



Espacenet

DE102007056924A1 Radiation-emitting component i.e. organic LED, has radiation generating layer arranged between electrodes, where one electrode includes structured surfaces comprising regions protruding from surfaces and penetrating into layer

Applicants: OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]

Inventors: POPP MICHAEL [DE], MALM NORWIN VON [DE]

Classifications:

IPC **H01L51/52;**

CPC **H10K50/805 (EP);** H10K50/85 (EP);

Priorities: DE102007041214A 2007-08-31; DE102007056924A 2007-11-27

Application: DE102007056924A·2007-11-27

Publication: DE102007056924A1·2009-03-05

Published as: DE102007056924A1

Radiation-emitting component i.e. organic LED, has radiation generating layer arranged between electrodes, where one electrode includes structured surfaces comprising regions protruding from surfaces and penetrating into layer

Abstract

The component (1) has a radiation generating layer (30) arranged between electrodes (10, 20). The electrode (10) has structured surfaces (12) comprising regions (11) protruding from the surfaces. The regions penetrate into the layer, obtrude in form of spikes, pyramids and/or truncated cones from the surfaces, and are formed as conductors. The electrode (10) is formed as a transparent metal film, and contains transparent conductive oxide, indium tin oxide or aluminum. Particles containing polymer and implemented with gold are deposited on material of the electrodes. An independent claim is also included for a method for producing a radiation-emitting component.



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 10 2007 056 924 A1** 2009.03.05

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2007 056 924.8**

(22) Anmeldetag: **27.11.2007**

(43) Offenlegungstag: **05.03.2009**

(51) Int Cl.⁸: **H01L 51/52** (2006.01)

(66) Innere Priorität:

10 2007 041 214.4 31.08.2007

(71) Anmelder:

**OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE**

(74) Vertreter:

**Epping Hermann Fischer,
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80339 München**

(72) Erfinder:

**Popp, Michael, Dr., 86356 Neusäß, DE; Malm,
Norwin von, Dr., 93186 Pettendorf, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht zu
ziehende Druckschriften:

US2006/01 60 259 A1

WO 06/0 23 480 A2

JP 2004-1 58 530 A

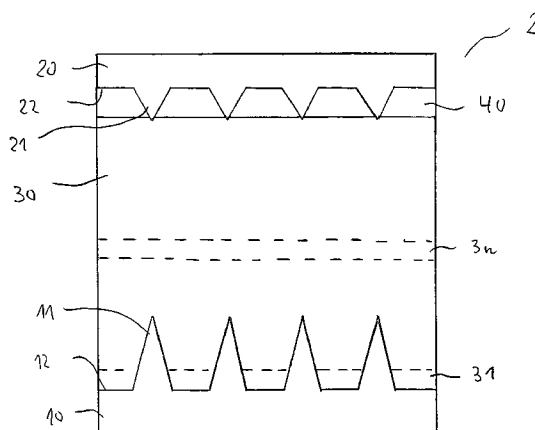
JP 20-04 71 984 A

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

(54) Bezeichnung: **Strahlungsemitterndes Bauelement**

(57) Zusammenfassung: Ein strahlungsemitterndes Bauelement (1, 2) weist eine organische Schichtenfolge (30) auf, die zwischen Elektroden (10, 20) angeordnet ist. Mindestens eine der Elektroden (10) weist eine strukturierte Oberfläche (12) auf. Erhebungen (11) können beispielsweise als Spitzen, Pyramiden und Kegelstümpfe ausgebildet sein, die von einer Oberfläche (12) der Elektrode in die organische Schichtenfolge (30) hineinragen. Beim Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden (10, 20) tritt eine Überhöhung des elektrischen Feldes an den aufgetragenen Strukturen auf, wodurch die Ladungsträgerinjektion in die organische Schichtenfolge erhöht wird. Dadurch lassen sich für die Elektroden (10, 20) Materialien mit hoher Austrittsarbeit und geringer oxidativer Degradation verwenden, sodass einer Alterung des strahlungsemitternden Bauelements entgegengewirkt wird.



Beschreibung

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft ein strahlungsemitterendes Bauelement, bei dem eine Strahlung in organischen Schichten erzeugt wird, die zwischen Elektroden angeordnet sind. Die Erfindung betrifft des Weiteren ein Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemitterenden Bauelements, bei dem organische Schichten zur Strahlungserzeugung zwischen Elektroden angeordnet sind.

[0002] Eine Leuchtdiode weist im Allgemeinen eine strahlungsemitterende Schicht auf, die zwischen zwei Elektroden angeordnet ist. Bei einer organischen Leuchtdiode (OLED) wird als strahlungsemitterende Schicht ein amorphes Material verwendet, das nur wenige 100 nm breit ist. Die strahlungserzeugende Schicht ist im Allgemeinen als eine Schichtenfolge ausgebildet, die insbesondere Injektionsschichten zur Ladungsträgerinjektion, Transportschichten zum Ladungsträgertransport sowie farbgebende Schichten aufweist. Die Schichtenfolge ist zwischen Kontaktmaterialien angeordnet, die beim Anlegen einer Spannung als Kathoden- und Anodenelektrode wirken.

[0003] Die Lichterzeugung und Auskopplung wird bisher im Wesentlichen durch die Dicke und Zusammensetzung der organischen Schichten der strahlungserzeugenden Schichtenfolge beeinflusst. Als Elektroden werden üblicherweise planare Metallkontakte verwendet. Die für die Metallkontakte verwendeten Materialien, wie beispielsweise Aluminium oder Silber, weisen eine geringe Austrittsarbeit für Elektronen auf. Dadurch ist es insbesondere an der Kathodenseite der Elektroden erforderlich, hohe Spannungen anzulegen, um Ladungsträger in die strahlungsemitterende Schichtenfolge zu injizieren.

[0004] Andere Materialien, wie beispielsweise Cäsium, die eine niedrigere Austrittsarbeit für Elektronen aufweisen, sind an Luft sehr reaktiv. Derartige Materialien bewirken eine Einschränkung der Bauelementvariabilität und erschweren die Prozessführung erheblich.

[0005] Die Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein strahlungsemitterendes Bauelement anzugeben, bei dem eine erhöhte Ladungsträgerinjektion in eine strahlungserzeugende Schicht mit einer großen Variabilität erfolgt. Eine weitere Aufgabe der vorliegenden Erfindung ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemitterenden Bauelements anzugeben, bei dem eine hohe Ladungsträgerinjektion in eine zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht mit großer Variabilität erfolgt.

[0006] Eine Ausführungsform eines strahlungsemitterenden Bauelements umfasst eine zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht, die zwischen Elek-

troden angeordnet ist, wobei mindestens eine der Elektroden eine strukturierte Oberfläche mit aus der Oberfläche erhobenen Bereichen aufweist, wobei die erhobenen Bereiche in die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht eindringen.

[0007] Die strahlungserzeugende Schicht kann als eine Schichtenfolge ausgebildet sein, die beispielsweise elektrische Kontaktschichten, Transportschichten zum Ladungsträgertransport sowie farbgebende Schichten aufweisen kann. Die erhobenen Bereiche der strukturierten Oberfläche können zum Beispiel in die elektrischen Kontaktschichten oder in die Transportschichten eindringen.

[0008] Die erhobenen Bereiche der strukturierten Oberfläche können auch jeweils unterschiedlich tief in die strahlungserzeugende Schicht eindringen.

[0009] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Bauelements können die erhobenen Bereiche jeweils die gleiche Form aufweisen. Die erhobenen Bereiche können beispielsweise auf der Oberfläche der mindestens einen Elektrode in einem gleichen Abstand zueinander angeordnet sein. Gemäß einem weiteren Merkmal des Bauelements treten die erhobenen Bereiche in Form von Spitzen, Pyramiden und/oder Kegelstümpfen aus der Oberfläche der mindestens einen Elektrode hervor. Die erhobenen Bereiche können auch als aus der Oberfläche der mindestens einen Elektrode hervortretende Drähte ausgebildet sein. Auf der Oberfläche der mindestens einen Elektrode kann beispielsweise auch eine Gitterstruktur angeordnet sein.

[0010] Gemäß einer weiteren Ausführungsform des Bauelements sind die erhobenen Bereiche aus dem gleichen Material wie die mindestens eine Elektrode ausgebildet. Die mindestens eine Elektrode kann beispielsweise Indiumzinnoxid oder Aluminium enthalten. Die mindestens eine Elektrode kann beispielsweise als ein transparenter Metallfilm ausgebildet sein. Bei einer anderen Ausführungsform ist die Oberfläche der mindestens einen Elektrode verspiegelt. Die mindestens eine Elektrode kann beispielsweise ein transparentes leitfähiges Oxid enthalten. Gemäß einem weiteren Merkmal umfasst die mindestens eine Elektrode ein Substratmaterial, auf dem eine elektrisch, leitfähige Schicht, insbesondere eine Metallfolie, angeordnet ist.

[0011] Die mindestens eine Elektrode kann beispielsweise eine Dicke zwischen einer minimalen Monolage, beispielsweise von 10 nm, und 200 nm aufweisen. Die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht kann eine Dicke zwischen der Dicke einer minimalen Monolage, beispielsweise von 10 nm, und 500 nm aufweisen. Die erhobenen Bereiche dringen beispielsweise jeweils mit einer Eindringtiefe zwischen 5 nm und 20 nm in die zur Strahlungserzeugung

gung ausgebildete Schicht ein.

[0012] Gemäß einer anderen Ausführungsform des Bauelements ist zwischen der mindestens einen Elektrode und der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht eine elektrisch isolierende Schicht angeordnet. Die elektrisch isolierende Schicht umfasst beispielsweise Vertiefungen. Die mindestens eine Elektrode ist bei dieser Ausführungsform derart auf der elektrisch isolierenden Schicht aufgebracht, dass die erhobenen Bereiche in den Vertiefungen der elektrisch isolierenden Schicht angeordnet sind.

[0013] Gemäß eines weiteren Merkmals des Bauelements umfasst die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht eine Schichtenfolge aus mehreren Schichten, wobei eine Schicht der Schichtenfolge, die näher als eine weitere Schicht an der mindestens einen Elektrode angeordnet ist, eine höhere elektrische Leitfähigkeit als die weitere Schicht aufweist.

[0014] Im Folgenden wird ein Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Bauelements angegeben. Zunächst wird eine Elektrode mit einer strukturierten Oberfläche bereitgestellt, indem Partikel auf einem Material der Elektrode abgeschieden werden. Anschließend werden Bereiche des Materials der Elektrode zwischen den Partikeln geätzt. Eine zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht wird auf die strukturierte Oberfläche der Elektrode aufgebracht. Danach wird ein Material einer weiteren Elektrode auf die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht aufgebracht.

[0015] Die Bereiche des Materials zwischen den Partikeln können in der Weise geätzt werden, dass sich eine mit Erhebungen strukturierte Oberfläche ausbildet, wobei die Erhebungen die gleiche Höhe aufweisen. Es ist auch möglich, dass die Bereiche des Materials zwischen den Partikeln derart geätzt werden, dass sich eine mit Erhebungen strukturierte Oberfläche ausbildet, wobei die Erhebungen eine unterschiedliche Höhe aufweisen.

[0016] Die Bereiche zwischen den Partikeln werden beispielsweise derart geätzt, dass in einen Bereich unter den Partikeln das Material der Elektrode mit einer pyramiden- oder kegelstumpfförmigen Struktur ausgebildet wird.

[0017] Die Partikel können beispielsweise als eine Monolage auf dem Material der Elektrode abgeschieden werden.

[0018] Gemäß einem weiteren Merkmal des Verfahrens wird die Größe der Partikel nach dem Abscheiden auf dem Material der Elektrode durch thermische Behandlung verändert.

[0019] Bei einer anderen Ausführungsform des Ver-

fahrens ist es möglich, dass nach dem Aufbringen der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht eine elektrisch isolierende Schicht auf die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht aufgebracht wird und das Material der weiteren Elektrode auf die elektrisch isolierende Schicht aufgebracht wird. Gemäß einer weiteren Ausgestaltungsform des Verfahrens werden Vertiefungen in die elektrisch isolierende Schicht derart geätzt, dass das Material der weiteren Elektrode nach dem Aufbringen auf die elektrisch isolierende Schicht in den Vertiefungen mit der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht in Kontakt tritt.

[0020] Die Vertiefungen werden in der elektrisch isolierenden Schicht beispielsweise pyramiden- oder kegelstumpfförmig ausgebildet. Vor dem Schritt des Ätzens der Vertiefungen werden zum Beispiel Partikel auf der elektrisch isolierenden Schicht abgeschieden. Die Partikel können zum Beispiel ein Polymer enthalten, in das Gold implementiert ist. Die Partikel können beispielsweise auch ein koloidisches metallorganisches Material enthalten.

[0021] Die Erfindung wird im Folgenden anhand von Figuren, die Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung zeigen, näher erläutert. Es zeigen:

[0022] Fig. 1A eine Ausführungsform eines strahlungsemittierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion,

[0023] Fig. 1B eine weitere Ausführungsform eines strahlungsemittierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion,

[0024] Fig. 2A eine Ausführungsform einer strukturierten Oberfläche eines Kontaktmaterials eines strahlungsemittierenden Bauelements,

[0025] Fig. 2B eine weitere Ausführungsform einer strukturierten Oberfläche einer Elektrode eines strahlungsemittierenden Bauelements,

[0026] Fig. 2C eine weitere Ausführungsform einer strukturierten Oberfläche einer Elektrode eines strahlungsemittierenden Bauelements,

[0027] Fig. 3A das Aufbringen von Nanostrukturen in ein Kontaktmaterial eines strahlungsemittierenden Bauelements,

[0028] Fig. 3B eine Ausführungsform einer strukturierten Oberfläche eines Kontaktmaterials,

[0029] Fig. 3C eine Ausführungsform eines strahlungsemittierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion,

[0030] Fig. 4 eine weitere Ausführungsform eines

strahlungsemitierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion,

[0031] Fig. 5A das Aufbringen einer Maske zur Herstellung einer Ausführungsform eines strahlungsemitierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion,

[0032] Fig. 5B eine Ausführungsform eines strahlungsemitierenden Bauelements mit einer strukturierten elektrisch isolierenden Schicht,

[0033] Fig. 5C eine weitere Ausführungsform eines strahlungsemitierenden Bauelements mit einer erhöhten Ladungsträgerinjektion.

[0034] Fig. 1A zeigt eine Ausführungsform eines strahlungsemitierenden Bauelements 1. Das strahlungsemitierende Bauelement ist als eine organische Leuchtdiode ausgebildet. Ein Kontaktmaterial 10 wirkt als Kathoden- oder Anodenelektrode. Auf dem Kontaktmaterial sind organische Schichten 31, ..., 3n einer Schichtenfolge 30 angeordnet. Auf der Schichtenfolge 30 ist eine Deckelektrode 20 angeordnet. Beim Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode 10 und der Elektrode 20 werden Ladungsträger in die organische Schichtenfolge 30 injiziert, wodurch eine Strahlungsemission bewirkt wird.

[0035] Die Elektrode 10 weist eine strukturierte Oberfläche 12 auf, aus der Erhebungen 11 hervortreten. Die Erhebungen 11 dringen in die Schichtenfolge 30 ein. Die Elektroden 10 und 20 weisen beispielsweise eine Dicke zwischen 20 nm und 200 nm auf. Die Schichtdicke der Organik 30 liegt beispielsweise in einem Bereich zwischen 50 nm und 500 nm. Die Erhebungen 11 ragen je nach Schichtdicke der organischen Schichtenfolge 30 zwischen 5 nm und 20 nm in die organische Schichtenfolge hinein.

[0036] Beim Anlegen einer Spannung zwischen den Kontaktmaterialien 10 und 20 tritt durch die auf der Oberfläche 12 aufgetragenen Nanostrukturen 11 eine Überhöhung eines elektrischen Feldes auf. Eine hohe elektrische Feldstärke tritt bei der in Fig. 1A gezeigten Ausführungsform insbesondere an den Enden der pyramidenförmig ausgebildeten Erhebungen 11 auf. Dadurch kommt es zu einer erhöhten Ladungsträgerinjektion in die strahlungsemitierende Schichtenfolge 30 (Feldemission). Die Ladungsträgerinjektion erfolgt bereits bei relativ geringen Spannungen zwischen den Elektroden. Für die Elektroden 10 und 20 können daher Kontaktmaterialien mit einer hohen Austrittsarbeit verwendet werden. Durch die Verwendung derartiger Kontaktmaterialien werden die Elektroden unempfindlich gegen oxidative Degradation. Durch Strukturierung der Oberfläche der Elektroden, insbesondere der Kathode, und die Verwendung von Kontaktmaterialien mit hoher Austrittsarbeit lässt sich somit der Alterung der organischen

Leuchtdiode 1 entgegenwirken.

[0037] Als Material für die Elektroden kann beispielsweise Indiumzinnoxid verwendet werden, wodurch transparente Kontakte entstehen. Des Weiteren kann beispielsweise ein transparenter Metallfilm aus Aluminium mit einer Dicke von zum Beispiel 20 nm zur Herstellung der Elektroden 10 und 20 eingesetzt werden. Bei einer Verwendung einer Aluminiumschicht mit einer Dicke von mehr als 20 nm können die Elektroden mit verspiegelten Oberflächen ausgebildet werden. Die Oberfläche einer derartigen verspiegelten Elektrode wird ebenfalls, wie in Fig. 1A gezeigt, durch Nanostrukturen, die aus dem verspiegelten Material hervortreten, strukturiert.

[0038] Fig. 1B zeigt eine weitere Ausführungsform eines strahlungsemitierenden Bauelements. Bei dieser Ausführungsform wird die Kontaktschicht 10 als ein elektrisch leitfähiger dünner Metallfilm 14 auf einem planaren Substrat 13 abgeschieden. Der Metallfilm 14 weist Erhebungen auf, die beispielsweise als Pyramiden ausgeformt sein können. Beim Aufbringen einer organischen Schichtenfolge auf die in Fig. 1B gezeigte Elektrode entstehen ebenfalls beim Anlegen einer Spannung zwischen den Elektroden 10 und 20 an den Spitzen der pyramidenförmigen Nanostrukturen 11 erhöhte elektrische Felder. Somit tritt auch bei der in Fig. 1B gezeigten Ausführungsform an den Spitzen der Erhebungen 11 eine erhöhte Ladungsträgerinjektion in die organische Schichtenfolge 30 auf.

[0039] Da die Kontaktschicht bei der organischen Leuchtdiode gleichzeitig als Spiegel funktioniert, hängen die optischen Auskoppelungseigenschaften, insbesondere Farbe und Effizienz der Emission, von Form, Größe und Verteilung der Nanostrukturen ab. Über die Variation dieser Strukturen kann somit die Lokalisierung der Ladungsträgerinjektion sowie die Lichtemission, beispielsweise die Leistung oder Wellenlänge des abgestrahlten Lichts, beeinflusst werden.

[0040] Die in den Fig. 1A und Fig. 1B gezeigten Nanostrukturen 11 können gleichmäßig tief oder unterschiedlich tief in die Schichtenfolge 30 eindringen. Fig. 1A zeigt exemplarisch eine Folge von Nanostrukturen 11, die gleichmäßig tief in die Schichten der Schichtenfolge eindringen. Bei der in Fig. 1B gezeigten Ausführungsform dringen die Erhebungen (Nanostrukturen) 11 mit unterschiedlicher Tiefe in die Schichtenfolge 30 ein. Es ist auch möglich, dass bei der in Fig. 1A gezeigten Ausführungsform des strahlungsemitierenden Bauelements die Erhebungen 11 unerschiedlich weit in die Schichtenfolge 30 eindringen. Beispielsweise können Nanostrukturen in der elektrischen Kontaktschicht der Schichtenfolge 30 enden, wohingegen andere der Nanostrukturen in die tiefer liegenden Transportschichten der Schichtenfolge 30 vordringen. Entsprechend können auch bei der

in Fig. 1B gezeigten Ausführungsform des strahlungsemitternden Bauelements die Erhebungen **11** gleichmäßig tief in die Schichtenfolge **30** hineinragen.

[0041] Neben den pyramidenförmig ausgebildeten Nanostrukturen können auf der Oberfläche der Elektroden weitere Formen von Strukturen angeordnet sein. In den Fig. 2A, Fig. 2B und Fig. 2C sind unterschiedliche Ausführungsformen von Elektroden mit verschiedenen Formen von Nanostrukturen gezeigt. Bei der in Fig. 2A gezeigten Ausführungsform sind die Nanostrukturen als Kegelstumpfe ausgeformt. Fig. 2B zeigt eine Elektrode, bei der die Nanostrukturen **11** als Spitzen ausgeformt sind. Fig. 2C zeigt eine Draufsicht auf eine Elektrode, bei der die Nanostrukturen beispielsweise Drähte **50** sind, die in Form einer Gitterstruktur **60** aus dem Elektrodenmaterial herausragen.

[0042] Durch die räumliche Verteilung und Dichte der Nanostrukturen auf der Oberfläche der Elektroden lässt sich die Ladungsträgerinjektion steuern beziehungsweise auf bestimmte Bereiche der organischen Schichtenfolge lokalisieren. Beim Aufbringen einer organischen Schichtenfolge auf die Elektrode **10** ragen die jeweilig geformten Nanostrukturen in die organische Schichtenfolge hinein. Durch die erhöhte Feldstärke an dem freien Ende der Nanostrukturen tritt insbesondere in diesen Bereichen eine erhöhte Ladungsträgerinjektion in die organischen Schichten **30** auf.

[0043] Fig. 3A zeigt eine Ausführungsform eines Herstellungsverfahrens zur Herstellung einer strukturierten Substratelektrode und einer organischen Leuchtdiode, die eine strukturierte Substratelektrode aufweist. In Fig. 3A wird als Kontaktmaterial **10** beispielsweise ein Metall oder ein anderes elektrisch leitfähiges Material verwendet. Insbesondere kann beispielsweise eine Schicht aus transparenten leitfähigen Oxiden (TCO) bereitgestellt werden. Eine Ätzmaske wird beispielsweise aus kolloidischen metallorganischen Metallpartikeln (Sol-Gel-Verfahren) hergestellt, die sich auf der Oberfläche **12** der Kontaktschicht **10** selbständig organisieren (SAM).

[0044] Ein Teil der Nanopartikel, die auf der Oberfläche **12** aufgebracht werden, wird weggeätzt, sodass sich lediglich eine geringe Anzahl der Nanopartikel **70** auf dem Substrat **10** geordnet oder ungeordnet verteilt. Die Nanopartikel sind beispielsweise Polymere, in die Gold implementiert ist. Derartige Gold-Block-Copolymere weisen beispielsweise eine Größe von einigen 10 nm bis zu einigen 100 nm auf. Durch zwischenmolekulare Kräfte orientieren sich die Partikel **70** auf dem Kontaktmaterial **11** und bilden somit eine Ätzmaske.

[0045] Die Maske kann auch beispielsweise aus

Nanopartikeln bestehen, die durch physikalische Verfahren, zum Beispiel durch Ionenstrahlabscheidung (Ionbeam Deposition) auf dem Kontaktmaterial verteilt angeordnet werden.

[0046] Eine weitere Möglichkeit für die Erstellung einer geeigneten Ätzmaske besteht darin, in einer Langmuir-Blodgett-Waage eine Monolage von Polymerkugeln aufzubringen. Vor dem eigentlichen Ätzvorgang können die Polymerkugeln durch thermische Behandlung in ihrer lateralen Ausdehnung verändert werden.

[0047] Durch einen Ätzangriff auf das Kontaktmaterial **11**, auf dessen Oberfläche die Nanopartikel **70** angeordnet sind, werden Bereiche zwischen den Nanopartikeln weggeätzt. Dadurch entsteht, wie in Fig. 3B gezeigt, eine Elektrode **11** mit einer strukturierten Oberfläche. Je nach Anordnung der Nanopartikel auf der Oberfläche des Elektrodenmaterials **11** beziehungsweise in Abhängigkeit von dem verwendeten Ätzverfahren entstehen unterschiedlich geformte Erhebungen **11** auf einer Oberfläche **12** der Elektrode **10**.

[0048] Form, Größe und Dichte der Erhebungen **11** auf der Kontaktoberfläche **12** sind beispielsweise durch Änderung der Ätzmasken und der Ätzparameter, beispielsweise der Zeit, während der der Ätzvorgang stattfindet, sowie der Konzentration der Ätze beziehungsweise der am Ätzvorgang beteiligten Stoffe variierbar. Beim Plasma-Ätzen lässt sich die Form und Größe der Nanostrukturen **11** insbesondere durch die verwendeten Gase variieren. Das Ätzen kann beispielsweise durch nass- oder trockenchemisches Ätzen erfolgen.

[0049] Nach der Herstellung der strukturierten Elektrode **10** werden auf der Elektrode die organischen Schichten **30** abgeschieden. Wie in Fig. 3C gezeigt ist, dringen die aus der Elektrode **10** hervortretenden Nanostrukturen **11** in die organische Schichtenfolge **30** ein. An der gegenüberliegenden Seite der organischen Schichtenfolge wird eine Deckelektrode **20** angeordnet. Beim Anlegen einer Spannung zwischen der Elektrode **10** und der Elektrode **20** treten insbesondere an den Spitzen der Nanostrukturen hohe Feldstärken auf, wodurch eine erhöhte Ladungsträgerinjektion in die organische Schichtenfolge stattfindet. Je nach lateraler Strukturierung dringen die Strukturen auf den Elektroden unterschiedlich tief in die Materialien der organischen Schichtenfolge ein.

[0050] Fig. 4 zeigt eine weitere Ausführungsform einer organischen Leuchtdiode **2**. Die organische Leuchtdiode weist eine Elektrode **10** mit einer strukturierten Oberfläche auf. Die Strukturen auf der Oberfläche können beispielsweise pyramiden- oder kegelförmige Erhebungen sein. Die Elektrode **10** ist beispielsweise als ein transparenter Kontakt ausge-

führt und kann bei dieser Ausführungsform Indiumzinnoxid enthalten. Die Elektrode **10** kann auch beispielsweise als ein transparenter Metallfilm oder eine dünne Metallfolie ausgeführt sein. Die Elektrode **10** weist beispielsweise eine Dicke zwischen 20 nm und 200 nm auf. Die Nanostrukturen **11** können 5 nm bis 20 nm aus der Oberfläche der Elektrode **10** hervortreten. Auf der strukturierten Elektrode **10** sind organische Schichten **30** abgeschieden.

[0051] Im Gegensatz zu der in den vorangehenden Figuren gezeigten Ausführungsformen ist eine Deckelektrode **20** nicht als planare Elektrode ausgeführt, sondern weist ihrerseits ebenfalls eine strukturierte Oberfläche **22** auf. Des Weiteren ist die Deckelektrode **20** nicht unmittelbar auf die organische Schichtenfolge **30** aufgebracht. Zwischen der organischen Schichtenfolge und der Deckelektrode ist eine elektrisch isolierende Schicht **40** angeordnet. Die Schicht **40** weist Vertiefungen **41** auf, die bis zu der organischen Schichtenfolge **30** reichen. Auf die elektrisch isolierende Schicht **40** ist die Deckelektrode **20** aufgebracht.

[0052] Durch die Vertiefungen **41** entsteht somit ebenfalls eine strukturierte Oberfläche **22** der Deckelektrode **20**. Die Erhebungen **21** der Deckelektrode können in die organischen Schichten eindringen oder die organischen Schichten **30** zumindest berühren. Durch die in [Fig. 4](#) gezeigte Ausführungsform eines strahlungsemitternden Bauelements **20** lässt sich die Ladungsträgerinjektion in die organische Schichtenfolge verstärken, da an beiden Seiten der organischen Schichtenfolge an den Spitzen der Erhebungen **11** der Elektrode **10** sowie an den Spitzen der Erhebungen **21** der Deckelektrode **20** erhöhte Feldstärken auftreten.

[0053] [Fig. 5](#) zeigt ein Verfahren zur Herstellung des strahlungsemitternden Bauelements **2**. Die Strukturierung der Oberfläche der Elektrode **10** wird, wie anhand von [Fig. 3A](#) beschrieben, hergestellt. Nach dem Aufbringen der organischen Schichten **30** auf die Elektrode **10** wird zunächst die elektrisch isolierende Schicht **40** planar auf die organische Schichtenfolge **30** aufgebracht. Die Schicht **40** kann als eine Photoresist-Schicht ausgebildet sein. Um Vertiefungen **41** in die elektrisch isolierende Schicht **40** einzubringen, wird eine Ätzmaske hergestellt.

[0054] Die Ätzmaske kann beispielsweise aus kolloidalen metallorganischen Nanopartikeln nach dem Sol-Gel-Verfahren hergestellt werden. Die Maskenpartikel organisieren sich selbständig auf der Oberfläche der elektrisch isolierenden Schicht **40**. Nach einem Veraschen der organischen Molekülteile, beispielsweise in einem Plasma, bleiben metallische Cluster auf der Oberfläche zurück. Alternativ dazu können auch metallische Kolloide verwendet werden. Des Weiteren kann die Maske auch aus Nanoparti-

keln bestehen, die durch physikalische Verfahren, zum Beispiel durch Ionenstrahlabscheidung (Ion-beam deposition) aufgebracht werden. Eine weitere Möglichkeit zur Herstellung einer geeigneten Ätzmaske besteht in dem Aufbringen einer Monolage von Polymerkugeln in einer Langmuir-Blodgett-Waage, die vor dem anschließenden trockenchemischen Ätzen durch thermische Behandlung in ihrer lateralen Ausdehnung verändert werden. Durch den in [Fig. 5A](#) gezeigten Ätzangriff entstehen in dem Material der elektrisch isolierenden Schicht **40** die in [Fig. 5B](#) gezeigten Vertiefungen **41**.

[0055] Zur Herstellung der nanostrukturierten Deckelektrode **20** müssen die Nanostrukturen invertiert aufgebracht werden. Die Nanostrukturen wachsen in die bereits aufgebrachte organische Schichtenfolge **30** hinein. Durch die Vertiefungen in der Photoresist-Schicht **40** entstehen nach einer Metallisierung der Vertiefungen Erhebungen **21** auf der unteren Oberfläche **22** der Deckelektrode **20**.

[0056] Durch das Anbringen von Erhebungen **11** und **21** in Form von Spitzen, Pyramiden, Kegelstümpfen, Drähten oder Gitter auf die Elektroden **10**, **20**, entsteht beim Anlegen einer Spannung an die Elektrode **10** und die Elektrode **20** eine erhöhte Feldstärke an den jeweiligen Spitzen der Erhebungen. Als Folge davon kommt es zu einer erhöhten Ladungsträgerinjektion in die organischen Schichten **30**. Dadurch können Ladungsträger auch aus Elektrodenmaterialien mit hoher elektrischer Austrittsarbeit bei sehr kleinen Spannungen an den Elektroden in die organische Schichtenfolge **30** injiziert werden.

[0057] Durch die Verwendung von Kontaktmaterialien mit hoher Austrittsarbeit, beispielsweise durch die Verwendung von Elektroden aus Indiumzinnoxid, wird der oxidativen Degradation der Elektrode und somit der Alterung des gesamten OLED-Bauelements entgegengewirkt. Des Weiteren kann über die Variation von Form, Größe und Dichte der Nanostrukturen die Lichtemission des OLED-Bauelements gezielt beeinflusst und für eine jeweilige Anwendung angepasst werden. Eine zweidimensional regelmäßige Anordnung der Nanostrukturen wirkt insbesondere als photonischer Kristall oder Bragg-Reflektor.

[0058] Bei den in den [Fig. 1](#) und [Fig. 4](#) gezeigten Ausführungsformen eines strahlungsemitternden Bauelements kann die erste Schicht **31**, die nahe der Elektrode **10** angeordnet ist, ein Material mit einer höheren lateralen elektrischen Leitfähigkeit enthalten, als beispielsweise eine Schicht **3n**, die weiter von der Elektrode **10** entfernt liegt. Dadurch entsteht in den Bereichen der organischen Schichtenfolge, in denen die Erhebungen **11** in die Schichtenfolge eindringen, eine Stromaufweitungsschicht. Somit kann der Ausbildung von Perkulationspfaden für die Ladungsträger an den Orten der Ladungsträgerinjektion und ei-

ner damit einhergehenden verstärkten Alterung der Transportmoleküle entlang dieser Pfade entgegengewirkt werden.

Patentansprüche

1. Strahlungsemittierendes Bauelement (1, 2) mit einer zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30), die zwischen Elektroden (10, 20) angeordnet ist, wobei mindestens eine der Elektroden (10, 20) eine strukturierte Oberfläche (12, 22) mit aus der Oberfläche erhobenen Bereichen (11, 21) aufweist, wobei die erhobenen Bereiche in die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30) eindringen.

2. Bauelement nach Anspruch 1, wobei die erhobenen Bereiche jeweils die gleiche Form aufweisen.

3. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 oder 2, wobei die erhobenen Bereiche (11) auf der Oberfläche (12) der mindestens einen Elektrode (10) in einem gleichen Abstand zueinander angeordnet sind.

4. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei die erhobenen Bereiche (11) in Form von Spitzen, Pyramiden und/oder Kegelstümpfen aus der Oberfläche (12) der mindestens einen Elektrode (10) hervortreten.

5. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die erhobenen Bereiche (11) als aus der Oberfläche der mindestens einen Elektrode (10) hervortretende Drähte (50) ausgebildet sind.

6. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei auf der Oberfläche der mindestens einen Elektrode (10) eine Gitterstruktur (60) angeordnet ist.

7. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die erhobenen Bereiche (11) aus dem gleichen Material wie die mindestens eine Elektrode (10) ausgebildet sind.

8. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30) elektrische Kontaktschichten und Transportschichten (31, ..., 3n) aufweist.

9. Bauelement nach Anspruch 1 bis 8, wobei die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht eine Schichtenfolge (30) aus mehreren Schichten (31, ..., 3n) umfasst, wobei die erhobenen Bereiche (11) unterschiedlich tief in die mehreren Schichten (31, ..., 3n) der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30) eindringen.

10. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens eine Elektrode (10) Indiumzinnoxid oder Aluminium enthält.

11. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die mindestens eine Elektrode als ein transparenter Metallfilm (10) ausgebildet ist.

12. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Oberfläche (11) der mindestens einen Elektrode (10) verspiegelt ist.

13. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die mindestens eine Elektrode (10) ein transparentes leitfähiges Oxid enthält.

14. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 10, wobei die mindestens eine Elektrode (10) ein Substratmaterial (13) umfasst, auf dem eine elektrisch, leitfähige Schicht (14), insbesondere eine Metallfolie, angeordnet ist.

15. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei die mindestens eine Elektrode (10) eine Dicke zwischen 10 nm und 200 nm aufweist.

16. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30) eine Dicke zwischen 10 nm und 500 nm aufweist.

17. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 16, wobei die erhobenen Bereiche (11) jeweils mit einer Eindringtiefe zwischen 5 nm und 20 nm in die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30) eindringen.

18. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 17,
– wobei zwischen der mindestens einen Elektrode (20) und der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30) eine elektrisch isolierende Schicht (40) angeordnet ist,
– wobei die elektrisch isolierende Schicht Vertiefungen (41) umfasst,
– wobei die mindestens eine Elektrode (20) derart auf der elektrisch isolierenden Schicht (40) aufgebracht ist, dass die erhobenen Bereiche (21) in den Vertiefungen (41) der elektrisch isolierenden Schicht (40) angeordnet sind.

19. Bauelement nach einem der Ansprüche 1 bis 18, wobei die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht eine Schichtenfolge (30) aus mehreren Schichten (31, ..., 3n) umfasst, wobei eine Schicht (31) der Schichtenfolge, die näher als eine weitere Schicht (3n) an der mindestens einen Elektrode (10) angeordnet ist, eine höhere elektrische Leitfähigkeit als die weitere Schicht (3n) aufweist.

20. Verfahren zur Herstellung eines strahlungsemittierenden Bauelements (1, 2), umfassend:
– Bereitstellen einer Elektrode (10) mit einer strukturierten Oberfläche (12), durch Abscheiden von Parti-

keln (70) auf einem Material der Elektrode (10) und Ätzen von Bereichen des Materials der Elektrode zwischen den Partikeln,

- Aufbringen einer zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30) auf die strukturierte Oberfläche (12) der Elektrode,
- Aufbringen eines Materials einer weiteren Elektrode (20) auf die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30).

21. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Bereiche zwischen den Partikeln derart geätzt werden, dass sich eine mit Erhebungen (11) strukturierte Oberfläche (12) ausbildet, wobei die Erhebungen die gleiche Höhe aufweisen.

22. Verfahren nach Anspruch 20, wobei die Bereiche zwischen den Partikeln derart geätzt werden, dass sich eine mit Erhebungen (11) strukturierte Oberfläche (12) ausbildet, wobei die Erhebungen eine unterschiedliche Höhe aufweisen.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, wobei die Bereiche zwischen den Partikeln (70) derart geätzt werden, dass in einem Bereich unter den Partikeln das Material der Elektrode (10) mit einer pyramiden- oder kegelstumpfförmigen Struktur ausgebildet wird.

24. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 23, wobei die Partikel (70) als eine Monolage auf dem Material der Elektrode (10) abgeschieden werden.

25. Verfahren nach Anspruch 24, wobei die Größe der Partikel (70) nach dem Abscheiden auf dem Material der Elektrode durch thermische Behandlung verändert wird.

26. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 25, wobei nach dem Aufbringen der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30) eine elektrisch isolierende Schicht (40) auf die zur Strahlungserzeugung ausgebildete Schicht (30) aufgebracht wird und das Material der weiteren Elektrode (20) auf die elektrisch isolierende Schicht (40) aufgebracht wird.

27. Verfahren nach Anspruch 26, umfassend:
Ätzen von Vertiefungen (41) in die elektrisch isolierende Schicht (40) derart, dass das Material der weiteren Elektrode (20) nach dem Aufbringen auf die elektrisch isolierende Schicht (40) in den Vertiefungen mit der zur Strahlungserzeugung ausgebildeten Schicht (30) in Kontakt tritt.

28. Verfahren nach Anspruch 27, wobei die Vertiefungen (41) in der elektrisch isolierenden Schicht (40) pyramiden- oder kegelstumpfförmig ausgebildet werden.

29. Verfahren nach einem der Ansprüche 27 oder

28, wobei vor dem Schritt des Ätzens der Vertiefungen (41) Partikel (70) auf der elektrisch isolierenden Schicht (40) abgeschieden werden.

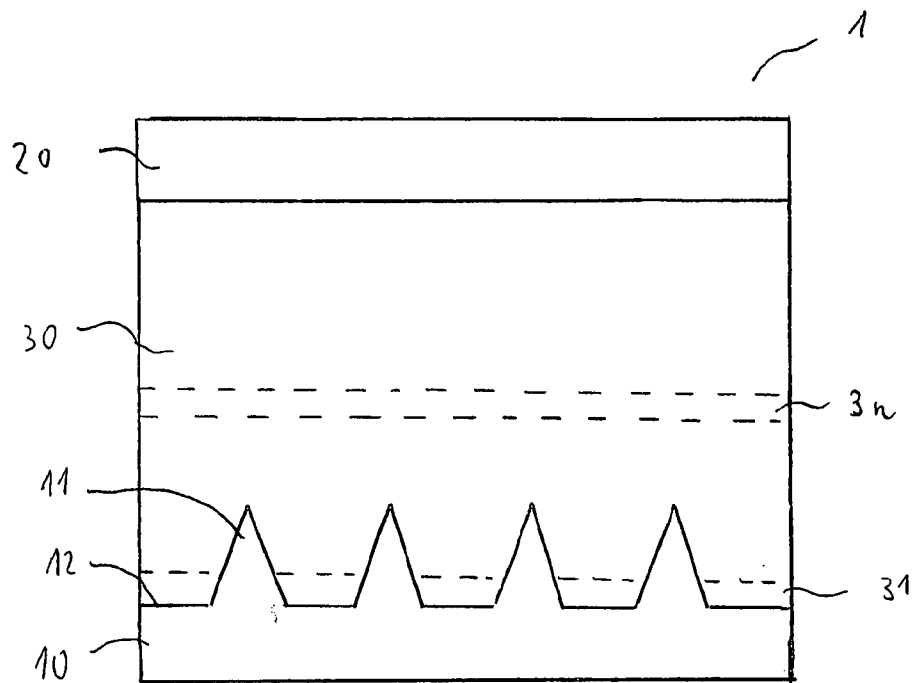
30. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 29, wobei die Partikel (70) ein Polymer enthalten, in das Gold implementiert ist.

31. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 30, wobei die Partikel (70) ein kolloidisches metallorganisches Material enthalten.

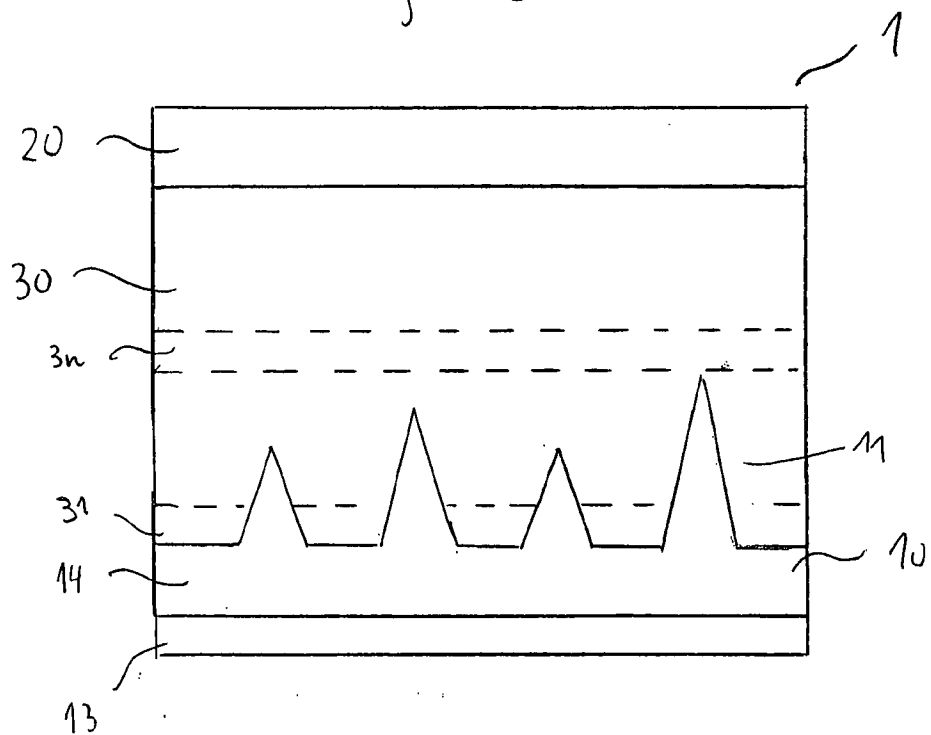
Es folgen 5 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

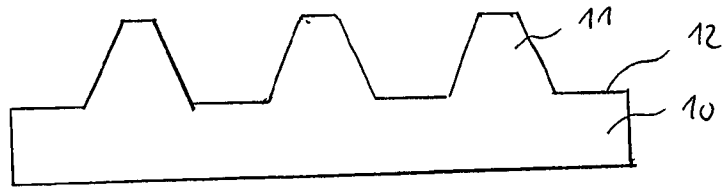
Figur 1A



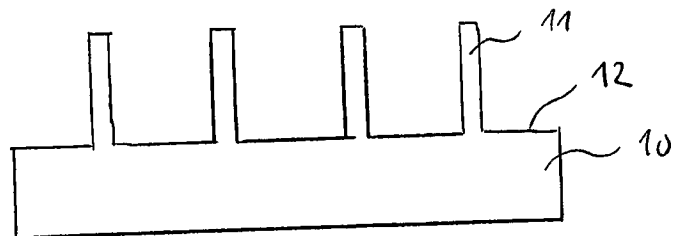
Figur 1B



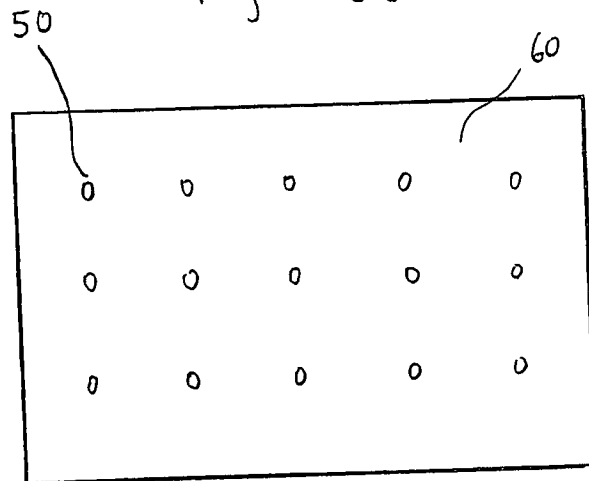
Figur 2A



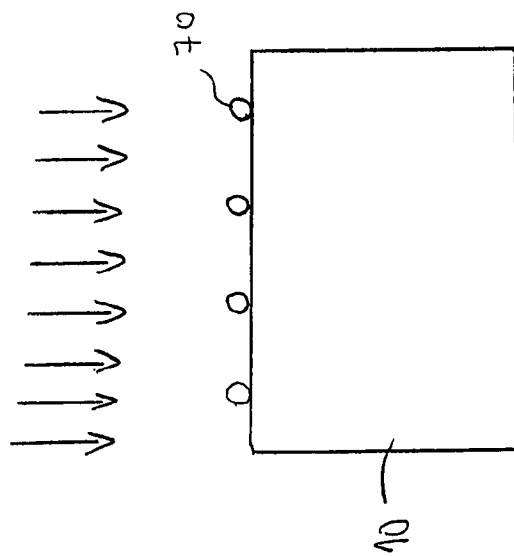
Figur 2B



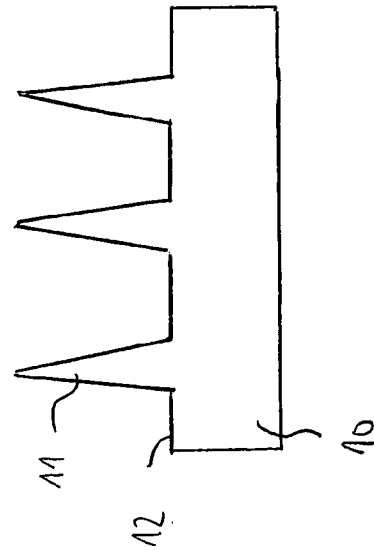
Figur 2C



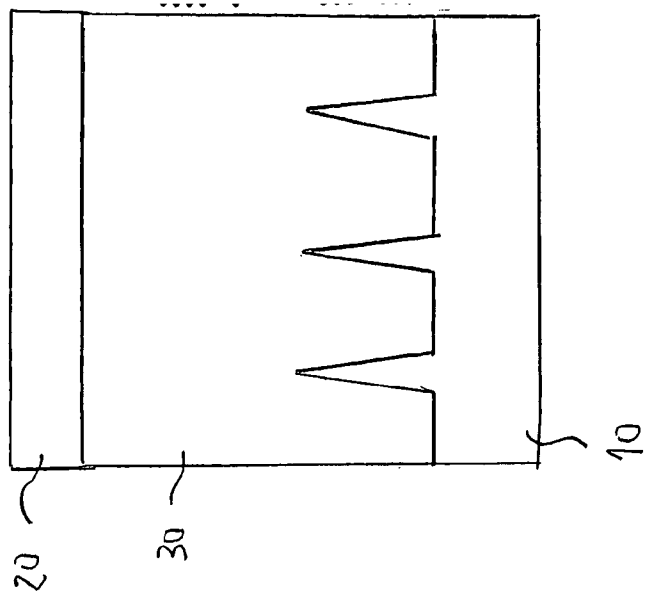
Figur 3A



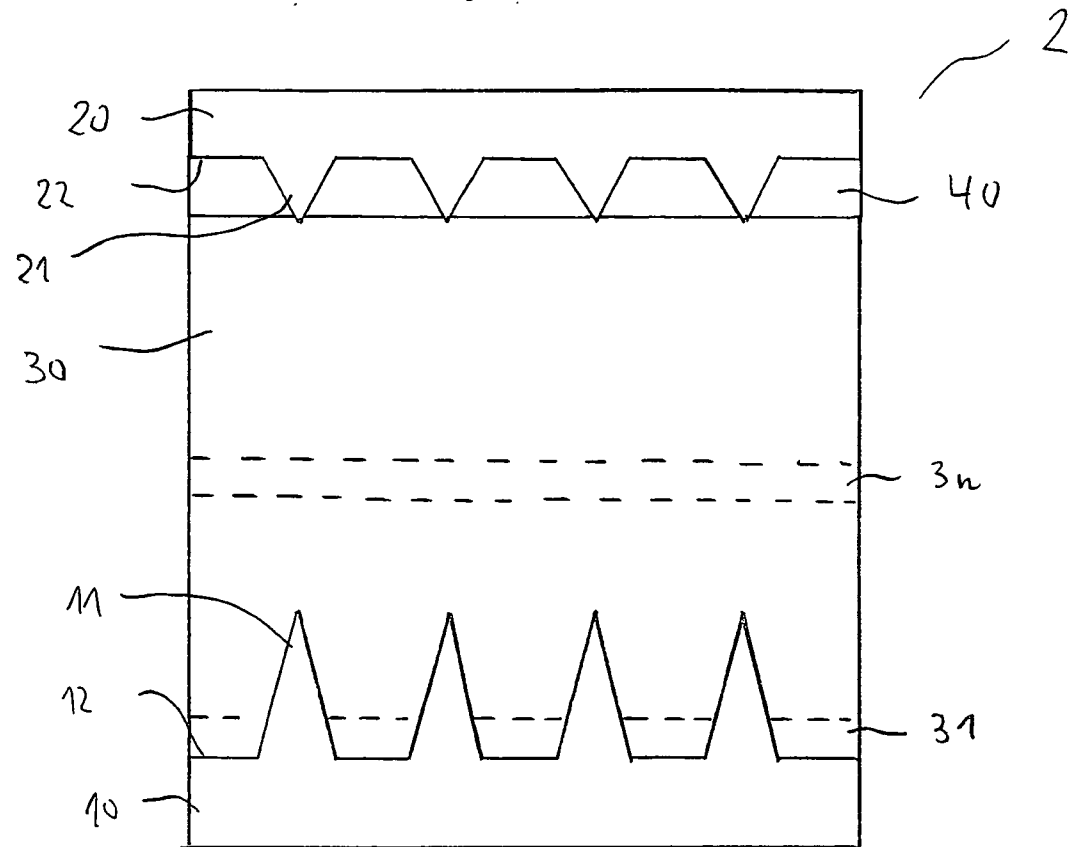
Figur 3B



Figur 3C



Figur 4



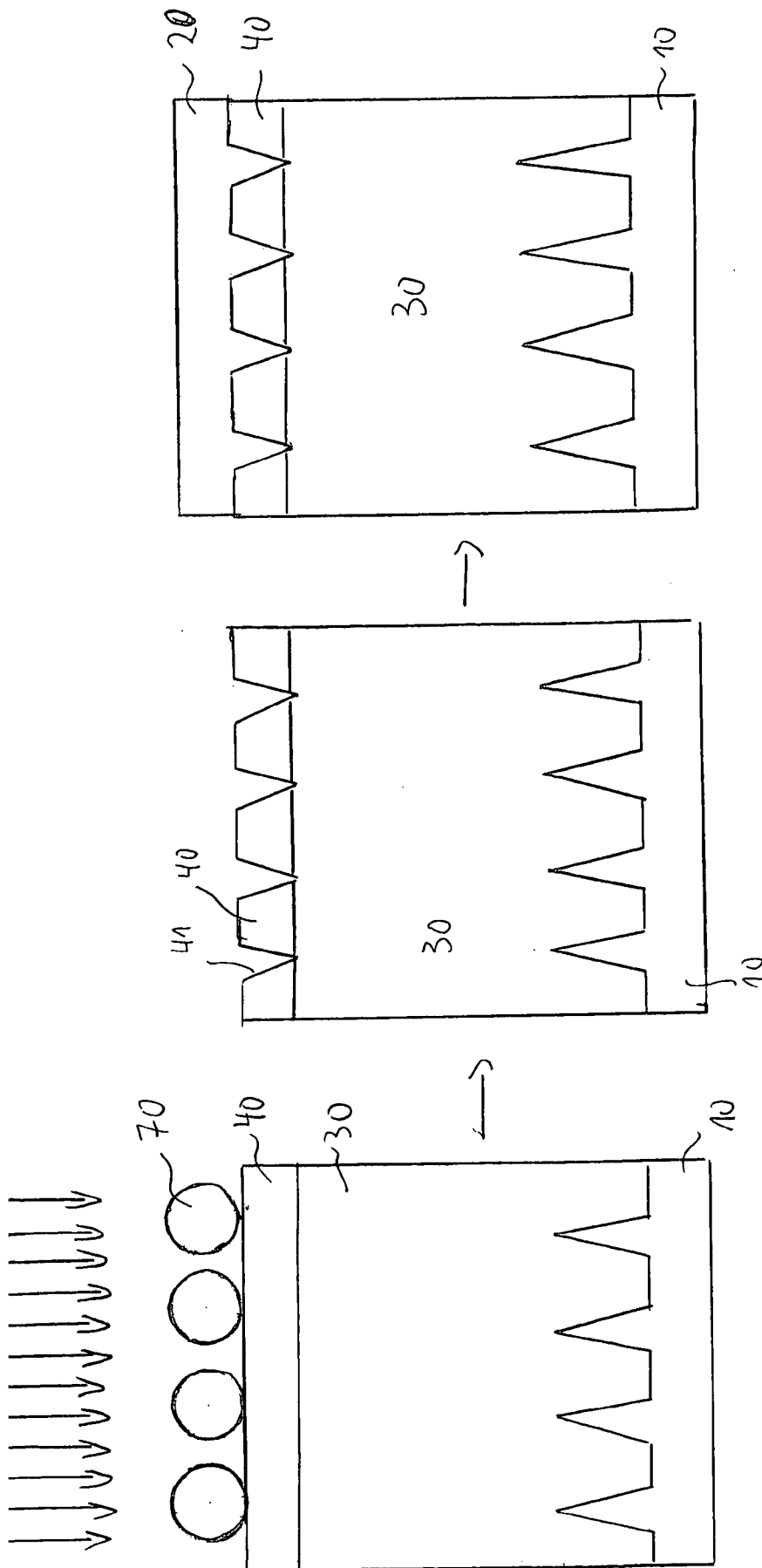


Figure 5 A

Figure 5 B

Figure 5 C