



(10) **DE 10 2017 101 077 A1** 2018.07.26

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 101 077.7**

(22) Anmeldetag: **20.01.2017**

(43) Offenlegungstag: **26.07.2018**

(51) Int Cl.: **H01L 51/54 (2006.01)**

H01L 51/52 (2006.01)

H01L 51/56 (2006.01)

(71) Anmelder:

OSRAM OLED GmbH, 93049 Regensburg, DE

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(72) Erfinder:

**Pentlehner, Dominik, Dr., 93047 Regensburg,
DE; Rausch, Andreas, Dr., 93053 Regensburg,
DE; Niedermeier, Ulrich, Dr., 94339 Leibfing, DE;
Desjardins, Julia, Dr., 93047 Regensburg, DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2008 / 0 231 178	A1
US	2016 / 0 204 360	A1
CN	104 638 162	A
JP	2016- 58 497	A

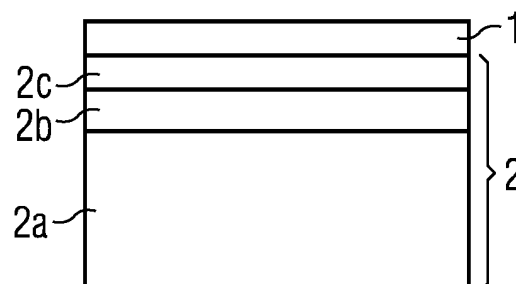
Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Organisches elektronisches Bauelement**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein organisches elektronisches Bauelement angegeben. Das Bauelement umfasst

- eine Anode,
- eine über der Anode angeordnete aktive Schicht,
- eine über der aktiven Schicht angeordnete Elektroneninjectionsschicht und
- eine über der Elektroneninjectionsschicht angeordnete Kathode. Die Elektroneninjectionsschicht umfasst
 - eine erste organische Schicht umfassend ein erstes organisches Matrixmaterial,
 - eine zweite organische Schicht umfassend ein zweites organisches Matrixmaterial und
 - eine metallische Schicht, wobei das erste organische Matrixmaterial eine höhere Elektronenleitfähigkeit aufweist als das zweite organische Matrixmaterial.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein organisches elektronisches Bauelement und ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements.

[0002] Zumindest eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein organisches elektronisches Bauelement anzugeben, das eine erhöhte Spannungsstabilität während des Betriebs und/oder der Lagerung aufweist, insbesondere bei hohen Temperaturen. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein kostengünstiges und einfaches Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements anzugeben.

[0003] Die Aufgaben werden durch die nebengeordneten Ansprüche gelöst. Vorteilhafte Ausführungen sowie Weiterbildungen der vorliegenden Erfindung sind jeweils in den abhängigen Ansprüchen angegeben.

[0004] Es wird ein organisches elektronisches Bauelement angegeben. Das organische elektronische Bauelement umfasst eine Anode, eine über der Anode angeordnete aktive Schicht, eine über der aktiven Schicht angeordnete Elektroneninjectionsschicht und eine über der Elektroneninjectionsschicht angeordnete Kathode.

[0005] Mit „auf“ oder „über“ bezüglich der Anordnung der Schichten ist hier und im Folgenden eine prinzipielle Reihenfolge gemeint und ist so zu verstehen, dass eine erste Schicht entweder so auf einer zweiten Schicht angeordnet ist, dass die Schichten eine gemeinsame Grenzfläche haben, also in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt miteinander stehen, oder dass zwischen der ersten Schicht und der zweiten Schicht noch weitere Schichten angeordnet sind.

[0006] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Elektroneninjectionsschicht eine erste organische Schicht, umfassend ein erstes organisches Matrixmaterial, eine zweite organische Schicht, umfassend ein zweites organisches Matrixmaterial, und eine metallische Schicht. Überraschenderweise hat sich herausgestellt, dass organische elektronische Bauelemente mit einer solchen Elektroneninjectionsschicht eine besonders hohe Spannungsstabilität während des Betriebes des Bauelements und/oder dessen Lagerung, insbesondere auch bei Temperaturen über Raumtemperatur, beispielsweise über 100 °C, aufweisen. Mittels der erfindungsgemäßen Elektroneninjectionsschicht ist also überraschenderweise eine effiziente Elektroneninjektion auch im Betrieb des Bauelements bei hohen Temperaturen und nach einer Lagerung des Bauelements bei hohen Temperaturen möglich. Handelt es sich bei dem organischen elektronischen Bauelement um eine organi-

sche Leuchtdiode, zeichnet sich diese zudem durch eine hohe Lichtausbeute und eine gute Leuchtdichtheitsstabilität aus, was ebenfalls auf die erfindungsgemäße effektive Elektroneninjektion in die aktive Schicht zurückzuführen ist, die insbesondere auch noch sehr effektiv ist, wenn die Leuchtdiode über einen längeren Zeitraum hohen Temperaturen ausgesetzt ist. Insbesondere organische Leuchtdioden eignen sich damit besonders für eine Anwendung im Automobilbereich, bei denen die organischen Leuchtdioden höheren Temperaturen ausgesetzt sein können.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das erste organische Matrixmaterial eine höhere Elektronenleitfähigkeit auf als das zweite organische Matrixmaterial. Bei dem ersten organischen Matrixmaterial und dem zweiten organischen Matrixmaterial handelt es sich somit insbesondere um unterschiedliche organische Matrixmaterialien. Dadurch, dass die zweite organische Schicht der Elektroneninjectionsschicht zwischen der metallischen Schicht und der ersten organischen Schicht angeordnet ist, ist die Elektroneninjektion besonders effektiv und über einen längeren Zeitraum konstant oder nahezu konstant, insbesondere auch bei gegenüber Raumtemperatur erhöhten Temperaturen, beispielsweise bis zu 150 °C. Würde die erste organische Schicht direkt an die metallische Schicht angrenzen, fände keine oder fast keine Elektroneninjektion mehr statt und die Spannung des Bauelements in dessen Betrieb würde bei gleicher Stromstärke, erheblich steigen.

[0008] Dass eine Schicht „zwischen“ zwei anderen Schichten angeordnet ist, kann hier und im Folgenden bedeuten, dass die eine Schicht unmittelbar in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt oder in mittelbarem Kontakt zur einen der zwei anderen Schichten und in direktem mechanischem und/oder elektrischem Kontakt oder in mittelbarem Kontakt zur anderen der zwei anderen Schichten angeordnet ist. Dabei können bei mittelbarem Kontakt dann weitere Schichten zwischen der einen und zumindest einer der zwei anderen Schichten angeordnet sein.

[0009] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die zweite organische Schicht vollflächig über der ersten organischen Schicht angeordnet und die metallische Schicht ist vollflächig über der zweiten organischen Schicht angeordnet. Insbesondere besteht kein mechanischer Kontakt zwischen der ersten organischen Schicht und der metallischen Schicht, da dies zu einer drastischen Senkung der Elektroneninjektion führen kann. Die erste organische Schicht und die metallische Schicht weisen mit anderen Worten bevorzugt keine gemeinsame Grenzfläche auf.

[0010] Bei dem organischen elektronischen Bauelement kann es sich beispielsweise um eine organische

Leuchtdiode (OLED), einen organischen Feldeffekt- oder Bipolartransistor, einen organischen Fotodetektor oder eine organische Solarzelle handeln.

[0011] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die aktive Schicht eine lichtemittierende Schicht, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Bauelements eine Strahlung zu emittieren. Bei dem organischen elektronischen Bauelement gemäß dieser Ausführungsform handelt es sich insbesondere um eine organische Leuchtdiode.

[0012] Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei dem ersten organischen Matrixmaterial um ein Material, das nicht durch ein Metall leitfähigkeitsdotiert werden kann. Dies ist beispielsweise dadurch ersichtlich, dass die Betriebsspannung des Bauelements ohne eine Metalldotierung der ersten organischen Schicht einen konstant niedrigen Wert aufweist, und bei einer Dotierung mit einem Metall keine signifikante Erniedrigung der Betriebsspannung erzielt wird. Eine Dotierung des ersten organischen Matrixmaterials mit einem Metall führt also nicht zu einer verbesserten Elektronenleitfähigkeit. Beispielsweise kann als erstes organisches Matrixmaterial ETM036 von Merck oder NET18 von Novald gewählt werden.

[0013] Gemäß zumindest einer Ausführungsform kann das erste organische Matrixmaterial nicht durch ein Metall leitfähigkeitsdotiert werden. Das bedeutet, dass die Elektronenleitfähigkeit durch die Metalldotierung nicht verbessert wird.

[0014] Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei dem zweiten organischen Matrixmaterial um ein Material, das durch ein Metall leitfähigkeitsdotiert werden kann. Dies ist beispielsweise dadurch ersichtlich, dass die Betriebsspannung des Bauelements mit einer Metalldotierung der zweiten organischen Schicht einen konstant niedrigen Wert aufweist, während sie im Vergleich dazu ohne Dotierung mit einem Metall deutlich höher ist und unter Umständen mit der Zeit signifikant steigt. Eine Dotierung des zweiten organischen Matrixmaterials mit einem Metall führt also zu einer verbesserten Elektroneninjektion. Beispielsweise kann als zweites organisches Matrixmaterial ET093 von Merck oder NET218 oder NET382 von Novald gewählt werden.

[0015] Gemäß zumindest einer Ausführungsform kann das zweite organische Matrixmaterial durch ein Metall leitfähigkeitsdotiert werden. Das bedeutet, dass die Elektroneninjektion durch eine Metalldotierung verbessert wird oder werden kann.

[0016] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das erste organische Matrixmaterial eine hohe intrinsische Elektronenleitfähigkeit auf. Eine hohe intrinsische Elektronenleitfähigkeit bedeutet insbeson-

dere, dass die Spannung des Bauelements bis zu einer Dicke von beispielsweise 200 nm der ersten organischen Schicht unabhängig oder nahezu unabhängig von der Dicke der ersten organischen Schicht ist.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das zweite organische Matrixmaterial eine niedrige intrinsische Elektronenleitfähigkeit auf. Eine niedrige intrinsische Elektronenleitfähigkeit bedeutet insbesondere, dass die Spannung des Bauelements bei einer deutlichen Erhöhung der Dicke der zweiten organischen Schicht signifikant zunimmt, beispielsweise um mehr als 0.3 V.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform besteht die Elektroneninjectionsschicht aus der ersten organischen Schicht, der zweiten organischen Schicht und der metallischen Schicht. Es handelt sich also um eine dreischichtige Elektroneninjectionsschicht.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die erste organische Schicht über der aktiven Schicht, insbesondere der lichtemittierenden Schicht, die zweite organische Schicht über der ersten organischen Schicht und die metallische Schicht über der zweiten organischen Schicht angeordnet.

[0020] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Kathode direkt über der metallischen Schicht angeordnet. Gemäß dieser Ausführungsform steht die Kathode mit der metallischen Schicht in einem direkten elektrischen und mechanischen Kontakt.

[0021] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die erste organische Schicht nicht mit einem Metall dotiert. Es ist möglich, dass die erste organische Schicht aus dem ersten Matrixmaterial besteht. Als nachteilig hat sich eine Metalldotierung von Schichten in direkter Nachbarschaft zu einer lichtemittierenden Schicht erwiesen. Das Metall kann in die lichtemittierende Schicht migrieren und zu einer Emissionsauslöschung führen, was sich negativ in der Leuchtdichte bemerkbar macht und damit vermieden werden sollte. Es besteht bevorzugt ein direkter mechanischer Kontakt zwischen der ersten organischen Schicht und der lichtemittierenden Schicht, oder ein direkter mechanischer Kontakt zwischen der ersten organischen Schicht und einer zusätzlichen über der lichtemittierenden Schicht angeordneten Lochblockierschicht. Besonders bevorzugt ist die erste organische Schicht vollflächig über der lichtemittierenden Schicht oder der Lochblockierschicht angeordnet.

[0022] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die metallische Schicht eine Schichtdicke zwischen einschließlich 1 nm und einschließlich 10 nm, bevorzugt zwischen 1 nm und 4 nm, auf. Bei Schichtdicken unter einem Nanometer sinkt die Elektronen-

injektion und damit steigt die Spannung des Bauelements bei gleicher Stromstärke.

[0023] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die metallische Schicht ein Metall, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Lithium, Natrium, Kalzium, Magnesium, Ytterbium, Cäsium, Strontium, Rubidium, Kalium und Kombinationen daraus umfasst. Die metallische Schicht kann auch aus diesen Metallen bestehen.

[0024] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die metallische Schicht ein Metall oder besteht aus einem Metall und die zweite organische Schicht ist zumindest in Teilbereichen mit dem Metall der metallischen Schicht dotiert. Die zweite organische Schicht kann also vollständig oder nur in Teilbereichen mit dem Metall dotiert sein. Beispielsweise kann das Metall teilweise beim Aufbringen der Metallschicht in die zweite organische Schicht eingetrieben werden. Möglich ist auch, dass das Metall (Atome oder Ionen des Metalls) teilweise während des Betriebs des Bauelements in die zweite organische Schicht eindringt. Die Dotierung kann damit automatisch erfolgen, ohne dass teure und aufwendige Depositionsmodule für die Metalldotierung notwendig sind. Vorteilhafterweise kann das Metall der Metallschicht nicht in die erste organische Schicht der Elektroneninjectionsschicht ein- oder vordringen, da das erste organische Matrixmaterial eine Barriere für das Vordringen des Metalls bildet. Dadurch wird die Migration der Metallatome oder -ionen in die erste organische Schicht und damit auch in die aktive Schicht unterbunden und es befinden sich in der Nähe und in der aktiven Schicht, insbesondere der lichtemittierenden Schicht, keine beziehungsweise wesentlich weniger Fallenzustände bedingt durch das Metall, die zu einer Emissionsauslöschung führen können. Insgesamt wird durch die erfindungsgemäße Elektroneninjectionsschicht die Stabilität, insbesondere die Spannungs- und Leuchtdichtestabilität, des Bauelements erhöht. Insbesondere bleibt die Spannungs- und Leuchtdichtestabilität auch unter Lagerung und/oder Betrieb des Bauelements bei erhöhten Temperaturen erhalten.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die zweite organische Schicht vollständig mit dem Metall der Metallschicht dotiert. Dabei kann ein Konzentrationsgradient der Dotierung vorliegen, wobei insbesondere die Konzentration an Metall in der zweiten organischen Schicht in Richtung von der ersten organischen Schicht zur metallischen Schicht steigt.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die zweite organische Schicht eine erste Teilschicht und eine zweite Teilschicht oder besteht aus einer ersten und einer zweiten Teilschicht. Die erste Teilschicht ist bevorzugt über der ersten organischen Schicht und die zweite Teilschicht zwischen der ers-

ten Teilschicht und der metallischen Schicht angeordnet. Die zweite Teilschicht umfasst das zweite Matrixmaterial und ist mit dem Metall der metallischen Schicht dotiert. Insbesondere besteht die zweite Teilschicht aus dem zweiten Matrixmaterial und dem Metall der metallischen Schicht. Dabei kann ein Konzentrationsgradient der Dotierung vorliegen, wobei insbesondere die Konzentration an Metall in der zweiten Teilschicht in Richtung von der ersten organischen Schicht zur metallischen Schicht steigt. Die erste Teilschicht umfasst das zweite organische Matrixmaterial und ist insbesondere nicht mit dem Metall der metallischen Schicht dotiert. Die erste Teilschicht kann auch aus dem zweiten organischen Matrixmaterial bestehen.

[0027] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die zweite organische Schicht eine Schichtdicke zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 20 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 10 nm, auf. Wird die Schichtdicke über 20 nm gewählt, steigt die Spannung des Bauelements bei gleicher Stromstärke an, da die Elektroneninjektion absinkt, womit die Elektroneninjectionsschicht nicht mehr oder nur noch in untergeordnetem Maße ihre Funktion erfüllen würde.

[0028] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die erste organische Schicht eine Schichtdicke zwischen einschließlich 5 nm und einschließlich 200 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 5 nm und einschließlich 60 nm, auf.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist zwischen der aktiven Schicht und der Elektroneninjectionsschicht eine Lochblockierschicht angeordnet.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist die Lochblockierschicht ein organisches Material auf, das ein tieferliegendes HOMO („highest occupied molecular orbital“, höchstes besetztes Molekülorbital) aufweist als das erste organische Matrixmaterial oder das zweite organische Matrixmaterial. Die Lochblockierschicht kann dadurch von bekannten Elektronentransport- oder Elektroneninjectionsschichten unterschieden werden.

[0031] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Lochblockierschicht TMM-147, TMM-127, TMM-004, BA1q, BCP, TAZ, PBD, TPBI, Spiro-TAD oder besteht aus einer dieser Materialien.

[0032] In der organischen Leuchtdiode kann zum Beispiel die Anode oder die Kathode transparent und die jeweils andere reflektierend ausgeführt sein. Die organische Leuchtdiode kann somit entweder als Bottom-Emitter oder als Top-Emitter ausgeführt werden. Alternativ dazu können auch die Anode und die Kathode transparent ausgeführt sein. Sind sowohl die Anode als auch die Kathode transparent ausgebil-

det, kann die organische Leuchtdiode als transparente OLED bezeichnet werden.

[0033] Mit transparent wird hier und im Folgenden eine Schicht bezeichnet, die durchlässig für sichtbare Strahlung ist, insbesondere für Strahlung, die im Betrieb der organischen Leuchtdiode in der lichtemittierenden Schicht erzeugt wird. Dabei kann eine transparente Schicht klar durchscheinend sein. Besonders bevorzugt weist eine hier als transparent bezeichnete Schicht eine möglichst geringe Absorption von Strahlung auf.

[0034] Die Anode und die Kathode können unabhängig voneinander ein Material aufweisen, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Metalle, elektrisch leitfähige Polymere, Übergangsmetalloxide und leitfähige transparente Oxide (transparent conductive oxide, TCO) umfasst. Die Anode und Kathode können auch Schichtenstapel mehrerer Schichten desselben oder unterschiedlicher Metalle oder desselben oder unterschiedlicher TCOs sein.

[0035] Geeignete Metalle für die Kathode und Anode sind beispielsweise Ag, Pt, Au, Mg, Al, Ba, In, Ca, Sm oder Li, sowie Verbindungen, Kombinationen oder Legierungen daraus.

[0036] Ist in dem Bauelement die Kathode aus einem Metall gebildet, ist dieses Metall insbesondere ein anderes Metall als das Metall der metallischen Schicht.

[0037] Transparente leitende Oxide (transparent conductive oxides, kurz „TCO“) sind transparente, leitende Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃, gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GalnO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂, oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitender Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p- oder n-dotiert sein.

[0038] Als Materialien für die lichtemittierende Schicht einer organischen Leuchtdiode eignen sich Materialien, die eine Strahlungsemission aufgrund von Fluoreszenz oder Phosphoreszenz aufweisen. Beispiele für fluoreszierende Materialien sind Polyfluoren, Polythiophen oder Polyphenylen oder Derivate, Verbindungen, Mischungen oder Co-Polymere davon. Als phosphoreszierende Materialien können beispielsweise Ir(ppy)₃, Ir(MDQ)₂(acac), 07960, TER-056, TER-096, RD-004, RD-1932 sowie weitere Materialien mit den Zentralionen Iridium und Platin dienen.

[0039] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das organische elektronische Bauelement eine Lochtransportschicht, eine Lochinjektionsschicht und/oder eine Elektronenblockierschicht. Diese Schichten sind insbesondere zwischen der Anode und der aktiven Schicht angeordnet. Dabei können die Lochinjektionsschicht über der Anode, die Lochtransportschicht über der Lochinjektionsschicht und die Elektronenblockierschicht über der Lochtransportschicht angeordnet sein. Materialien für die genannten Schichten sind dem Fachmann bekannt.

[0040] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das organische elektronische Bauelement ein Substrat auf, auf dem die Kathode und/oder die Anode, bevorzugt die Anode, aufgebracht ist. Das Substrat kann beispielsweise eines oder mehrere Materialien in Form einer Schicht, einer Platte, einer Folie oder einem Laminat aufweisen, die beispielsweise ausgewählt sind aus Stahl, Glas, Quarz, Kunststoff, Metall.

[0041] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist über der Anode und/oder der Kathode, bevorzugt über der Kathode, eine Verkapselung angeordnet, beispielsweise eine Dünnschichtverkapselung, die die darunter angeordneten Schichten vor schädlichen äußeren Einflüssen wie etwa Feuchtigkeit, Sauerstoff und anderen Stoffen schützen kann. Bevorzugt steht die Verkapselungsanordnung in direktem mechanischem Kontakt mit der Kathode.

[0042] Im Hinblick auf den prinzipiellen Aufbau eines organischen elektronischen Bauelements, insbesondere einer organischen Leuchtdiode, wird auf die Druckschrift WO 2010/066245 A1 verwiesen, die insbesondere in Bezug auf den Aufbau und die Schichtzusammensetzungen hiermit ausdrücklich durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0043] Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements angegeben. Alle unter dem organischen elektronischen Bauelement angegebenen Merkmale können auch Merkmale des Verfahrens zur Herstellung des organischen elektronischen Bauelements sein und umgekehrt.

[0044] Gemäß einer Ausführungsform umfasst das Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements folgende Verfahrensschritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

- A) Bereitstellen einer Anode,
- B) Aufbringen einer aktiven Schicht auf die Anode,

D) Aufbringen einer Elektroneninjectionsschicht auf die aktive Schicht und

E) Aufbringen einer Kathode auf die Elektroneninjectionsschicht.

[0045] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst Schritt D) folgende Verfahrensschritte:

D1) Aufbringen einer ersten organischen Schicht umfassend ein erstes organisches Matrixmaterial auf die aktive Schicht,

D2) Aufbringen einer zweiten organischen Schicht umfassend ein zweites organisches Matrixmaterial auf die erste organische Schicht,

D3) Aufbringen einer metallischen Schicht auf die zweite organische Schicht.

[0046] Während oder im Zuge des Verfahrensschritts D3) kann das Metall in die zweite organische Schicht eingetrieben werden. Die Dotierung kann damit automatisch erfolgen, ohne dass, wie herkömmlich, teure und aufwendige Depositionsmodule für die Metalldotierung notwendig sind. Dadurch wird die Prozessierbarkeit des Bauelements insgesamt sehr vereinfacht.

[0047] Gemäß zumindest einer Ausführungsform findet zwischen Verfahrensschritt B) und D) ein Verfahrensschritt C) statt: C) Aufbringen einer Lochblockierschicht auf die aktive Schicht.

[0048] Weitere vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen der Erfindung ergeben sich aus den im Folgenden, in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Fig. 1A, Fig. 1B und **Fig. 1C** zeigen schematische Seitenansichten eines Ausschnitts eines organischen elektronischen Bauelements.

Fig. 1D zeigt eine schematische Seitenansicht einer hier beschriebenen organischen Leuchtdiode.

Fig. 2A zeigt die Spannungsstabilität unterschiedlicher organischer Leuchtdioden.

Fig. 2B zeigt die Leuchtdichtestabilität für verschiedene organische Leuchtdioden.

[0049] In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleichwirkende Bestandteile jeweils mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente, insbesondere Schichtdicken, zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0050] In **Fig. 1A** ist eine schematische Seitenansicht eines Ausschnitts eines organischen elektroni-

schen Bauelements, insbesondere einer organischen Leuchtdiode, gezeigt. Der Ausschnitt zeigt eine Elektroneninjectionsschicht **2**, bestehend aus einer ersten organischen Schicht **2a**, einer zweiten organischen Schicht **2b** und einer metallischen Schicht **2c**. Die erste organische Schicht **2a** umfasst ein erstes organisches Matrixmaterial, beispielsweise NET18 oder ETM036 oder besteht aus dem ersten organischen Matrixmaterial. Über der ersten organischen Schicht **2a** ist vollflächig die zweite organische Schicht **2b** angeordnet. Die zweite organische Schicht **2b** umfasst ein zweites organisches Matrixmaterial, beispielsweise NET218, ET093 oder NET382. Die erste organische Schicht **2a** weist eine Schichtdicke zwischen einschließlich 5 nm und einschließlich 200 nm und die zweite organische Schicht **2b** weist eine Schichtdicke zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 20 nm auf. Über der zweiten organischen Schicht **2b** ist vollflächig eine metallische Schicht **2c** angeordnet. Die metallische Schicht **2c** besteht beispielsweise aus Kalzium und weist eine Schichtdicke zwischen einschließlich 1 nm und einschließlich 10 nm auf. Die zweite organische Schicht **2b** kann, zumindest in Teilbereichen, mit dem Metall der metallischen Schicht **2c** dotiert sein (nicht gezeigt). Dabei kann das Metall der Metallschicht **2c** beim Aufbringen der metallischen Schicht **2c** in die zweite organische Schicht **2b** eingetrieben werden. Mit Vorteil kann damit die Elektronenleitfähigkeit des zweiten organischen Matrixmaterials erhöht werden. Möglich ist auch, dass das Metall (Atome oder Ionen des Metalls) teilweise während des Betriebs des Bauelements in die zweite organische Schicht **2b** migrieren. Vorteilhafterweise kann das Metall der Metallschicht nicht in die erste organische Schicht **2a** der Elektroneninjectionsschicht **2** eindringen, da das erste organische Matrixmaterial, also zum Beispiel NET18 oder ETM036 eine Barriere für das Vordringen des Metalls bildet. Dadurch wird die Migration der Metallatome oder -ionen in die erste organische Schicht unterbunden oder nahezu unterbunden, und es befinden sich in der Nähe der aktiven Schicht und in der aktiven Schicht (hier nicht gezeigt), insbesondere der lichtemittierenden Schicht, keine beziehungsweise wesentlich weniger Metallatome oder -ionen, die zu einer Emissionsauslöschung führen können. Über der Elektroneninjectionsschicht **2** ist eine Kathode **1** angeordnet. Die Kathode **1** kann beispielsweise aus Al oder Ag gebildet sein.

[0051] Der Ausschnitt eines organischen elektronischen Bauelements, insbesondere einer organischen Leuchtdiode, gemäß **Fig. 1B** weist im Vergleich zu dem Ausschnitt aus **Fig. 1A** eine Lochblockierschicht **3** auf, über der die Elektroneninjectionsschicht **2** und die Kathode **1** angeordnet sind. Beispielsweise umfasst die Lochblockierschicht TMM-147, TMM-127, TMM-004, BAlq, BCP, TAZ, PBD, TPBI, Spiro-TAD oder besteht aus einem dieser Materialien.

[0052] Die zweite organische Schicht **2b** des Ausschnitts eines organischen elektronischen Bauelements, insbesondere einer organischen Leuchtdiode, gemäß **Fig. 1C** weist im Vergleich zu dem Ausschnitt aus **Fig. 1A** eine erste Teilschicht **9** und eine zweite Teilschicht **10** auf. Die erste Teilschicht **9** ist über der ersten organischen Schicht **2a** und die zweite Teilschicht **10** zwischen der ersten Teilschicht **9** und der metallischen Schicht **2c** angeordnet. Die zweite Teilschicht **10** umfasst das zweite Matrixmaterial und ist mit dem Kalzium der metallischen Schicht **2c** dotiert. Insbesondere besteht die zweite Teilschicht **10** aus dem zweiten Matrixmaterial und dem Kalzium. Dabei kann ein Konzentrationsgradient der Dotierung vorliegen, wobei insbesondere die Konzentration an Kalzium in der zweiten Teilschicht **10** in Richtung von der ersten organischen Schicht **2a** zur metallischen Schicht **2c** steigt. Die erste Teilschicht **9** umfasst das zweite organische Matrixmaterial und ist nicht mit dem Metall der metallischen Schicht **2c** dotiert. Die erste Teilschicht **9** kann auch aus dem zweiten organischen Matrixmaterial bestehen.

[0053] In **Fig. 1D** ist ein Ausführungsbeispiel eines organischen elektronischen Bauelements, insbesondere einer organischen Leuchtdiode, gezeigt. Die Leuchtdiode umfasst ein Substrat **8**, beispielsweise ein Glassubstrat. Über dem Substrat **8** ist eine Anode **7** angeordnet. Die Anode **7** besteht beispielsweise aus ITO (Indiumzinnoxid) und ist transparent ausgebildet. Auf der Anode **7** ist eine Lochinjektionsschicht **6** angeordnet. Über der Lochinjektionsschicht **6** ist eine Lochtransportschicht **5** angeordnet. Über der Lochtransportschicht **5** ist eine lichtemittierende Schicht **4** angeordnet. Die Lochinjektionsschicht **6** kann beispielsweise TPD (N,N'-Bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin) und die Lochtransportschicht NPB (N,N'-Bis(naphthalen-1-yl)-N,N'-bis(phenyl)-benzidin) umfassen. Die lichtemittierende Schicht **4** kann beispielsweise ein Polyfluoren oder eine Iridium-Verbindung umfassen. Zwischen der Lochtransportschicht **5** und der lichtemittierenden Schicht **4** kann eine Elektronenblockierschicht umfassend beispielsweise 2,2'-Bis[N,N-bis(biphenyl-4-yl)amino]9,9-spiro-bifluoren angeordnet sein (hier nicht gezeigt). Über der lichtemittierenden Schicht **4** ist vollflächig eine Elektroneninjectionsschicht **2** angeordnet, über der wiederum eine Kathode **1**, beispielsweise aus Al, angeordnet ist. Die Elektroneninjectionsschicht **2** ist wie in **Fig. 1A** oder **Fig. 1C** dargestellt ausgebildet. Mit Vorteil bildet die erste organische Schicht **2a** eine Barriere für das Metall der metallischen Schicht. Dadurch befinden sich in der Nähe der lichtemittierenden Schicht **4** und insbesondere in der lichtemittierenden Schicht **4** keine oder fast keine Metallatome oder -ionen, die zu einer Emissionsauslöschung führen können. Damit kann vorteilhafterweise eine hohe Lichtausbeute und eine gute Leuchtdichtestabilität der Leuchtdiode erreicht werden. Über der Kathode **1** kann eine Dünnschichtverpackung

beispielsweise aus Aluminiumoxid angeordnet sein (hier nicht gezeigt). Die angegebenen Materialien für das Substrat **8**, die Anode **7**, die Lochinjektionsschicht **6**, die Lochtransportschicht **5**, die lichtemittierende Schicht **4**, die Elektronenblockierschicht und die Dünnschichtverpackung sind nicht auf diese Materialien beschränkt. Vielmehr können auch andere, dem Fachmann bekannte Materialien für diese Schichten eingesetzt werden.

[0054] In dem Diagramm der **Fig. 2A** ist die normalisierte Spannung $V(t)/V(t=0)$ gegen die Lagerungszeit t in Stunden h einer organischen Leuchtdiode bei einer Temperatur von 105 °C aufgetragen. Die Kurven mit den Bezugszeichen **SR1**, **SR3** und **SR4** zeigen die Spannungsstabilitäten für Vergleichsbeispiele von organischen Leuchtdioden **R1**, **R3** und **R4** und die Kurven mit den Bezugszeichen **SE1** und **SE2** zeigen die Spannungsstabilitäten für erfindungsgemäße organische Leuchtdioden **E1** und **E2**.

[0055] Die Leuchtdioden **R1**, **R3**, **R4**, **E1** und **E2** sind bis auf die Elektroneninjectionsschichten identisch aufgebaut. Dabei weist die Leuchtdiode **R1** eine einschichtige Elektroninjektionsschicht bestehend aus einem, mit einem organischen Dotierstoff dotierten, organischen Matrixmaterial auf und die Leuchtdioden **R3** und **R4** weisen jeweils eine einschichtige Elektroninjektionsschicht bestehend aus einem, mit einem Metall dotierten, organischen Matrixmaterial auf. Die erfindungsgemäßen Leuchtdioden **SE1** und **SE2** weisen jeweils eine dreischichtige Elektroneninjectionsschicht auf. Die dreischichtige Elektroneninjectionsschicht der Leuchtdioden **SE1** und **SE2** besteht aus einer ersten organischen Schicht, einer zweiten organischen Schicht und einer metallischen Schicht. Das erste organische Matrixmaterial weist eine höhere Elektronenleitfähigkeit auf als das zweite organische Matrixmaterial.

[0056] Wie ersichtlich ist die Spannung der erfindungsgemäßen organischen Leuchtdioden **E1** und **E2** konstant beziehungsweise nahezu konstant, so dass die erfindungsgemäßen organischen Leuchtdioden **E1** und **E2** die beste Spannungsstabilität bei einer Lagerung bei einer Temperatur von 105 °C aufweisen.

[0057] In dem Diagramm der **Fig. 2B** ist die normalisierte Leuchtdichte $L(t)/L(t=0)$ gegen die Lagerungszeit t in Stunden h einer organischen Leuchtdiode bei 105 °C aufgetragen. Die Kurve mit den Bezugszeichen **LR1**, **LR3** und **LR4** zeigen die Leuchtdichtestabilitäten für Vergleichsbeispiele von organischen Leuchtdioden **R1**, **R3** und **R4** und die Kurven mit den Bezugszeichen **LE1** und **LE2** zeigen die Leuchtdichtestabilitäten für erfindungsgemäße organische Leuchtdioden **E1** und **E2**. Die Leuchtdioden sind wie unter **Fig. 2A** beschrieben aufgebaut.

[0058] Wie ersichtlich ist die Leuchtdichte der erfindungsgemäßen organischen Leuchtdioden **E1** und **E2** konstant beziehungsweise nahezu konstant, so dass die erfindungsgemäßen organischen Leuchtdioden **E1** und **E2** die beste Leuchtdichtestabilität aufweisen.

7	Anode
8	Substrat
9	erste Teilschicht
10	zweite Teilschicht

[0059] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

V	Spannung / Volt
t	Zeit
h	Stunde
L	Lichtstrom / Lumen
SR1	Spannungsstabilität
SR3	Spannungsstabilität
SR4	Spannungsstabilität
SE1	Spannungsstabilität
SE2	Spannungsstabilität
LR1	Leuchtdichtestabilität
LR3	Leuchtdichtestabilität
LR4	Leuchtdichtestabilität
LE1	Leuchtdichtestabilität
LE2	Leuchtdichtestabilität
R1, R3, R4	Leuchtdioden
E1, E2	erfindungsgemäße Leuchtdioden
100	organisches elektronisches Bauelement
1	Kathode
2	Elektroneninjektionsschicht
2a	erste organische Schicht
2b	zweite organische Schicht
2c	metallische Schicht
3	Lochblockierschicht
4	lichtemittierende Schicht
5	Lochtransportschicht
6	Lochinjektionsschicht

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

- WO 2010/066245 A1 [0042]

Patentansprüche

1. Organisches elektronisches Bauelement (100) umfassend

- eine Anode (7)
- eine über der Anode (7) angeordnete aktive Schicht,
- eine über der aktiven Schicht angeordnete Elektroneninjectionsschicht (2) und
- eine über der Elektroneninjectionsschicht (2) angeordnete Kathode (1), wobei die Elektroneninjectionsschicht (2)
- eine erste organische Schicht (2a) umfassend ein erstes organisches Matrixmaterial,
- eine zweite organische Schicht (2b) umfassend ein zweites organisches Matrixmaterial und
- eine metallische Schicht (2c) aufweist, wobei das erste organische Matrixmaterial eine höhere Elektronenleitfähigkeit aufweist als das zweite organische Matrixmaterial.

2. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach Anspruch 1, wobei die Elektroneninjectionsschicht (2) aus der ersten organischen Schicht (2a), der zweiten organischen Schicht (2b) und der metallischen Schicht (2c) besteht.

3. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste organische Schicht (2a) über der aktiven Schicht (4), die zweite organische Schicht (2b) über der ersten organischen Schicht (2a) und die metallische Schicht (2c) über der zweiten organischen Schicht (2b) angeordnet ist.

4. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Kathode (1) direkt über der metallischen Schicht (2c) angeordnet ist.

5. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die metallische Schicht (2c) eine Schichtdicke zwischen einschließlich 1 nm und einschließlich 10 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 1 nm und 4 nm, aufweist.

6. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die metallische Schicht (2c) ein Metall umfasst oder aus einem Metall besteht und die zweite organische Schicht (2b) zumindest in Teilbereichen mit dem Metall der metallischen Schicht (2c) dotiert ist.

7. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach Anspruch 6, wobei die zweite organische Schicht (2b) eine erste Teilschicht (9) und eine zweite Teilschicht (10) aufweist und die zweite Teilschicht mit dem Metall der metallischen Schicht (2c) dotiert ist und die erste Teilschicht (9) aus dem zweiten organischen Matrixmaterial besteht.

8. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die metallische Schicht (2c) ein Metall umfasst oder aus einem Metall besteht, das aus einer Gruppe ausgewählt ist, die Li, Ca, Mg, Yb, Na, Cs, Sr, Rb, K und Kombinationen daraus umfasst.

9. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die zweite organische Schicht (2b) eine Schichtdicke zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 20 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 2 nm und einschließlich 10 nm, aufweist.

10. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die erste organische Schicht (2a) eine Schichtdicke zwischen einschließlich 5 nm und einschließlich 200 nm, bevorzugt zwischen einschließlich 5 nm und einschließlich 60 nm, aufweist.

11. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei zwischen der aktiven Schicht (4) und der Elektroneninjectionsschicht (2) eine Lochblockierschicht (3) angeordnet ist.

12. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die Lochblockierschicht (3) ein organisches Material aufweist, das ein tiefer liegendes HOMO aufweist als das erste organische Matrixmaterial und/oder das zweite organische Matrixmaterial.

13. Organisches elektronisches Bauelement (100) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, wobei die aktive Schicht eine lichtemittierende Schicht (4) ist, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Bauelements eine Strahlung zu emittieren.

14. Verfahren zur Herstellung eines organischen elektronischen Bauelements (100) nach einem der Ansprüche 1 bis 13 umfassend die Schritte

- A) Bereitstellen einer Anode (7),
- B) Aufbringen einer aktiven Schicht auf die Anode (7),
- D) Aufbringen einer Elektroneninjectionsschicht (2) auf die aktive Schicht und
- E) Aufbringen einer Kathode (1) auf die Elektroneninjectionsschicht (2), wobei Schritt D) folgende Schritte umfasst:
 - D1) Aufbringen einer ersten organischen Schicht (2a) umfassend ein erstes organisches Matrixmaterial auf die aktive Schicht,
 - D2) Aufbringen einer zweiten organischen Schicht (2b) umfassend ein zweites organisches Matrixmaterial auf die erste organische Schicht (2a),
 - D3) Aufbringen einer metallischen Schicht (2c) auf die zweite organische Schicht (2b).

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

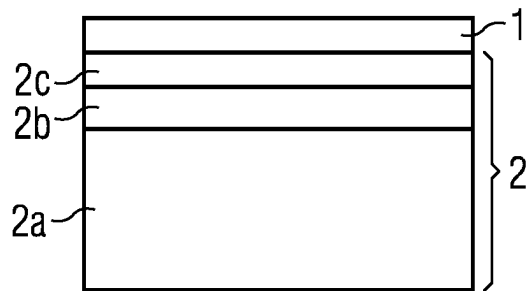


FIG 1C



FIG 1B

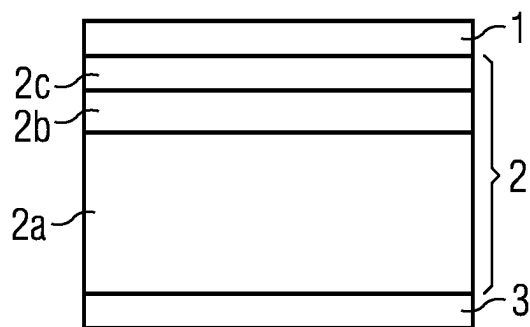


FIG 1D

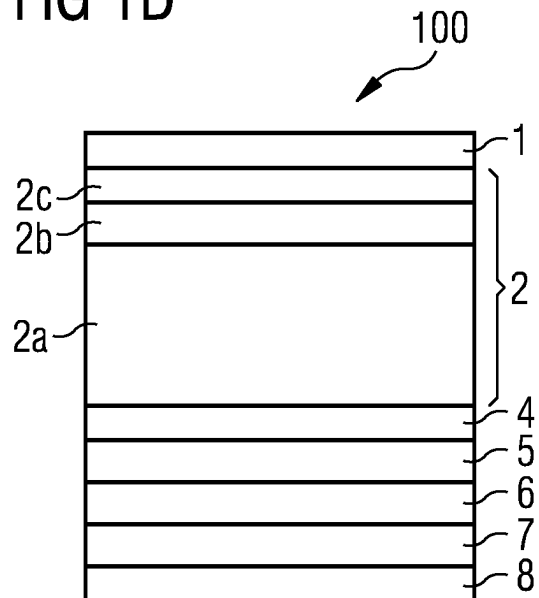


FIG 2A

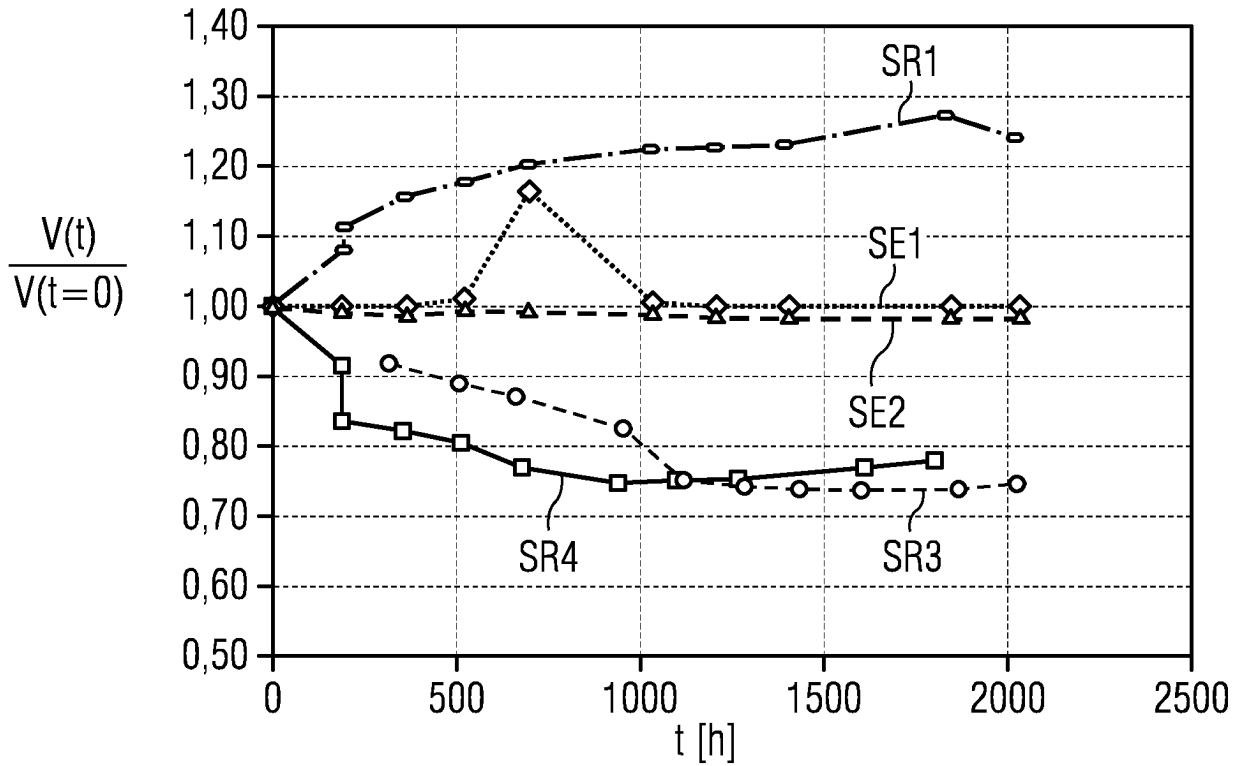


FIG 2B

