) einer solchen auf TADF beruhenden OLED kann mit steigender Temperatur sogar steigen.

Ein erster Aspekt der Erfindung betrifft daher eine Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, enthaltend mindestens eine organische lichtemittierende Diode (OLED) mit einer Emissionsschicht B, wobei die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E enthält, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert.

Anders ausgedrückt betrifft die Erfindung eine Beleuchtungseinrichtung, die am oder im Kraftfahrzeug angeordnet ist (oder angeordnet wird), enthaltend mindestens eine organische lichtemittierende Diode (OLED) mit einer Emissionsschicht B,

wobei die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E enthält, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert.

Üblicherweise weist eine OLED folgenden Aufbau auf:
- ein Substrat,
- eine Anode,
- mindestens eine Emissionsschicht B (lichtemittierende Schicht), und
- eine Kathode,

wobei die Anode oder die Kathode auf das Substrat aufgebracht sind, und die mindestens eine Emissionsschicht zwischen Anode und Kathode angeordnet ist.

Typischerweise befinden sich eine oder mehrere Lochinjektions- und/ oder Lochtransport- und/ oder Elektronenblockier-Schichten zwischen Anode und lichtemittierender Schicht B und eine oder mehrere Elektroneninjektions- und/ oder Elektronentransport- und/ oder Lochblockier-Schichten zwischen Kathode und lichtemittierender Schicht B. Die einzelnen Schichten werden sequentiell abgeschieden.

Die Emissionsschicht B stellt einen zentralen Bestandteilt der OLED dar. Wird eine Spannung an da OLED Bauteil angelegt, werden Löcher und Elektronen von Anode und Kathode injiziert. Durch Rekombination der Löcher und Elektronen in der Emissionsschicht werden Exzitonen erzeugt. Die Relaxation aus angeregten Zuständen (z.B. aus Singulett-Zuständen wie S1 und/ oder Triplett-Zuständen wie T1) in den Grundzustand S0 sollte über Lichtemission erfolgen.

Erfindungsgemäß enthält die Emissionsschicht B einen thermisch-aktivierte verzögerte Fluoreszenz-(TADF)-Emitter E. TADF-Emitter weisen eine ersten angeregten Triplett-Zustand T1 auf, der ausreichend nahe energetisch unter dem ersten angeregten Singulett-Zustand S1 liegt, dass bis zu 100% der bei der Rekombination von Löchern und Elektronen entstehenden Exzitonen für die Lichtemission genutzt werden können. Dadurch wird eine thermische Rückbesetzung des S1-Zustandes aus dem T1-Zustand möglich.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E eine Energiedifferenz ΔE zwischen dem untersten angeregten Singulett-Zustand S1 und dem darunterliegenden Triplett-Zustand T1 (E(S1-T1)-Wert) von nicht mehr als 0,3 eV auf.

Gemäß einer noch stärker bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E einen E(S1-T1)-Wert von nicht mehr als 0,2 eV, insbesondere von nicht mehr als 0,1 eV, auf.

Auf Grund der thermischen Rückbesetzung des S1-Zustandes hängen bei TADF-Emittern typischerweise die Intensität der Lichtemission (daher auch die Quantentausbeute) und die Emissionslebensdauer von der Temperatur ab. Im Gegensatz zu Fluoreszenz- und Phosphoreszenz-Emittern, bei denen die Quanteneffizienz, insbesondere die Photolumineszenz-Quantenausbeute (phospholuminscence quantum yield, PLQY), und die Exzitonen-Lebensdauer tau keine Funktion der Temperatur sind, sinkt bei TADF-Emittern die Exzitonen-Lebensdauer zwischen Raumtemperatur (daher etwa 20 °C) und 70 °C weiter ab, während die Quanteneffizienz steigt (und/oder zumindest nicht/weniger als erwartet abnimmt).

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform steigt daher die externe Quanteneffizienz (EQE) der OLED mit steigender Temperatur.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform nimmt daher die externe Quanteneffizienz (EQE) der OLED nicht mit steigender Temperatur ab oder nimmt weniger als erwartet ab.

Die in der Anmeldung verwendeten Begriffe „TADF-Material" und „TADF-Emitter" sind synonym zu verstehen und untereinander austauschbar.

Der Emitter E kann grundsätzlich eine beliebige chemische Struktur aufweisen. Er kann beispielhaft rein organisch sein, kann einen Metallkomplex darstellen oder sonstige anorganische Bestandteile enthalten.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist der Emitter E ein rein organischer TADF-Emitter.

Daher weist der Emitter E bevorzugt keine Metallionen auf. Reine organische TADF-Emitter E sind dem Fachmann bekannt. Beispielhafte Emitter für die Farben blau, grün und rot beschreiben Wong und Zysman-Colman („Purely Organic Thermally Activated Delayed Fluorescence Materials for Organic Light-Emitting Diodes.", Adv Mater. 2017 Jun;29(22)) und EP-A 3113239.

Der Emitter E kann eine beliebige Molekulargröße aufweisen. Er kann groß- oder kleinmolekular sein. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E eine Molekülmasse von mehr als 1000 g/mol auf. Gemäß einer anderen bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E eine Molekülmasse von nicht mehr als 1000 g/mol auf. Beispielhaft kann der Emitter E eine Molekülmasse im Bereich von 200 bis 10000 g/mol, 300 bis 5000 g/mol, 400 bis 2000 g/mol, 250 bis 1000 g/mol, 500 bis 1000 g/mol, über 1500 g/mol oder über 2000 g/mol aufweisen.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 800 nm auf. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 600 nm auf.

Gemäß einer stark bevorzugten Ausführungsform weist der rein organische Emitter E eine Energiedifferenz ΔE zwischen dem untersten angeregten Singulett-Zustand S1 und dem darunterliegenden Triplett-Zustand T1 von nicht mehr als 0,3 eV, ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 800 nm (beispielhaft von 420 nm bis 600 nm) auf.

Der erfindungsgemäße Emitter E weist bevorzugt Emissionen im sichtbaren Bereich des Spektrums auf. Stärker bevorzugt weist der Emitter E ein Emissionsmaximum im blauen, himmelblauen, grünen, gelben oder roten Spektralbereich auf.

Auch die erfindungsgemäße OLED weist bevorzugt Emissionen im sichtbaren Bereich des Spektrums auf. Stärker bevorzugt weist die OLED ein Emissionsmaximum im blauen, himmelblauen oder grünen Spektralbereich auf. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist die OLED daher ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 800 nm beispielhaft von 420 nm bis 600 nm) auf. Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform weist die OLED daher ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 800 nm (beispielhaft von 420 nm bis 600 nm) auf und die die externe Quanteneffizienz (EQE) der OLED steigt (und/oder nimmt zumindest nicht/weniger als erwartet ab) mit steigender Temperatur.

Die Photolumineszenzquantenausbeute (PLQY) des erfindungsgemäßen Emitters E beträgt bevorzugt 20 % und mehr. Die Verwendung des Emitters E in einer optoelektronischen Vorrichtung, beispielsweise einer OLED kann zu höheren Effizienzen der Vorrichtung führen.

Entsprechende OLEDs weisen typischerweise eine höhere Stabilität auf als OLEDs mit bekannten Emitter-Materialien und vergleichbarer Farbe.

Unter dem blauen Spektralbereich wird hier der sichtbare Bereich von kleiner als 470 nm, bevorzugt von 420 bis 470 nm verstanden. Unter dem himmelblauen Spektralbereich wird hier der Bereich von 470 nm bis 499 nm verstanden. Unter dem grünen Spektralbereich wird hier der Bereich von 500 nm bis 569 nm verstanden. Unter dem gelben Spektralbereich wird hier der Bereich von 570 nm bis 639 nm verstanden und unter dem roten Spektralbereich der Bereich von 640 nm bis 800 nm. Dabei liegt das Emissionsmaximum im jeweiligen Bereich. Beispielhaft kann die OLED daher ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 470 nm, im Bereich von 470 nm bis 499 nm, im Bereich von 500 nm bis 569 nm, im Bereich von 570 nm bis 639 nm oder im Bereich von 640 nm bis 800 nm aufweisen.

Eine bevorzugte Ausführungsform der Erfindung betrifft einen Emitter E, der einen $\Delta E(S_1\text{-}T_1)$-Wert zwischen dem untersten angeregten Singulett (S_1)- und dem darunter liegenden Triplett (T_1)-Zustand von nicht höher als 5000 cm^{-1}, insbesondere nicht höher als 3000 cm^{-1}, oder nicht höher als 1500 cm^{-1} oder 1000 cm^{-1} aufweist und/oder eine Emissionslebensdauer von höchstens 150 µs, insbesondere von höchstens 100 µs, von höchsten 50 µs, oder von höchstens 10 µs aufweisen und/oder eine Hauptemissionsbande mit einer Halbwertsbreite kleiner als 0,55 eV, insbesondere kleiner als 0,50 eV, kleiner als 0,48 eV, oder kleiner als 0,45 eV aufweist.

Die Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug kann jegliche Beleuchtungseinrichtung sein, die in oder an einem Kraftfahrzeug einsetzbar ist bzw. eingesetzt wird sein. Diese kann an der Innen- oder der Außenseite des Kraftfahrzeugs angebracht werden bzw. angebracht sein oder in andere Elemente des Kraftfahrzeugs eingebaut sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Beleuchtungseinrichtung eine Signalleuchte an der Außenseite des Kraftfahrzeugs. Gemäß einer weiter bevorzugten Ausführungsform ist die Beleuchtungseinrichtung eine Signalleuchte an der Außenseite des Kraftfahrzeugs, die ausgewählt ist aus der Gruppe bestehend aus einem alternierend leuchtenden Fahrtrichtungsanzeiger, einem Schlusslicht, einem Bremslicht, einem Signallicht zum Anzeigen des autonomen oder manuellen Fahrbetriebs, einer optional hochgesetzten Bremsleuchte und einem Außendisplay.

Der Emitter E kann eine beliebige Glasübergangstemperatur (einen beliebigen Glasübergangspunkt) aufweisen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist der Emitter E eine Glasübergangstemperatur von über 130 °C auf.

Stärker bevorzugt weist der Emitter E eine Glasübergangstemperatur von über über 140 °C, insbesondere von über 150 °C, auf.

Auch die Emissionsschicht B kann eine beliebige Glasübergangstemperatur aufweisen. Bevorzugt weist die Emissionsschicht B eine Glasübergangstemperatur von über 120 °C, stärker bevorzugt von über 130 °C, noch stärker bevorzugt von über 140 °C, insbesondere von über 150 °C, auf.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform enthält die Emissionsschicht B ausschließlich Materialien, die eine Glasübergangstemperatur von über 120 °C aufweisen.

Stärker bevorzugt enthält die Emissionsschicht B ausschließlich Materialien, die eine Glasübergangstemperatur von über 130 °C, noch stärker bevorzugt von über 140 °C, insbesondere von über 150 °C, aufweisen.

Bevorzugt behält auch die gesamte OLED ihre mechanische Festigkeit bei höheren Temperaturen bei. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform stellt daher die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung eine thermostabile Beleuchtungseinrichtung dar und die OLED enthält ausschließlich Materialien, die eine Glasübergangstemperatur von über 120 °C aufweisen.

Bevorzugt enthält die OLED ausschließlich Materialien, die eine Glasübergangstemperatur von über 130 °C, noch stärker bevorzugt von über 140 °C, insbesondere von über 150 °C, aufweisen. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird die Beleuchtungseinrichtung am oder im Kraftfahrzeug so angeordnet, dass sie beim Langzeitbetrieb des Kraftfahrzeugs bei einer Außentemperatur von 20°C einer um mindestens 10°C gegenüber der Außentemperatur erhöhten Betriebstemperatur ausgesetzt wird. Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform wird die Beleuchtungseinrichtung am oder im Kraftfahrzeug so angeordnet, dass sie beim Langzeitbetrieb des Kraftfahrzeugs bei einer Außentemperatur von 20°C einer um mindestens 25°C gegenüber der Außentemperatur erhöhten Betriebstemperatur ausgesetzt wird.

Wie hierin verwendet, bedeutet „Langzeitbetrieb“ eine Betriebszeit, bei der die Temperatur nicht mehr signifikant steigt, daher bei gleichbleibender Außentemperatur eine um nicht mehr als 5°C niedrigere Temperatur aufweist als maximal bei Dauerbetrieb bei dieser konstanten Außentemperatur erreicht wird. Bevorzugt stellt ein „Langzeitbetrieb“ einen Betrieb des Kraftfahrzeugs für mindestens 15 min, stärker bevorzugt einen Betrieb des Kraftfahrzeugs für mindestens 30 min, insbesondere einen Betrieb des Kraftfahrzeugs für mindestens 1 h dar.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform der erfindungsgemäßen Beleuchtungseinrichtung ist der Emitter E als Emissionsmaterial in der Emissionsschicht B eingesetzt, wobei er entweder als Reinschicht oder in Kombination mit einem oder mehreren Hostmaterialien eingesetzt wird.

Der Massenanteil des Emitter E an der Emissionsschicht B beträgt gemäß einer bevorzugten Ausführungsform zwischen 1 % und 80 %. Die Emissionsschicht B kann gemäß einer alternativen Ausführungsform auch ausschließlich aus dem Emitter E bestehen, wobei die Anode und die Kathode auf das Substrat aufgebracht sein können, und die Emissionsschicht B zwischen Anode und Kathode angeordnet sein kann.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist die Emissionsschicht B auf ein Substrat aufgebracht, wobei bevorzugt eine Anode und eine Kathode auf das Substrat aufgebracht sind und die Emissionsschicht B zwischen Anode und Kathode aufgebracht ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die erfindungsgemäße Zusammensetzung der Emissionsschicht B einen Emitter E und ein oder mehrere Hostmaterialien. Stärker bevorzugt betrifft die Erfindung eine Zusammensetzung aufweisend oder bestehend aus:

(a) mindestens einem erfindungsgemäßen organischen Molekül, bevorzugt als Emitter und/oder Host, insbesondere Emitter E, und

(b) optional mindestens ein, d.h. ein oder mehrere Emitter- und/oder Hostmaterialien, die von Emitter E verschiedenen ist bzw. sind und

(c) optional eine oder mehreren Farbstoffen und/ oder einem oder mehreren organischen Lösungsmitteln.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Emissionsschicht B daher:

(a) den Emitter E;
(b) einen oder mehrere Hostmaterialien H, die von dem Emitter E verschieden sind;
(c) einen oder mehrere TADF-Emitter K, die von dem Emitter E verschieden sind, und
(d) einen oder mehrere weitere Komponenten ausgewählt aus der Liste bestehend aus einem oder mehreren Emittern F, die keine TADF-Emitter darstellen, einem oder mehreren Farbstoffen C, einem oder mehreren Lösungsmitteln L und Kombinationen aus zwei oder mehr daraus.

Gemäß einer stärker bevorzugten Ausführungsform besteht die Emissionsschicht B aus:
(a) dem Emitter E;
(b) einem oder mehreren Hostmaterialien H, die von dem Emitter E verschieden sind;
(c) einem oder mehreren TADF-Emittern K, die von dem Emitter E verschieden sind, und
(d) einer oder mehrerer weiterer Komponenten ausgewählt aus der Liste bestehend aus einem oder mehreren Emittern F, die keine TADF-Emitter darstellen, einem oder mehreren Farbstoffen C, einem oder mehreren Lösungsmitteln L und Kombinationen aus zwei oder mehr daraus.

In anderen Worten ist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung bevorzugt dadurch gekennzeichnet, dass die Emissionsschicht B aus einer Zusammensetzung aufweisend (oder bestehend aus):
(a) einen Emitter E
(b) ein Hostmaterial H und
(c) optional ein weiteres Hostmaterial D oder einen Fluoreszenz-Emitter F oder einen TADF-Emitter K,
wobei E, H, D, F und K jeweils verschieden sind.

Das oder die Hostmaterialen weisen bevorzugt Triplett (T1)- und Singulett (S1)-Energieniveaus auf, die energetisch höher liegen als die Triplett (T1)- und Singulett (S1)- Energieniveaus des Emitters E. In einer bevorzugten Ausführungsform weist die Zusammensetzung neben dem Emitter E ein elektronendominantes und/oder ein lochdominantes Hostmaterial auf. Das höchste besetzte Orbital (HOMO) und das niedrigste unbesetzte Orbital (LUMO) des lochdominanten Hostmaterials liegen energetisch bevorzugt höher als das des elektronendominanten Hostmaterials.

Das HOMO des lochdominanten Hostmaterials liegt energetisch bevorzugt unter dem HOMO des Emitters E, während das LUMO des elektronendominanten Hostmaterials energetisch bevorzugt über dem LUMO des Emitters E. Um Exciplex-Formation zwischen Emitter und Hostmaterial oder Hostmaterialien zu vermeiden, werden die Materialien bevorzugt so gewählt sein, dass die Energieabstände zwischen den jeweiligen Orbitalen gering sind. Der Abstand zwischen dem LUMO des elektronendominanten Hostmaterials und dem LUMO des Emitters E beträgt bevorzugt weniger als 0,5 eV, stärker bevorzugt weniger als 0,3 eV, insbesondere weniger als 0,2 eV. Der Abstand zwischen dem HOMO des lochdominanten Hostmaterials und dem HOMO des Emitters E beträgt bevorzugt weniger als 0,5 eV, bevorzugt weniger als 0,3 eV, insbesondere weniger als 0,2 eV.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform weist eine OLED gemäß der vorliegenden Erfindung folgenden Aufbau auf:
- ein Substrat,
- eine Anode,
- mindestens eine Emissionsschicht B, enthaltend Emitter E und optional weitere Komponenten ausgewählt aus einem oder mehreren Hostmaterialien H, einem oder mehreren TADF-Emittern K und einer oder mehrerer weiterer Komponenten wie jeweils hierin beschrieben, und
- eine Kathode,
wobei die Anode oder die Kathode auf das Substrat aufgebracht sind, und die mindestens eine Emissionsschicht B, die zwischen Anode und Kathode angeordnet ist.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform handelt es sich bei der optoelektronischen Vorrichtung um eine OLED, die bevorzugt folgenden Schichtaufbau aufweist:
1. Substrat (Trägermaterial)
2. Anode
3. Lochinjektionsschicht (hole injection layer, HIL)
4. Lochtransportschicht (hole transport layer, HTL)
5. Elektronenblockierschicht (electron blocking layer, EBL)
6. erfindungsgemäße Emissionsschicht B (mit Emitter E) (emitting layer, EML)
7. Lochblockierschicht (hole blocking layer, HBL)
8. Elektronenleitschicht (electron transport layer, ETL)
9. Elektroneninjektionsschicht (electron injection layer, EIL)
10. Kathode.

Dabei können einzelne Schichten lediglich in optionaler Weise vorhanden sein. Weiterhin können mehrere dieser Schichten zusammenfallen. Und es können einzelne Schichten mehrfach im Bauteil vorhanden sein.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform ist mindestens eine Elektrode des organischen Bauelements transluzent ausgebildet. Hier wird mit „transluzent“ eine Schicht bezeichnet, die durchlässig für sichtbares Licht (daher insbesondere einen Wellenlängenbereich von 420 bis 750 nm, bevorzugt 400 bis 800 nm) ist. Dabei kann die transluzente Schicht klar durchscheinend, also transparent, oder zumindest teilweise Licht absorbierend und/oder teilweise Licht streuend sein, so dass die transluzente Schicht beispielsweise auch diffus oder milchig durchscheinend sein kann. Insbesondere ist eine hier als transluzent bezeichnete Schicht möglichst transparent ausgebildet, so dass insbesondere die Absorption von Licht so gering wie möglich ist.

Gemäß einer alternativen Ausführungsform weist das organische Bauelement, insbesondere eine OLED, einen invertierten Aufbau auf. Der invertierte Aufbau zeichnet sich dadurch aus, dass sich die Kathode auf dem Substrat befindet und die anderen Schichten entsprechend invertiert aufgebracht werden:

1. Substrat (Trägermaterial)
2. Kathode
3. Elektroneninjektionsschicht (electron injection layer, EIL)
4. Elektronenleitschicht (electron transport layer, ETL)
5. Lochblockierschicht (hole blocking layer, HBL)
6. erfindungsgemäße Emissionsschicht B (enthaltend Emitter E) (emitting layer, EML)
7. Elektronenblockierschicht (electron blocking layer, EBL)
8. Lochtransportschicht (hole transport layer, HTL)
9. Lochinjektionsschicht (hole injection layer, HIL)
10. Anode

Auch hierbei können einzelne Schichten lediglich in optionaler Weise vorhanden sein. Weiterhin können mehrere dieser Schichten zusammenfallen. Und es können einzelne Schichten mehrfach im Bauteil vorhanden sein.

Gemäß einer Ausführungsform der erfindungsgemäßen organischen optoelektronischen Vorrichtung sind eine löcher- und elektroneninjizierende Schicht zwischen Anode und Kathode, und eine löcher- und elektronentransportierende Schicht zwischen löcher- und elektroneninjizierender

Schicht, und die Emissionsschicht B zwischen löcher- und elektronentransportierender Schicht aufgebracht.

Die organische optoelektronische Vorrichtung weist gemäß einer weiteren Ausführungsform der Erfindung auf: ein Substrat, eine Anode, eine Kathode und mindestens je eine löcher- und elektroneninjizierende Schicht, und mindestens je eine löcher- und elektronentransportierende Schicht, und mindestens eine Emissionsschicht B, die Emitter E und ein oder mehrere Hostmaterialen aufweist, deren Triplett (T_1)- und Singulett (S_1)-Energieniveaus energetisch höher liegen als die Triplett (T_1)- und Singulett (S_1)-Energieniveaus des Emitters E, wobei die Anode und die Kathode auf das Substrat aufgebracht ist, und die löcher- und elektroneninjizierende Schicht zwischen Anode und Kathode aufgebracht ist, und die löcher- und elektronentransportierende Schicht zwischen löcher- und elektroneninjizierender Schicht aufgebracht ist, und die Emissionsschicht B zwischen löcher- und elektronentransportierender Schicht aufgebracht ist.

In einer bevorzugten Ausführungsform wird bei der invertierten OLED die Anodenschicht des typischen Aufbaus, z.B. eine ITO-Schicht (Indium-Zinn-Oxid), als Kathode geschaltet.

Gemäß einer weiteren bevorzugten Ausführungsform weist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung einen gestapelten Aufbau auf, wobei die einzelnen OLEDs übereinander und nicht wie üblich nebeneinander angeordnet werden. Durch einen gestapelten Aufbau kann die Erzeugung von Mischlicht ermöglicht werden. Beispielsweise kann dieser Aufbau bei der Erzeugung von weißem Licht eingesetzt werden, für dessen Erzeugung das gesamte sichtbare Spektrum typischerweise durch die Kombination des emittierten Lichts von blauen, grünen und roten Emittern abgebildet wird.

Weiterhin können bei praktisch gleicher Effizienz und identischer Leuchtdichte signifikant längere Lebensdauern im Vergleich zu üblichen OLEDs erzielt werden. Für den gestapelten Aufbau wird optional eine sogenannte Ladungserzeugungsschicht (charge generation layer, CGL) zwischen zwei OLEDs eingesetzt. Diese kann aus einer n-dotierten und einem p-dotierten Schicht bestehen, wobei die n-dotierte Schicht typischerweise näher an der Anode aufgebracht wird.

In einer Ausführungsform - einer sogenannten Tandem-OLED - treten zwei oder mehr Emissionsschichten zwischen Anode und Kathode auf. In einer

Ausführungsform sind drei Emissionsschichten übereinander angeordnet, wobei eine Emissionsschicht rotes Licht emittiert, eine Emissionsschicht grünes Licht emittiert und eine Emissionsschicht blaues Licht emittiert und optional weitere Ladungserzeugungs-, Blockier- oder Transportschichten zwischen den einzelnen Emissionsschichten aufgebracht sind. In einer weiteren Ausführungsform werden die jeweiligen Emissionsschichten direkt angrenzend aufgebracht. In einer weiteren Ausführungsform befindet sich jeweils eine Ladungserzeugungsschicht zwischen den Emissionsschichten. Weiterhin können in einer OLED direkt angrenzende und durch Ladungserzeugungsschichten getrennte Emissionsschichten kombiniert werden.

Über den Elektroden und den organischen Schichten kann weiterhin noch eine Verkapselung angeordnet sein. Die Verkapselung kann beispielsweise in Form eines Glasdeckels oder in Form einer Dünnschichtverkapselung ausgeführt sein.

Als Trägermaterial der optoelektronischen Vorrichtung kann beispielsweise Glas, Quarz, Kunststoff, Metall, ein Siliziumwafer oder jedes andere geeignete feste oder flexible, optional durchsichtige Material dienen. Das Trägermaterial kann beispielsweise ein oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Folie, einer Platte oder einem Laminat aufweisen.

Als Anode der optoelektronischen Vorrichtung können beispielsweise transparente leitende Metalloxide wie beispielsweise ITO (Indium-Zinn-Oxid), Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Aluminiumzinkoxid (AZO), Zn_2SnO_4, $CdSnO_3$, $ZnSnO_3$, $MgIn_2O_4$, $GaInO_3$, $Zn_2In_2O_5$ oder $In_4Sn_3O_{12}$ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide dienen.

Als Materialien einer HIL können beispielsweise PEDOT:PSS (Poly-3,4-ethylendioxythiophen:Polystyrolsulfonsäure), PEDOT (Poly-3,4-ethylendioxy-thiophen), m-MTDATA (4,4′,4″-Tris[phenyl(m-tolyl)amino]triphenylamin), Spiro-TAD (2,2′,7,7′-Tetrakis(N,N-diphenylamino)-9,9-spirobifluoren), DNTPD (4,4'-Bis[N-[4-{N,N-bis(3-methyl-phenyl)amino}phenyl]-N-phenylamino]biphenyl), NPB (N,N'-Bis-(1-naphthalenyl)-N,N'-bis-phenyl-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamin), NPNPB (N,N'-Diphenyl-N,N'-di-[4-(N,N-diphenyl-amino)phenyl]benzol), MeO-TPD (N,N,N′,N′-Tetrakis(4-methoxyphenyl)benzol), HAT-CN (1,4,5,8,9,11-Hexaazatri-phenylen-hexacarbonitril) oder Spiro-NPD (N,N′-diphenyl-N,N′-Bis-(1-naphthyl)-9,9′-spirobifluorene-2,7-diamin) dienen. Beispielhaft ist die Schichtdicke 10-80 nm. Des Weiteren können kleine Moleküle verwendet werden (z. B. Kupfer-Phthalocyanin (CuPc, z. B. 10 nm dick)) oder Metalloxide wie etwa MoO_3, V_2O_5.

Als Materialien einer HTL können tertiäre Amine, Carbazolderivate, mit Polystyrolsulfonsäure dotiertes Polyethylendioxythiophen, mit Camphersulfonsäure dotiertes Polyanilin poly-TPD (Poly(4-butylphenyl-diphenyl-amin)), [alpha]-NPD (Poly(4-butylphenyl-diphenyl-amin)), TAPC (4,4′-Cyclohexyliden-bis[*N,N*-bis(4-methylphenyl)benzenamin]), TCTA (Tris(4-carbazoyl-9-ylphenyl)amin), 2-TNATA (4,4′,4″-Tris[2-naphthyl(phenyl-amino]triphenylamin), Spiro-TAD, DNTPD, NPB, NPNPB, MeO-TPD, HAT-CN oder TrisPcz (9,9'-Diphenyl-6-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H,9'H-3,3'-bicarbazol) dienen. Beispielhaft ist die Schichtdicke 10 nm bis 100 nm.

Die HTL kann eine p-dotierte Schicht aufweisen, die einen anorganischen oder organischen Dotierstoff in einer organischen löcherleitenden Matrix aufweist. Als anorganischer Dotierstoff können beispielsweise Übergangsmetalloxide wie etwa Vanadiumoxid, Molybdänoxid oder Wolframoxid genutzt werden. Als organische Dotierstoffe können beispielsweise Tetrafluorotetracyanoquinodimethan (F4-TCNQ), Kupfer-Pentafluorobenzoat (Cu(I)pFBz) oder Übergangsmetallkomplexe verwendet werden. Beispielhaft kann die Schichtdicke 10 nm bis 100 nm betragen.

Als Materialien einer Elektronenblockierschicht können beispielsweise mCP (1,3-Bis(carbazol-9-yl)benzol), TCTA, 2-TNATA, mCBP (3,3-Di(9H-carbazol-9-yl)biphenyl), tris-Pcz (9,9'-Diphenyl-6-(9-phenyl-9H-carbazol-3-yl)-9H,9'H-3,3'-bicarbazol), CzSi (9-(4-tert-Butylphenyl)-3,6-bis(triphenylsilyl)-9H-carbazol) oder DCB (N,N′-Dicarbazolyl-1,4-dimethylbenzol) dienen. Beispielhaft kann die Schichtdicke 10 nm bis 50 nm betragen.

Die Emissionsschicht B (Emitter-Schicht EML) enthält (oder besteht aus) Emittermaterial oder eine Mischung aufweisend mindestens zwei Emittermaterialien und optional ein oder mehreren Hostmaterialien. Erfindungsgemäß enthält die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert. Geeignete Hostmaterialien sind beispielsweise mCP, TCTA, 2-TNATA, mCBP, CBP (4,4'-Bis-(N-carbazolyl)-biphenyl), Sif87 (Dibenzo[b,d]thiophen-2-yltriphenylsilan), Sif88 (Dibenzo[b,d]thiophen-2-yl)diphenylsilan) oder DPEPO (Bis[2-((oxo)diphenylphosphino)phenyl]ether).

Für im Grünen oder im Roten emittierendes Emittermaterial oder einer Mischung aufweisend mindestens zwei Emittermaterialien eignen sich die gängigen Matrixmaterialien wie CBP. Für im Blauen emittierendes Emittermaterial oder einer Mischung aufweisend mindestens zwei Emittermaterialien können UHG-

Matrixmaterialien (Ultra-High energy Gap Materialien) (siehe z. B. M.E. Thompson et al., Chem. Mater. 2004, 16, 4743) oder andere sogenannten Wide-Gap-Matrixmaterialien eingesetzt werden. Beispielhaft ist die Schichtdicke 10 nm bis 250 nm.

Die Lochblockierschicht HBL kann beispielsweise BCP (2,9-Dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin = Bathocuproin), Bis-(2-methyl-8-hydroxychinolinato)-(4-phenylphenolato)-aluminium(III) (BAlq), Nbphen (2,9-Bis(naphthalen-2-yl)-4,7-diphenyl-1,10-phenanthrolin), Alq3 (Aluminium-tris(8-hydroxychinolin)), TSPO1 (Diphenyl-4-triphenylsilylphenyl-phosphinoxid) oder TCB/TCP (1,3,5-Tris(N-carbazolyl)benzol/ 1,3,5-tris(carbazol)-9-yl) benzol) aufweisen. Beispielhaft kann die Schichtdicke 10 nm bis 50 nm betragen.

Die Elektronentransportschicht ETL kann beispielsweise Materialien auf Basis von AlQ_3, TSPO1, BPyTP2 (2,7-Di(2,2′-bipyridin-5-yl)triphenyl), Sif87, Sif88, BmPyPhB (1,3-Bis[3,5-di(pyridin-3-yl)phenyl]benzol) oder BTB (4,4′-Bis-[2-(4,6-diphenyl-1,3,5-triazinyl)]-1,1′-biphenyl) aufweisen. Beispielhaft kann die Schichtdicke 10 nm bis 200 nm betragen.

Als Materialien einer dünnen Elektroneninjektionsschicht EIL können beispielsweise CsF, LiF, 8-Hydroxyquinolinolatolithium (Liq), Li_2O, BaF_2, MgO oder NaF verwendet werden.

Als Materialien der Kathodenschicht können Metalle oder Legierungen dienen, beispielsweise Al, Al > AlF, Ag, Pt, Au, Mg, Ag:Mg. Typische Schichtdicken betragen 100 nm bis 200 nm. Insbesondere werden ein oder mehrere Metalle verwendet, die stabil an der Luft sind und/oder die selbstpassivierend, beispielsweise durch Ausbildung einer dünnen schützenden Oxidschicht, sind.

Als Materialien zur Verkapselung sind beispielsweise Aluminiumoxid, Vanadiumoxid, Zinkoxid, Zirkoniumoxid, Titanoxid, Hafniumoxid, Lanthanoxid, Tantaloxid und Mischungen aus zwei oder mehr daraus geeignet.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung eine externe Quanteneffizienz (EQE) bei 1000 cd/m^2 von größer 5 %, insbesondere von größer 8 %, insbesondere von größer 10 %, oder von größer 13 %, oder von größer 16 % und insbesondere von größer 20 % und/oder einen LT80 Wert (Lebensdauer bis zu der die Leuchtdichte bei konstanter Stromdichte auf 80% der ursprünglichen Leuchtdichte abgesunken ist,

etwa gemessen bei 70 °C) bei 500 cd/m^2 von größer 30 h, insbesondere von größer 70 h, oder von größer 100 h, oder von größer 150 h und insbesondere von größer 200 h auf.

Gemäß einer Ausführungsform der Erfindung weist die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung eine externe Quanteneffizienz (EQE) bei 1000 cd/m^2 von größer 5 %, insbesondere von größer 8 %, insbesondere von größer 10 %, oder von größer 13 %, oder von größer 16 % und insbesondere von größer 20 % und/oder einen LT80 Wert (Lebensdauer bis zu der die Leuchtdichte bei konstanter Stromdichte auf 80% der ursprünglichen Leuchtdichte abgesunken ist, etwa gemessen bei 20 °C) bei 500 cd/m^2 von größer 30 h, insbesondere von größer 70 h, oder von größer 100 h, oder von größer 150 h und insbesondere von größer 200 h auf.

Auch das Kraftfahrzeug, das eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung umfasst, unterscheidet sich von Kraftfahrzeugen des Standes Technik darin, dass die Beleuchtung bei erhöhter Temperatur verbesserte optische Eigenschaften und eine längere Lebensdauer als die bekannten OLED-Beleuchtungseinrichtungen zeigt. Daher betrifft ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Kraftfahrzeug umfassend mindestens eine erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung.

Bei den im Zusammenhang mit Beleuchtungseinrichtungen definierten Eigenschaften handelt es sich um bevorzugte Ausführungsformen, die in gleicher Weise für das Kraftfahrzeug definiert werden können. Ferner erlaubt die erfindungsgemäße Beleuchtungseinrichtung die effektive Erzeugung von Licht bei erhöhten Betriebstemperaturen.

Daher betrifft ein weiterer Aspekt der vorliegenden Erfindung ein Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer organischen lichtemittierenden Diode (OLED) bei einer Betriebstemperatur dieser im Bereich von 30°C bis 160°C, umfassend die Schritte:

(i) Bereitstellen der erfindungsgemäßen OLED, die Eigenschaften wie hierin definiert aufweist; und

(ii) Anlegen einer elektrischen Spannung an die OLED aus Schritt (i).

Anders ausgedrückt betrifft die vorliegende Erfindung auch ein Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug

gemäß der vorliegenden Erfindung bei einer Betriebstemperatur dieser im Bereich von 30°C bis 160°C, umfassend die Schritte:

(i) Bereitstellen der Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug gemäß der vorliegenden Erfindung; und
(ii) Anlegen einer elektrischen Spannung an die Beleuchtungseinrichtung aus Schritt (i).

Es wird erkannt werden, dass die im Zusammenhang mit der Beleuchtungseinrichtung definierten Eigenschaften und bevorzugten Ausführungsformen in gleicher Weise für das erfindungsgemäße Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer solchen Beleuchtungseinrichtung definiert werden können.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform wird durch das erfindungsgemäße Verfahren Licht im Wellenlängenbereich von 420 bis 600 nm erzeugt.

Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform stellt die bei der Durchführung des Verfahrens verwendete Beleuchtungseinrichtung bzw. OLED einen Teil einer Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug gemäß der vorliegenden Erfindung dar.

Die nachfolgenden Beispiele und die Figur 1 dienen der näheren Erläuterung der Erfindung.

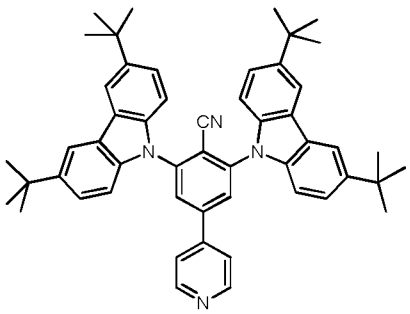
Kurze Beschreibung der Figur

Figur 1 zeigt die zwei Messpunkte bei Raumtemperatur und bei 70 °C, wobei die Lebensdauer relativ zu der Lebensdauer bei Raumtemperatur, welche dem normierten Wert 1.0 entspricht, angegeben ist, für das erfindungsgemäße System (gefülltes Rechteck: erfindungsgemäßes Beispiel 1, ungefülltes Dreieck: Vergleichsbeispiel).

Beispiel

Beispiel 1
Es wurde ein OLED-Pixel mit folgendem Aufbau hergestellt (Anteil des Emitters und des Hostmoleküls an der Emissionsschicht ist jeweils in Massenprozent angegeben):

Schicht	Dicke	Material
8	100 nm	Al
7	2 nm	Liq
6	40 nm	NBPhen
5	20 nm	9-[3,5-Bis(2-dibenzofuranyl)phenyl]-9H-carbazol:T2T:**E1** (70:20:10)
4	8 nm	9-[3,5-Bis(2-dibenzofuranyl)phenyl]-9H-carbazol
3	10 nm	TCTA
2	75 nm	NPB
1	130 nm	ITO
Substrat		Glas



E1

Es wurden die LT80 Werte bei OLED-Pixel bei Raumtemperatur und für 70°C gemessen. Für die Lebensdauern bei 70°C wurden die Pixel in einen Ofen gelegt und alle 1 bis 2 Stunden herausgenommen und mit einer Minolta Leuchtdichtekamera die Leuchtdichte gemessen. Die LT80 Werte bei 500 cd/m^2 wurden nach folgender Gleichung bestimmt:

$$\mathrm{LT80}\left(500\frac{cd^2}{m^2}\right) = \mathrm{LT80}(L_0)\left(\frac{500\frac{cd^2}{m^2}}{L_0}\right)^{-1.6}$$

wobei L_0 der Startleuchtdichte bei der eingesetzten Stromdichte entspricht.

Wie in Figur 1 gezeigt sind ebenso die Werte einer literaturbekannten Vergleichs-OLED, die phosphoreszente Emitter in der Emissionsschicht aufweist, eingefügt, welche der Publikation Pang et al. (Thermal behavior and indirect life test of large-area OLED lighting panels, Journal of Solid State Lighting, 2014, 1:7; DOI: 10.1186/2196-1107-1-7) entnommen sind. Die Lebensdauer der erfindungsgemäßen OLED verkürzt sich bei 70 °C auf 35% der Raumtemperaturlebensdauer, das Vergleichsbeispiel zeigt eine deutlich stärkere Verkürzung der Lebensdauer auf 11%.

Patentansprüche

1. Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug, enthaltend mindestens eine organische lichtemittierende Diode (OLED) mit einer Emissionsschicht B, wobei die Emissionsschicht B mindestens einen Emitter E enthält, der Licht mittels thermisch aktivierter verzögerter Fluoreszenz (TADF) emittiert.

2. Beleuchtungseinrichtung nach Anspruch 1, wobei der Emitter E eine Energiedifferenz ΔE zwischen dem untersten angeregten Singulett-Zustand S1 und dem darunterliegenden Triplett-Zustand T1 von nicht mehr als 0,3 eV aufweist.

3. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die OLED ein Emissionsmaximum im Bereich von 420 nm bis 800 nm aufweist.

4. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die externe Quanteneffizienz (EQE) der OLED mit steigender Temperatur steigt.

5. Beleuchtungseinrichtung nach Ansprüche 1 bis 4, wobei die Beleuchtungseinrichtung eine Signalleuchte an der Außenseite des Kraftfahrzeugs ist, die ausgewählt sein kann aus der Gruppe bestehend aus einem alternierend leuchtenden Fahrtrichtungsanzeiger, einem Schlusslicht, einem Bremslicht, einer optional hochgesetzten Bremsleuchte und einem Außendisplay.

6. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Emitter E eine Molekülmasse von mehr als 1000 g/mol aufweist.

7. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei der Emitter E ein rein organischer TADF-Emitter ist.

8. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Emitter E eine Glasübergangstemperatur von über 130 °C aufweist.

9. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei die Emissionsschicht B ausschließlich Materialien enthält, die eine Glasübergangstemperatur von über 120 °C aufweisen.

10. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die eine thermostabile Beleuchtungseinrichtung darstellt und die OLED ausschließlich Materialien enthält, die eine Glasübergangstemperatur von über 120 °C aufweisen.

11. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die Emissionsschicht B besteht aus:

(a) dem Emitter E;

(b) einem oder mehreren Hostmaterialien H, die von dem Emitter E verschieden sind;

(c) einem oder mehreren TADF-Emittern K, die von dem Emitter E verschieden sind, und

(d) einer oder mehrerer weiterer Komponenten ausgewählt aus der Liste bestehend aus einem oder mehreren Emittern F, die keine TADF-Emitter darstellen, einem oder mehreren Farbstoffen C, einem oder mehreren Lösungsmitteln L und Kombinationen aus zwei oder mehr daraus.

12. Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Beleuchtungseinrichtung am oder im Kraftfahrzeug so angeordnet wird, dass sie beim Langzeitbetrieb des Kraftfahrzeugs bei einer Außentemperatur von 20°C einer um mindestens 10°C gegenüber der Außentemperatur erhöhten Betriebstemperatur ausgesetzt wird.

13. Kraftfahrzeug umfassend mindestens eine Beleuchtungseinrichtung nach einem der Ansprüche 1 bis 12.

14. Verfahren zum Erzeugen von Licht mittels einer organischen lichtemittierenden Diode (OLED) bei einer Betriebstemperatur dieser im Bereich von 30°C bis 160°C, umfassend die Schritte:

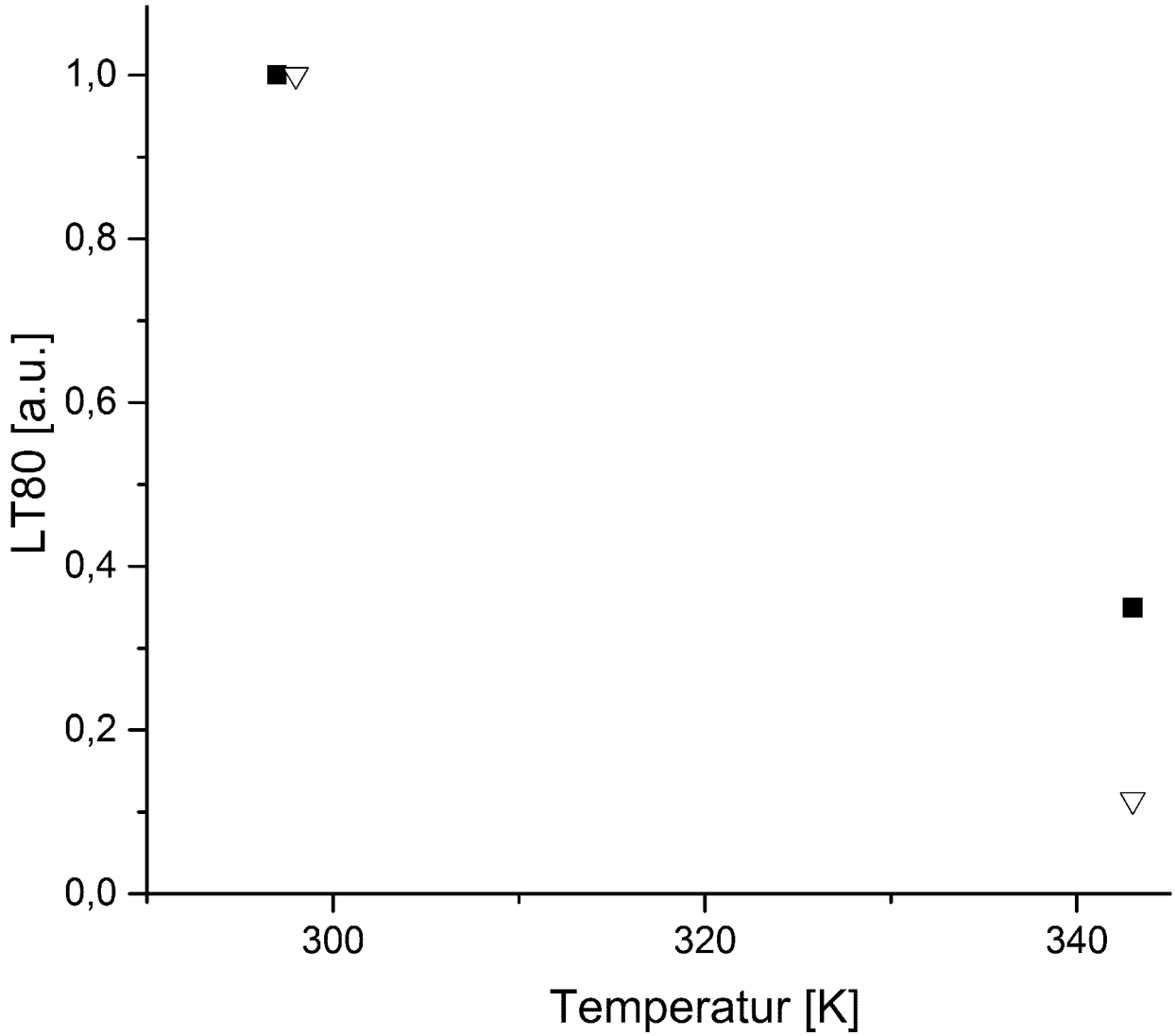
(i) Bereitstellen der OLED, die Eigenschaften wie in einem der Ansprüche 1 bis 12 definiert aufweist; und

(ii) Anlegen einer elektrischen Spannung an die OLED aus Schritt (i).

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei Licht im Wellenlängenbereich von 420 bis 800 nm erzeugt wird.

16. Verfahren nach einem der Ansprüche 14 oder 15, wobei die OLED einen Teil einer Beleuchtungseinrichtung für ein Kraftfahrzeug gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12 darstellt.

Fig. 1



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/EP2018/078578

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

H01L 51/50(2006.01)i; *F21S 41/155*(2018.01)n; *B60Q 1/00*(2006.01)n

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L; B60Q; F21S

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	JP 2017188399 A (TOPPAN PRINTING CO LTD) 12 October 2017 (2017-10-12)	1-10,12-16
A	paragraphs [0034], [0035], [0041], [0046], [0051], [0069], [0070]	11
X	WO 2017099160 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 15 June 2017 (2017-06-15) figure 1 & EP 3389107 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 17 October 2018 (2018-10-17) paragraphs [0344], [0389] - [0391]	1-16

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

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
25 January 2019	**11 February 2019**

Name and mailing address of the ISA/EP	Authorized officer
European Patent Office **p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk** **Netherlands**	**De Laere, Ann**
Telephone No. **(+31-70)340-2040** Facsimile No. **(+31-70)340-3016**	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/EP2018/078578

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
JP 2017188399 A	12 October 2017	NONE	
WO 2017099160 A1	15 June 2017	CN 108369992 A	03 August 2018
		EP 3389107 A1	17 October 2018
		JP WO2017099160 A1	27 September 2018
		KR 20180090273 A	10 August 2018
		US 2018375058 A1	27 December 2018
		WO 2017099160 A1	15 June 2017
EP 3389107 A1	17 October 2018	CN 108369992 A	03 August 2018
		EP 3389107 A1	17 October 2018
		JP WO2017099160 A1	27 September 2018
		KR 20180090273 A	10 August 2018
		US 2018375058 A1	27 December 2018
		WO 2017099160 A1	15 June 2017

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/078578

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L51/50
ADD. F21S41/155 B60Q1/00

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L B60Q F21S

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)
EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X A	JP 2017 188399 A (TOPPAN PRINTING CO LTD) 12. Oktober 2017 (2017-10-12) Absätze [0034], [0035], [0041], [0046], [0051], [0069], [0070] -----	1-10, 12-16 11
X	WO 2017/099160 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 15. Juni 2017 (2017-06-15) Abbildung 1 -& EP 3 389 107 A1 (IDEMITSU KOSAN CO [JP]) 17. Oktober 2018 (2018-10-17) Absätze [0344], [0389] - [0391] -----	1-16

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

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :
"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert, aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist
"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist
"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft erscheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie ausgeführt)
"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung, eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht
"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist
"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden Theorie angegeben ist
"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden
"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist
"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche	Absendedatum des internationalen Recherchenberichts
25. Januar 2019	11/02/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde	Bevollmächtigter Bediensteter
Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	De Laere, Ann

1

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen
PCT/EP2018/078578

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
JP 2017188399 A	12-10-2017	KEINE	
WO 2017099160 A1	15-06-2017	CN 108369992 A	03-08-2018
		EP 3389107 A1	17-10-2018
		JP WO2017099160 A1	27-09-2018
		KR 20180090273 A	10-08-2018
		US 2018375058 A1	27-12-2018
		WO 2017099160 A1	15-06-2017
EP 3389107 A1	17-10-2018	CN 108369992 A	03-08-2018
		EP 3389107 A1	17-10-2018
		JP WO2017099160 A1	27-09-2018
		KR 20180090273 A	10-08-2018
		US 2018375058 A1	27-12-2018
		WO 2017099160 A1	15-06-2017