

(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  
7. März 2013 (07.03.2013)



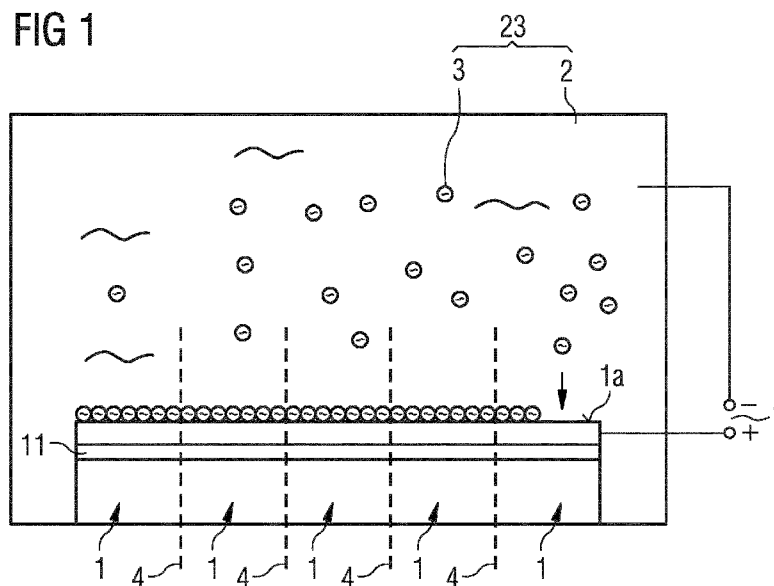
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2013/029862 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation:  
*H01L 33/50* (2010.01)
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/063872
- (22) Internationales Anmeldedatum:  
16. Juli 2012 (16.07.2012)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität:  
10 2011 111 980.2  
29. August 2011 (29.08.2011) DE
- (71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme von US): **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH** [DE/DE]; Leibnizstrasse 4, 93055 Regensburg (DE).
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **STOLL, Ion** [DE/DE]; Am Schulhaus 19, 93083 Obertraubling (DE). **GALLMEIER, Hans-Christoph** [DE/DE]; Agnesstrasse 45, 93049 Regensburg (DE). **PETERSEN, Kirstin** [DE/DE]; Gumpfenbergstrasse 5, 93053 Regensburg (DE).
- (74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**; ZUSAMMENSCHLUSS 175, Ridlerstrasse 55, 80339 München (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, 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, 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,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A LIGHT-EMITTING DIODE AND LIGHT-EMITTING DIODE

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER LEUCHTDIODE UND LEUCHTDIODE



(57) Abstract: A method for producing a light-emitting diode comprising the following steps is specified: - providing at least one light-emitting diode chip (1), - providing a suspension comprising a solvent (2) and particles (3) of at least one phosphor, - arranging the at least one light-emitting diode chip (1) in the suspension, - electrophoretically depositing the particles on an outer surface (1a) of the at least one light-emitting diode chip (1), - completing the light-emitting diode.

(57) Zusammenfassung:

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2013/029862 A1

SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG). **Veröffentlicht:**

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

---

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode mit den folgenden Schritten angegeben: - Bereitstellen zumindest eines Leuchtdiodenchips (1), - Bereitstellen einer Suspension umfassend ein Lösungsmittel (2) und Partikel (3) zumindest eines Leuchtstoffes, - Anordnen des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1) in der Suspension, - elektrophoretisches Abscheiden der Partikel auf einer Außenfläche (1a) des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1), - Fertigstellen der Leuchtdiode.

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode und Leuchtdiode

5 Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode angegeben. Darüber hinaus wird eine Leuchtdiode angegeben, die mit einem solchen Verfahren hergestellt werden kann.

Die Druckschrift DE 102004021231 A1 beschreibt ein Verfahren  
10 zur Herstellung einer Leuchtdiode.

Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode anzugeben, das besonders kostengünstig durchgeführt werden kann.

15

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer Leuchtdiode wird in einem Verfahrensschritt zumindest ein Leuchtdiodenchip bereitgestellt. Vorzugsweise wird eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips bereitgestellt. Die  
20 Vielzahl von Leuchtdiodenchips ist dabei insbesondere gleichartig aufgebaut. Das heißt im Rahmen der Herstellungstoleranz weisen die Leuchtdiodenchips einen gleichen physikalischen Aufbau auf und im Rahmen der Herstellungstoleranz emittieren die Leuchtdiodenchips im  
25 Betrieb elektromagnetische Strahlung mit einem gleichen Spektrum. Die Leuchtdiodenchips können dabei auf einem III-V-Verbindungs-Halbleitermaterial, insbesondere auf einem Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial, basieren. Die Leuchtdiodenchips sind im Betrieb beispielsweise zur  
30 Erzeugung von UV-Strahlung und/oder blauem Licht geeignet.

Ein III-V-Verbindungs-Halbleitermaterial weist wenigstens ein Element aus der dritten Hauptgruppe, wie beispielsweise B,

Al, Ga, In, und ein Element aus der fünften Hauptgruppe, wie beispielsweise N, P, As, auf. Insbesondere umfasst der Begriff "III-V-Verbindungs-Halbleitermaterial" die Gruppe der binären, ternären oder quaternären Verbindungen, die  
5 wenigstens ein Element aus der dritten Hauptgruppe und wenigstens ein Element aus der fünften Hauptgruppe enthalten, beispielsweise Nitrid- und Phosphid-Verbindungshalbleiter. Eine solche binäre, ternäre oder quaternäre Verbindung kann zudem zum Beispiel ein oder mehrere Dotierstoffe sowie  
10 zusätzliche Bestandteile aufweisen.

"Auf Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial basierend" bedeutet im vorliegenden Zusammenhang, dass eine Halbleiterschichtenfolge oder zumindest ein Teil davon,  
15 besonders bevorzugt zumindest eine zur Strahlungserzeugung vorgesehene aktive Zone und/oder der Aufwachssubstratwafer, ein Nitrid-Verbindungs-Halbleitermaterial, vorzugsweise  $\text{Al}_n\text{Ga}_m\text{In}_{1-n-m}\text{N}$  aufweist oder aus diesem besteht, wobei  $0 \leq n \leq 1$ ,  $0 \leq m \leq 1$  und  $n+m \leq 1$ . Dabei muss dieses Material nicht  
20 zwingend eine mathematisch exakte Zusammensetzung nach obiger Formel aufweisen. Vielmehr kann es beispielsweise ein oder mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber beinhaltet obige Formel jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters  
25 (Al, Ga, In, N), auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Der zumindest eine Leuchtdiodenchip umfasst eine Außenfläche, die ihn nach außen begrenzt. Im Betrieb des Leuchtdiodenchips  
30 tritt zumindest ein Teil der im Leuchtdiodenchip erzeugten elektromagnetischen Strahlung durch zumindest einen Teil der Außenfläche aus.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem eine Suspension bereitgestellt wird, die ein Lösungsmittel und Partikel zumindest eines Leuchtstoffes enthält.

5

Bei dem Lösungsmittel kann es sich beispielsweise um Wasser oder ein organisches Lösungsmittel handeln. Geeignete organische Lösungsmittel sind zum Beispiel Alkohole, wie beispielsweise Ethanol oder 2-Propanol, Ketone, Aldehyde, 10 aromatische Lösungsmittel, wie beispielsweise Benzol, Toluol, Xylol, und halogenierte aliphatische Kohlenwasserstoffe. Ferner sind Gemische von zumindest zwei der genannten Lösungsmittel als Lösungsmittel verwendbar.

15 Die Suspension umfasst weiter Partikel zumindest eines Leuchtstoffes. Bei dem Leuchtstoff kann es sich beispielsweise um einen keramischen Leuchtstoff wie einen der folgenden Leuchtstoffe handeln: mit Metallen der seltenen Erden dotierte Granate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte 20 Erdalkalisulfide, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Thiogallate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Aluminate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Orthosilikate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Chlorosilikate, mit Metallen der seltenen Erden dotierte 25 Erdalkalisiliziumnitride, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Oxynitride und mit Metallen der seltenen Erden dotierte Aluminiumoxinitride, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Siliziumnitride, mit Metallen der seltenen Erden dotierte Sialone.

30

Besonders geeignete Leuchtstoffe sind Granate, Aluminate, Nitride und Mischungen von zumindest zwei dieser Leuchtstoffe. Beispielsweise können Partikel der folgenden

- 4 -

Leuchtstoffe zum Einsatz kommen:  $(Y, Lu)_3(Al, Ga)_5O_{12}:Ce^{3+}$ ,  
 $CaAlSiN_3:Eu^{2+}$ ,  $(Ba, Sr)_2Si_5N_8:Eu^{2+}$

Ferner ist es möglich, dass es sich bei dem Leuchtstoff um  
5 einen so genannten Nano-Leuchtstoff handelt, bei dem Partikel  
des Leuchtstoffs Durchmesser zwischen beispielsweise  
wenigstens 1 nm und höchstens 100 nm aufweisen können. Nano-  
Leuchtstoffe sind zum Beispiel in der Druckschrift US  
2009/0173957 beschrieben, die hiermit ausdrücklich durch  
10 Rückbezug aufgenommen wird.

Ferner ist es möglich, dass der Leuchtstoff mit  
Quantenpunkten gebildet ist. Geeignete Materialien sind hier  
beispielsweise PbS oder CdS. Insbesondere können die  
15 Quantenpunkte auf III-V- oder II-VI-Verbindungs-  
Halbleitermaterialien basieren. Ein II-VI-Verbindungs-  
Halbleitermaterial weist insbesondere wenigstens ein Element  
aus der zweiten Hauptgruppe, wie beispielsweise Be, Mg, Ca,  
Sr, und ein Element aus der sechsten Hauptgruppe, wie  
20 beispielsweise O, S, Se, auf. Insbesondere umfasst ein II-VI-  
Verbindungs-Halbleitermaterial eine binäre, ternäre oder  
quaternäre Verbindung, die wenigstens ein Element aus der  
zweiten Hauptgruppe und wenigstens ein Element aus der  
sechsten Hauptgruppe umfasst. Eine solche binäre, ternäre  
25 oder quaternäre Verbindung kann zudem beispielsweise ein oder  
mehrere Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile  
aufweisen. Beispielsweise gehören zu den II/VI-Verbindungs-  
Halbleitermaterialien: ZnO, ZnMgO, CdS, ZnCdS, MgBeO.

30 Der Leuchtstoff ist dabei insbesondere zur so genannten  
Abwärtskonversion geeignet. Das heißt, Primärstrahlung aus  
einem ersten Wellenlängenbereich wird vom Leuchtstoff  
absorbiert und Sekundärstrahlung aus einem zweiten

Wellenlängenbereich wird vom Leuchtstoff emittiert, wobei der zweite Wellenlängenbereich Wellenlängen umfasst, die größer sind als der erste Wellenlängenbereich.

5 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren einen Verfahrensschritt, bei dem der zumindest eine Leuchtdiodenchip in der Suspension angeordnet wird. Für den Fall, dass eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips zur Verfügung gestellt wird, wird die Vielzahl von  
10 Leuchtdiodenchips bevorzugt gemeinsam in der Suspension angeordnet. „Gemeinsam“ heißt dabei zu Beispiel, dass alle Leuchtdiodenchips zu gleichen Zeiten in der Suspension angeordnet werden und somit kein sequentielles Beschichten der Leuchtdiodenchips erfolgen muss, sondern ein  
15 gleichzeitiges Beschichten erfolgen kann.

Die in der Suspension angeordneten Leuchtdiodenchips werden zumindest stellenweise von der Suspension benetzt. Das heißt, die Suspension benetzt und grenzt damit direkt zumindest  
20 stellenweise an die Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips. Dabei ist es möglich, dass der zumindest eine Leuchtdiodenchip nur teilweise in der Suspension angeordnet wird, das heißt ein Teil des Leuchtdiodenchips - beispielsweise eine Strahlungsdurchtrittsfläche - werden von  
25 der Suspension benetzt, ein anderer Teil des Leuchtdiodenchips, beispielsweise elektrische Anschlussflächen des Leuchtdiodenchips - werden nicht in der Suspension angeordnet. Ferner ist es möglich, das zumindest einer der Leuchtdiodenchips, vorzugsweise alle  
30 Leuchtdiodenchips, vollständig in der Suspension angeordnet werden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs aus der Suspension elektrophoretisch auf einer Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips abgeschieden. Dazu wird der

5 zumindest eine Leuchtdiodenchip beispielsweise elektrisch kontaktiert, er stellt auf diese Weise eine erste Elektrode dar. An einer anderen Stelle in der Suspension wird eine zweite Elektrode, die Gegenelektrode, angebracht. Die Partikel in der Suspension tragen zum Beispiel Ladungen auf

10 ihrer Oberfläche. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung bewegen sich die Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs im elektrischen Feld in Richtung der von der Suspension bedeckten und elektrisch leitenden Teile des zumindest einen Leuchtdiodenchips. Auf den elektrisch leitenden Teilen des

15 Leuchtdiodenchips werden dann die Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs abgeschieden.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird die Leuchtdiode in einem abschließenden Verfahrensschritt

20 hergestellt. Dies kann beispielsweise dadurch erfolgen, dass die Leuchtdiodenchips in einem Gehäuse der Leuchtdiode angeordnet werden und elektrisch leitend mit elektrischen Anschlussstellen oder Leiterbahnen des Gehäuses verbunden werden.

25

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens zur Herstellung einer Leuchtdiode umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:

- Bereitstellen zumindest eines Leuchtdiodenchips,
- 30 - Bereitstellen einer Suspension, umfassend ein Lösungsmittel und Partikel zumindest eines Leuchtstoffs,
- Anordnen des zumindest einen Leuchtdiodenchips in der Suspension,

- elektrophoretisches Abscheiden der Partikel auf einer Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips,
- Fertigstellen der Leuchtdiode.

5 Die fertiggestellte Leuchtdiode weist zumindest einen Leuchtdiodenchip auf, bei dem Partikel zumindest eines Leuchtstoffes elektrophoretisch auf zumindest einem Teil des Leuchtdiodenchips abgeschieden sind. Beispielsweise mischt sich im Betrieb der Leuchtdiode vom Leuchtdiodenchip  
10 erzeugtes blaues Licht mit von den Partikeln des zumindest einen Leuchtstoffs emittierten gelbem und/oder grünem und/oder rotem Licht. Auf diese Weise kann die Leuchtdiode dann dazu geeignet sein, im Betrieb weißes Licht abzustrahlen.

15

Mit Vorteil kann bei einem hier beschriebenen Verfahren die auf dem zumindest einen Leuchtdiodenchip abgeschiedene Schicht mit Partikeln zumindest eines Leuchtstoffs bezüglich ihrer Zusammensetzung, ihres Aufbaus und ihrer Dicke durch  
20 Beeinflussung der Prozessparameter des elektrophoretischen Abscheidens gezielt ausgebildet werden. Beispielsweise kann mittels Erhöhen der Spannung beim elektrophoretischen Abscheiden die Dichte der Partikel des Leuchtstoffs, die auf der Außenfläche des Leuchtdiodenchips abgeschieden werden,  
25 erhöht werden. Dies ist insbesondere dann der Fall, wenn sich die Anordnung der Partikel mit einer Änderung der Spannung ändert. Beispielsweise kann mittels Erhöhen der Spannung die Abscheide-Geschwindigkeit und damit die Dicke der abgeschiedenen Schicht erhöht werden. Durch Prozessparameter  
30 wie die elektrische Spannung, den Elektrodenabstand beim elektrophoretischen Abscheiden, die Temperatur und die Abscheidezeit kann die Dicke der abgeschiedenen Schicht aus Partikeln des zumindest einen Leuchtstoffs sehr genau

kontrolliert und eingestellt werden. Auf diese Weise lässt sich ein gewünschter Konversionsgrad für das vom Leuchtstoff konvertierte Licht einstellen.

5 Im Vergleich zu alternativen Verfahren zur Aufbringung von Partikeln eines Leuchtstoffs auf die Außenfläche eines Leuchtdiodenchips, wie beispielsweise das Vergießen des Leuchtdiodenchips mit einem Matrixmaterial wie Silikon, das Partikel eines Leuchtstoffs enthält, oder das Aufbringen von  
10 Plättchen mit oder aus einem Leuchtstoff auf Teile der Außenfläche eines Leuchtdiodenchips, kann das hier beschriebene Verfahren gleichzeitig für eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips und damit besonders kostengünstig durchgeführt werden.

15

Es wird weiter eine Leuchtdiode angegeben. Die Leuchtdiode kann mit einem hier beschriebenen Verfahren hergestellt werden. Das heißt, sämtliche für das Verfahren offenbarten Merkmale sind auch für die Leuchtdiode offenbart und  
20 umgekehrt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform der Leuchtdiode umfasst diese zumindest einen Leuchtdiodenchip, der zumindest eine Außenfläche aufweist, durch die im Betrieb des  
25 Leuchtdiodenchips im Leuchtdiodenchip erzeugte elektromagnetische Strahlung den Leuchtdiodenchip verlässt. Beispielsweise kann die Außenfläche durch eine Hauptfläche des Leuchtdiodenchips gebildet sein. Auf die Außenfläche oder zumindest Teile davon sind Partikel zumindest eines  
30 Leuchtstoffs elektrophoretisch abgeschieden. Die elektrophoretisch abgeschiedene Schicht aus Partikeln lässt sich dabei eindeutig - beispielsweise elektronenmikroskopisch - von Schichten mit Partikeln zumindest eines Leuchtstoffs

unterscheiden, die mittels anderer Verfahren wie beispielsweise Sol-Gel-Verfahren, auf die Außenfläche aufgebracht sind. Bei dem Merkmal "elektrophoretisch abgeschieden" handelt es sich daher um ein strukturelles  
5 Merkmal, das zur Charakterisierung des Gegenstands, das heißt der Leuchtdiode, geeignet ist.

Die folgenden Ausführungsformen und Ausführungsbeispiele beziehen sich sowohl auf das Verfahren zur Herstellung einer  
10 Leuchtdiode als auch auf die Leuchtdiode selbst. Damit sind die folgenden Merkmale sowohl für das hier beschriebene Verfahren als auch für die hier beschriebene Leuchtdiode offenbart.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform liegen die Leuchtdiodenchips beim elektrophoretischen Abscheiden im Verbund vor und werden nach dem elektrophoretischen Abscheiden zu einzelnen Leuchtdiodenchips vereinzelt. Bei dem Verbund kann es sich beispielsweise um einen Waferverbund  
20 handeln. Das heißt, die beispielsweise epitaktisch gewachsenen Leuchtdiodenchips werden vor dem elektrophoretischen Abscheiden nicht in einzelne Chips vereinzelt, sondern der gesamte Wafer wird zumindest stellenweise in der Suspension aus Partikeln zumindest eines  
25 Leuchtstoffs und Lösungsmitteln angeordnet und elektrophoretisch mit den Partikeln beschichtet. Anschließend kann ein Vereinzeln des Verbunds zu einzelnen Leuchtdiodenchips beispielsweise durch Ritzen und Brechen erfolgen. Seitenflächen der beschichteten Leuchtdiodenchips  
30 können dann im Bereich der Schicht aus Partikeln zumindest eines Leuchtstoffs Spuren des Vereinzlungsprozesses aufweisen.

Bei dem Verbund, in dem die Leuchtdiodenchips beim elektrophoretischen Abscheiden vorliegen können, kann es sich ferner um einen so genannten "Kunst-Wafer" handeln. Das heißt, die Leuchtdiodenchips werden zunächst aus dem

5 Waferverbund vereinzelt und vor dem elektrophoretischen Abscheiden auf einen Hilfsträger aufgebracht. Auf diesen Hilfsträger können die Leuchtdiodenchips beispielsweise vorsortiert aufgebracht werden. Die Leuchtdiodenchips können beispielsweise hinsichtlich des Spektrums des von ihnen im

10 Betrieb erzeugten Lichts vorsortiert werden. Mit anderen Worten kann eine Klasseneinteilung (das so genannte "Binning") der Leuchtdiodenchips vor dem elektrophoretischen Abscheiden der Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs erfolgen. Auf diese Weise werden mit Leuchtstoff beschichtete

15 Leuchtdiodenchips erzeugt, die aufgrund ihrer sehr ähnlichen Primärstrahlung und den einheitlichen Bedingungen beim elektrophoretischen Abscheiden der Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs sich hinsichtlich des von ihnen im Betrieb emittierten Mischlichts nicht oder kaum unterscheiden.

20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist jeder Leuchtdiodenchip beim elektrophoretischen Abscheiden in einem Gehäuse angeordnet. Die Leuchtdiodenchips können dabei ebenfalls im Verbund vorliegen. Beispielsweise liegen mehrere

25 Leuchtdiodenchips in einem einzigen Gehäuse im Verbund vor. Darüber hinaus ist es möglich, dass mehrere Gehäuse mit jeweils zumindest einem Leuchtdiodenchip im Verbund zumindest stellenweise in die Suspension eingebracht werden. Die Gehäuse können dazu beispielsweise auf einem gemeinsamen

30 Hilfsträger angeordnet sein. Bei dem Gehäuse kann es sich beispielsweise um einen Anschlussträger, wie etwa eine Metallkernplatine, eine Leiterplatte, eine bedruckte Leiterplatte (PCB), einen metallisierten Keramikträger oder

Ähnliches handeln. Ferner ist es möglich, dass das Gehäuse durch einen mit Kunststoff umspritzten Leiterrahmen gebildet ist. Das Gehäuse kann weiter beispielsweise eine Kavität aufweisen, in der zumindest einer der Leuchtdiodenchips angeordnet ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgt das elektrophoretische Abscheiden der Partikel stellenweise auf eine Außenfläche des Gehäuses. Das heißt, die Partikel werden dann nicht nur auf eine Außenfläche des Leuchtdiodenchips abgeschieden, sondern die Partikel werden auch auf freiliegende Leiterbahnen, Anschlussstellen oder andere elektrisch leitende Teile der Außenfläche des Gehäuses abgeschieden. Auf diese Weise können diese Bereiche des Gehäuses mit dem Leuchtstoff beschichtet werden. Vom Leuchtdiodenchip im Betrieb emittierte Strahlung, die unkonvertiert auf derart beschichtete Flächen trifft, kann eine Konversion erfahren. Auf diese Weise kann die Abstrahlfläche des konvertierten Anteils des von der Leuchtdiode im Betrieb erzeugten Lichts vorteilhaft erhöht sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist auf Teile der Außenfläche jedes Leuchtdiodenchips und/oder des Gehäuses vor dem elektrophoretischen Abscheiden ein elektrisch isolierendes Schutzmaterial aufgebracht, das nach dem elektrophoretischen Abscheiden entfernt wird. Im Bereich dieses elektrisch isolierenden Schutzmaterials lagern sich Partikel des zumindest einen Leuchtstoffs während der elektrophoretischen Abscheidung kaum oder gar nicht ab. Ist es beispielsweise nicht erwünscht, dass elektrisch leitende Flächen des Chips - wie beispielsweise Kontaktschichten oder Bondpads - oder elektrisch leitende Bereiche wie

Anschlussstellen und Leiterbahnen des Gehäuses nicht von den Partikeln des Leuchtstoffs bedeckt werden, so können diese Flächen vor dem Abscheiden mit dem elektrisch isolierenden Schutzmaterial bedeckt werden. Bei dem elektrisch

5 isolierenden Schutzmaterial handelt es sich beispielsweise um einen Fotolack. Der Fotolack bedeckt Teile der Außenfläche jedes Leuchtdiodenchips und/oder des Gehäuses. Stellen des Fotolacks, welche die Leuchtdiodenchips und/oder das Gehäuse nicht bedecken sollen, können belichtet werden und

10 nasschemisch entfernt werden. Dort, wo der Fotolack als elektrisch isolierendes Schutzmaterial verbleibt, wird beim nachfolgenden elektrophoretischen Abscheiden kein Leuchtstoffmaterial abgeschieden. Der Fotolack beziehungsweise das elektrisch isolierende Schutzmaterial

15 kann anschließend entfernt werden. Die Stellen, von denen das elektrisch isolierende Schutzmaterial entfernt wird, sind anschließend frei von Partikeln des zumindest einen Leuchtstoffs.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform erfolgen nach dem Entfernen des elektrisch isolierenden Schutzmaterials die folgenden Verfahrensschritte vor dem Fertigstellen der Leuchtdiode:

25 Zunächst wird eine weitere Suspension bereitgestellt, die ein Lösungsmittel und Partikel zumindest eines weiteren Leuchtstoffs enthält. Zumindest einer der weiteren Leuchtstoffe unterscheidet sich dabei von den Leuchtstoffen, die in der ersten Suspension enthalten sind. Bei dem

30 Lösungsmittel kann ein gleiches oder ein anderes Lösungsmittel wie in der ersten Suspension gewählt werden. Anschließend wird der zumindest eine Leuchtdiodenchip, der zumindest stellenweise schon mit Partikeln des zumindest

einen Leuchtstoffs beschichtet ist, in der Suspension angeordnet.

Nachfolgend erfolgt ein weiteres elektrophoretisches  
5 Abscheiden der Partikel des zumindest einen weiteren  
Leuchtstoffs auf der Außenfläche des zumindest einen  
Leuchtdiodenchips. Mit anderen Worten wird in dieser  
Ausführungsform der zumindest eine Leuchtdiodenchip  
nachfolgend mit zumindest zwei unterschiedlichen  
10 Leuchtstoffen beschichtet. Dabei können die Partikel des  
weiteren Leuchtstoffs insbesondere lediglich an solchen  
Stellen der Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips  
abgeschieden werden, von denen das elektrisch isolierende  
Schutzmaterial entfernt worden ist.

15 Stellen der Außenfläche, an denen bereits Partikel des  
zumindest einen Leuchtstoffs abgeschieden sind, können durch  
diese Partikel elektrisch isolierend sein und damit nicht  
mehr zur Aufnahme weiterer Partikel des zumindest einen  
20 weiteren Leuchtstoffs geeignet sein. Auf diese Weise lassen  
sich beispielsweise Partikel zweier unterschiedlicher  
Leuchtstoffe in einem durch die vorangegangene Strukturierung  
des elektrisch isolierenden Schutzmaterials vorgegebenen  
Muster auf die Außenfläche von Leuchtdiodenchips aufbringen.  
25 Beispielsweise kann einer der Leuchtstoffe dabei zur Emission  
von rotem Licht geeignet sein, ein anderer der Leuchtstoffe  
ist zur Emission von grünem Licht geeignet. Ganz allgemein  
können sich der Leuchtstoff und der weitere Leuchtstoff im  
Hinblick auf die Farbe des von ihnen emittierten Lichts  
30 unterscheiden.

Zum Beispiel wird mittels des elektrisch isolierenden  
Schutzmaterials, bei dem es sich etwa um einen Fotolack

handelt, ein Schachbrettmuster aus belichteten und unbelichteten Flächen auf einer Hauptfläche eines Leuchtdiodenchips erzeugt. Die belichteten Flächen können zum Beispiel nasschemisch entfernt werden, sodass mit elektrisch isolierendem Schutzmaterial bedeckte und unbedeckte Flächen resultieren. Auf die elektrisch leitenden, unbedeckten Flächen wird nachfolgend ein erster Leuchtstoff in Form von Partikeln abgeschieden. Nachfolgend wird das verbleibende elektrisch isolierende Schutzmaterial beispielsweise in einem zweiten nasschemischen Schritt entfernt und ein zweiter Leuchtstoff wird in Form von Partikeln abgeschieden. Auf diese Weise umfasst der Leuchtdiodenchip eine Leuchtstoffschicht, die mit Bereichen gebildet ist, die sich hinsichtlich ihrer Leuchtstoffzusammensetzung unterscheiden. Auf diese Weise ist es insbesondere möglich, Reabsorptionen von durch einen Leuchtstoff emittiertem Licht durch einen anderen Leuchtstoff zu reduzieren. Es resultiert ein besonders effizienter Leuchtdiodenchip.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird auf jede elektrische Anschlussstelle an einer Außenfläche jedes Leuchtdiodenchips vor dem elektrophoretischen Abscheiden ein elektrisch leitendes Schutzmaterial aufgebracht und nach dem elektrophoretischen Abscheiden die auf dem elektrisch leitenden Schutzmaterial abgeschiedenen Partikel durch teilweises Abtragen des elektrisch leitenden Schutzmaterials entfernt. Beispielsweise handelt es sich bei der elektrischen Anschlussstelle um ein Bondpad. Auf das Bondpad kann ein elektrisch leitendes Schutzmaterial, beispielsweise in Form von Metallkügelchen, etwa Gold-Bumps, aufgebracht werden. Beim nachfolgenden elektrophoretischen Abscheiden scheiden sich Partikel des Leuchtstoffs oder des weiteren Leuchtstoffs auf dem elektrisch leitenden Schutzmaterial ab. Nachfolgend

wird das elektrisch leitende Schutzmaterial zumindest teilweise beispielsweise durch Schleifen abgetragen. Auf diese Weise wird ein elektrischer Kontakt zum Anschließen des Leuchtdiodenchips freigelegt. Das teilweise Abtragen kann  
5 dabei im Verbund der Leuchtdiodenchips gleichzeitig für alle Leuchtdiodenchips erfolgen. Auf diese Weise ergibt sich ein besonders effizientes Verfahren.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform bilden die Partikel des  
10 zumindest einen Leuchtstoffs und die Partikel des zumindest einen weiteren Leuchtstoffs auf der Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips ein Muster aus ersten Bereichen mit Partikeln eines ersten Leuchtstoffs und zweiten Bereichen mit Partikeln eines zweiten Leuchtstoffs. Der erste und der  
15 zweite Leuchtstoff sind dabei voneinander verschieden und emittieren beispielsweise Licht unterschiedlicher Farben. Ein Muster bezeichnet vorliegend sowohl eine regelmäßige Anordnung von Bereichen auf der Außenfläche des Leuchtdiodenchips also auch eine unregelmäßige Anordnung von  
20 wenigstens zwei unterschiedlichen Bereichen.

Weiter ist es möglich, dass das Muster dritte, vierte oder weitere Bereiche aufweist, in denen Partikel weiterer Leuchtstoffe angeordnet sind. Ferner ist es möglich, dass das  
25 Muster ungefüllte Bereiche aufweist, in denen kein Leuchtstoff angeordnet ist. So kann eine Außenfläche des Leuchtdiodenchips beispielsweise in Bereiche strukturiert sein, in denen eine Vollkonversion der vom Leuchtdiodenchip im Betrieb erzeugten Primärstrahlung in farbiges Licht  
30 mittels wenigstens eines ersten Leuchtstoffs stattfindet. Andere Bereiche können frei von einem Leuchtstoff sein; hier dringt die Primärstrahlung unkonvertiert nach außen.

Insgesamt kann auch auf diese Weise Mischlicht erzeugt werden.

Beispielsweise können die Bereiche in einer Draufsicht auf  
5 die Außenfläche dabei rechteckig, quadratisch, rund,  
kreisförmig oder streifenförmig ausgebildet sein.  
Beispielsweise bildet jeder Bereich ein Viereck aus. Die  
Größe der Bereiche kann dabei an die Anforderungen an das von  
der Leuchtdiode im Betrieb emittierte Licht angepasst werden.  
10 So ist es beispielsweise möglich, dass die Bereiche  
Durchmesser im Bereich von wenigstens 1  $\mu\text{m}$  bis höchsten 100  
 $\mu\text{m}$  aufweisen. Werden die Bereiche dabei besonders groß  
gewählt, beispielsweise im Bereich von wenigstens 100  $\mu\text{m}$  oder  
mehr, so können Farbmuster erzeugt werden, die mit dem bloßen  
15 Auge erkennbar sind. Auf diese Weise ergibt sich  
beispielsweise auch die Möglichkeit, einfache Symbole wie  
Buchstaben oder Piktogramme mittels der Bereiche zu erzeugen  
und beispielsweise über ein optisches Element, wie eine  
Linse, der Leuchtdiode zu projizieren. Bei dem Muster muss es  
20 sich dann nicht um eine regelmäßige Abfolge der Bereiche  
handeln.

Ferner ist es möglich, dass die Bereiche in ihrem Durchmesser  
sehr klein, beispielsweise im Bereich der Wellenlänge der vom  
25 Leuchtdiodenchip im Betrieb emittierten Primärstrahlung  
gewählt werden. Dies ist insbesondere bei der Verwendung von  
Nano-Leuchtstoffen und/oder Quantenpunkten als Leuchtstoff  
möglich. Mit solch kleinen Bereichen ist es beispielsweise  
möglich, dass das Muster einen photonischen Kristall bildet.  
30 Auf diese Weise können Streueffekte aufgrund des  
unterschiedlichen Brechungsindex an den Materialgrenzen der  
durch die Partikel der Leuchtstoffe gebildeten Schichten -  
zum Beispiel zum Leuchtdiodenchip hin oder zum umgebenden

Medium (zum Beispiel ein Verguss wie Silikon) - nahezu vollständig vermieden werden. Dies führt zu einer erhöhten Helligkeit des von der Leuchtdiode im Betrieb abgestrahlten Lichts.

5

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Partikel nach dem elektrophoretischen Abscheiden auf der Außenfläche des Leuchtdiodenchips fixiert. Nach dem Fixieren ist zwischen den Partikeln des Leuchtstoffs und dem Leuchtdiodenchip eine mechanisch feste Verbindung hergestellt, die sich während der Weiterverarbeitung des Leuchtdiodenchips zur Leuchtdiode und im sachgemäßen Gebrauch der Leuchtdiode nicht mehr löst. Die Fixierung kann dabei beispielsweise mittels eines harten, schleifbaren Materials wie Silazan erfolgen. Dieses Material kann beispielsweise auch in Partikelform in die Suspension mit eingebracht sein und beim elektrophoretischen Abscheiden zusammen mit den Partikeln des Leuchtstoffs auf die Außenfläche des Leuchtdiodenchips abgeschieden werden. Beispielsweise durch ein nachfolgendes Erhitzen des Leuchtdiodenchips samt der auf der Außenfläche des Leuchtdiodenchips abgeschiedenen Partikel erfolgt dann eine Fixierung des Leuchtstoffs auf der Außenfläche des Leuchtdiodenchips.

25 Ferner ist eine Fixierung durch Materialien wie Silikon oder Hybridmaterialien (zum Beispiel Expoxid-Silikon-Hybridmaterial) möglich. Diese Materialien können zum Beispiel in Form eines Vergusses auf die abgeschiedene Schicht aufgebracht werden. Das Material schützt den Leuchtstoff oder die Leuchtstoffe vor äußern Einflüssen und vermittelt eine Haftung zum Leuchtdiodenchip.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Partikel nach dem Fixieren stellenweise entfernt. Das Entfernen kann beispielsweise mittels Schleifen, Laserablation oder Laserbohren erfolgen. Dabei ist es beispielsweise möglich, dass die Dicke der mit den Partikeln des zumindest einen Leuchtstoffs gebildeten Schicht stellenweise oder gleichmäßig reduziert wird. Auf diese Weise ist eine nachträgliche Farbkorrektur des vom Leuchtdiodenchip abgestrahlten Mischlichts möglich. Beispielsweise kann dieses Entfernen auch im Waferverbund stattfinden, sodass für alle Leuchtdiodenchips eine gleichmäßige Dicke der Schicht aus Partikeln des Leuchtstoffs eingestellt werden kann. Beispielsweise ist es auch möglich, dass während des Abtragens der Schicht eine fotometrische Messung des von den Leuchtdiodenchips und der Schicht abgestrahlten Mischlichts stattfindet und auf diese Weise durch Messen und Materialabtrag ein bestimmter Farbort des abgestrahlten Mischlichts eingestellt wird.

Darüber hinaus ist es möglich, dass gezielt, zum Beispiel durch Laserbohren, Material der Schicht mit den Leuchtstoffpartikeln stellenweise abgetragen wird, sodass die Schicht nach dem Abtragen Öffnungen aufweist, in denen die Außenfläche frei von dem Material der Schicht ist. Auch auf diese Weise kann beispielsweise eine photonische Kristallstruktur, wie sie weiter oben erklärt ist, erzeugt werden.

Das hier beschriebene Verfahren sowie der hier beschriebene Leuchtdiodenchip zeichnen sich dabei unter anderem durch die folgenden Vorteile aus:

- Mit dem Verfahren ist die Herstellung von weißes Licht emittierenden Leuchtdiodenchips möglich, bei denen es nicht notwendig ist, nach dem Vereinzeln aus dem Verbund ein weiteres Konversionsmaterial, beispielsweise in Form eines Plättchens, auf die Außenfläche des Leuchtdiodenchips aufzubringen.
- Das hier beschriebene Verfahren ist für alle Chipgrößen, insbesondere auch für kleine Chips mit Kantenlängen unterhalb 500  $\mu\text{m}$  einsetzbar.
- Die Partikel des wenigstens einen Leuchtstoffs können in hoher Packungsdichte auf die Außenfläche des Leuchtdiodenchips aufgebracht werden. Auf diese Weise sind sie besonders gut thermisch an den Leuchtdiodenchip angeschlossen, sodass eine optimale Entwärmung des Leuchtstoffs im Betrieb der Leuchtdiode stattfinden kann.
- Weiter ist es möglich, dass die Leuchtdiode frei von einem Vergussmaterial ist, da kein Matrixmaterial zum Einbringen eines Leuchtstoffs zur Verfügung gestellt werden muss. Insgesamt kann auf ein Matrixmaterial für den Leuchtstoff verzichtet werden, was wiederum eine besonders hohe Packungsdichte der Partikel des Leuchtstoffs ermöglicht.
- Mittels des Verfahrens können auch Seitenflächen und nicht nur Hauptflächen der Leuchtdiodenchips mit Partikeln des wenigstens einen Leuchtstoffs beschichtet werden. Somit ergibt sich ein homogener Farbort über einen großen Betrachtungswinkel und das so genannte "blue piping", bei dem das am Rand des Leuchtdiodenchips abgestrahlte Licht als blau erscheint, kann vermieden werden.
- Ferner kann eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips mit enger Farbortverteilung gleichzeitig hergestellt werden. Dies erhöht die Ausbeute und erleichtert die spätere Verwendung der Leuchtdiodenchips in den Leuchtdioden. Durch die Verwendung eines Kunstwafers als Verbund, in dem die

Leuchtdiodenchips vorliegen, kann die Farbortverteilung weiter eingeengt werden.

- Ferner kann der Farbort nachträglich durch stellenweises Abtragen der Partikel des Leuchtstoffs eingestellt werden.

5 - Schließlich erweist sich die Herstellung im Verbund, das heißt das elektrophoretische Abscheiden auf eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips, als besonders kostengünstig.

10 Im Folgenden werden das hier beschriebene Verfahren und die hier beschriebene Leuchtdiode anhand von Ausführungsbeispielen und den dazugehörigen Figuren näher erläutert.

Die schematischen Schnittdarstellungen der Figuren 1 und 2  
15 zeigen Ausführungsbeispiele von hier beschriebenen Verfahren.

Die schematischen Darstellungen der Figuren 3A und 3B zeigen  
20 ein Ausführungsbeispiel einer hier beschriebenen Leuchtdiode.

Anhand der schematischen Darstellungen der Figuren 4A, 4B,  
5A, 5B sind weitere Ausführungsbeispiele von hier  
beschriebenen Verfahren näher erläutert.

25 Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit den gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als  
30 maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder für eine bessere Verständlichkeit übertrieben groß dargestellt sein.

Die Figur 1 zeigt anhand einer schematischen  
Schnittdarstellung ein erstes Ausführungsbeispiel eines hier  
beschriebenen Verfahrens. Bei dem Verfahren werden eine  
Vielzahl von Leuchtdiodenchips 1, die als Wafer im Verbund  
5 vorliegen, in einer Suspension 23 angeordnet. Jeder  
Leuchtdiodenchip umfasst zumindest eine aktive Schicht 11, in  
der im Betrieb des Leuchtdiodenchips Primärstrahlung, zum  
Beispiel blaues Licht und/oder UV-Strahlung, erzeugt wird.  
Die Leuchtdiodenchips weisen eine Außenfläche 1a auf. Die  
10 Außenfläche 1a ist beispielsweise durch ein  
Halbleitermaterial des Leuchtdiodenchips gebildet. Ferner ist  
es möglich, dass an der Außenfläche 1a ein elektrisch  
leitfähiges Material, wie beispielsweise ein transparentes  
leitfähiges Oxid, angeordnet ist. Die Außenfläche 1a der im  
15 Verbund vorliegenden Leuchtdiodenchips wird mit einer  
Spannungsquelle 7 verbunden. Ebenso wird die Suspension 23  
mit der Spannungsquelle verbunden.

Die Suspension 23 setzt sich dabei aus einem Lösungsmittel 2  
20 zusammen, in das Partikel 3 zumindest eines Leuchtstoffs  
gelöst sind.

Beim Anlegen einer Spannung durch die Spannungsquelle 7  
beginnen sich die Partikel 3 aus der Suspension 2 auf der  
25 Außenfläche 1a der Leuchtdiodenchips 1 abzulagern. Dieses  
Verfahren wird solange durchgeführt, bis eine gewünschte  
Schichtdicke und/oder eine gewünschte Dichte der Partikel 3  
auf der Außenfläche 1a erreicht ist.

30 Nach dem Abschließen des Verfahrens werden die  
Leuchtdiodenchips im Verbund aus der Suspension entfernt und  
entlang der Vereinzelungslinien 4 zu einzelnen Chips

vereinzelt. Danach kann ein Einbau der Leuchtdiodenchips in einem Gehäuse (nicht gezeigt) erfolgen.

In Verbindung mit Figur 2 ist ein weiteres  
5 Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen Verfahrens näher  
erläutert. Im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der Figur 1  
liegen die Leuchtdiodenchips 1 hier nicht im Waferverbund  
vor, sondern Leuchtdioden, umfassend ein Gehäuse 5, sowie  
Leuchtdiodenchips 1 sind im Verbund in der Suspension 23  
10 angeordnet. Beispielsweise sind die Leuchtdioden dazu auf  
einem Träger 6 aufgebracht. Beim Anlegen einer Spannung über  
die Spannungsquelle 7 scheiden sich Partikel des zumindest  
einen Leuchtstoffs aus der Suspension 23 auf der Außenfläche  
5a des Gehäuses 5 sowie der Außenfläche 1a der  
15 Leuchtdiodenchips 1 ab. Die Partikel 3 werden dabei auf  
elektrisch leitenden Flächen dieser Komponenten abgeschieden.

In Verbindung mit den Figuren 3A und 3B ist eine Leuchtdiode  
beschrieben, bei der ein Abscheiden von Partikeln 3 auf zur  
20 Abscheidung nicht erwünschten Flächen unterbunden wird. Die  
Leuchtdiode umfasst ein Gehäuse 5, das vorliegend als  
Anschlusssträger ausgebildet ist, auf dem Metallisierungen 10  
als Anschlussstellen vorhanden sind. Wie aus der  
Schnittdarstellung der Figur 3B ersichtlich, werden die  
25 Metallisierungen 10 sowie eine elektrische Anschlussstelle 9  
des Leuchtdiodenchips 1 vor dem elektrophoretischen  
Abscheiden der Partikel 3 des wenigstens einen Leuchtstoffs  
mit einem elektrisch isolierenden Schutzmaterial 8 bedeckt.

30 Aufgrund des elektrisch isolierenden Schutzmaterials 8, bei  
dem es sich beispielsweise um einen strukturierten Fotolack  
handelt, erfolgt auf die bedeckten Flächen keine Abscheidung  
von Partikeln 3 des zumindest einen Leuchtstoffs. Nach dem

elektrophoretischen Abscheiden der Partikel 3 kann das elektrisch isolierende Schutzmaterial 8 entfernt werden. Wie aus Figur 3A ebenfalls ersichtlich, können Haupt- und Seitenflächen des Leuchtdiodenchips 1 mittels der hier

5 beschriebenen Verfahren vom Leuchtstoff, das heißt den Partikeln 3, bedeckt werden. Auf diese Weise kann über einen großen Betrachtungswinkel ein homogener Farbort des von der Leuchtdiode im Betrieb abgestrahlten Lichts erzielt werden.

10 In Verbindung mit der Figur 4A ist ein Ausführungsbeispiel beschrieben, bei dem auf die Außenfläche 1a eines Leuchtdiodenchips 1 erste Bereiche 12 mit Partikeln eines ersten Leuchtstoffs und zweite Bereiche 13 mit Partikeln eines zweiten Leuchtstoffs oder ohne Leuchtstoff auf die

15 Außenfläche des Leuchtdiodenchips aufgebracht sind. Auf diese Weise ist ein Muster erzeugt, das, wie weiter oben beschrieben, für den menschlichen Betrachter auch mit bloßem Auge sichtbar sein kann. Ferner können auf diese Weise photonische Kristalle erzeugt werden, welche eine besonders

20 verlustfreie Lichtabstrahlung erlauben.

Je nach verwendetem Leuchtstoff und gewünschter Abstrahlcharakteristik können die Länge  $l$  und Breite  $b$  beziehungsweise der Durchmesser  $d$  der Bereiche gewählt

25 werden. Beispielsweise beträgt die Kantenlänge des Leuchtdiodenchips 1  $300\ \mu\text{m}$ , und die Breite  $b$  sowie die Länge  $l$  betragen jeweils  $50\ \mu\text{m}$ . Das heißt, es können auch besonders kleine Chips mit einem Muster von Partikeln unterschiedlicher Leuchtstoffe bedeckt werden. Die Leuchtstoffe können dabei

30 beispielsweise durch Anregung mit blauem Licht rotes Licht beziehungsweise grünes Licht emittieren. Aufgrund der Anordnung unterschiedlicher Leuchtstoffe in unterschiedlichen

Bereichen ist die Absorption von bereits konvertiertem Licht minimiert.

In der Figur 4B ist ein mögliches Herstellungsverfahren für  
5 einen solchen Leuchtdiodenchip schematisch gezeigt.  
Beispielsweise kann der Leuchtdiodenchip, etwa im Verbund, in  
einer Suspension 23' angeordnet sein, welche Partikel 3'  
eines weiteren Leuchtstoffs enthält. Auf diese Weise können  
Bereiche 13 mit dem zweiten Leuchtstoff erzeugt werden. Diese  
10 Bereiche sind beim Abscheiden des ersten Leuchtstoffs in den  
ersten Bereichen 12 beispielsweise mit einem elektrisch  
isolierenden Schutzmaterial 8, wie beispielsweise einem  
Fotolack, abgedeckt, der vor dem Aufbringen der Partikel des  
zweiten Leuchtstoffs entfernt wird.

15

In Verbindung mit den Figuren 5A und 5B ist ein weiteres  
Herstellungsverfahren für eine hier beschriebene Leuchtdiode  
näher erläutert. Bei diesem Herstellungsverfahren wird eine  
Kontaktstelle 9 eines Leuchtdiodenchips 1 mit einem  
20 elektrisch leitenden Schutzmaterial 14, zum Beispiel einem  
Gold-Bump, abgedeckt. Beim elektrophoretischen Abscheiden  
wird auch dieser elektrisch leitfähige Gold-Bump mit den  
Partikeln 3 des zumindest einen Leuchtstoffs beschichtet.  
Anschließend wird das elektrisch leitende Schutzmaterial 14  
25 zumindest teilweise, beispielsweise durch Schleifen,  
abgetragen. Auf diese Weise kann eine beispielsweise  
drahtkontaktierbare Fläche an der dem Leuchtdiodenchip 1  
abgewandten Oberseite des elektrisch leitenden Materials 14  
freigelegt werden. Diese Fläche ist dann ohne weitere  
30 Maßnahmen drahtkontaktierbar.

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

5 Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 102011111980.2, deren Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer Leuchtdiode mit den folgenden Schritten:
  - 5 - Bereitstellen zumindest eines Leuchtdiodenchips (1),
  - Bereitstellen einer Suspension umfassend ein Lösungsmittel (2) und Partikel (3) zumindest eines Leuchtstoffes,
  - Anordnen des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1) in  
10 der Suspension,
  - elektrophoretisches Abscheiden der Partikel auf einer Außenfläche (1a) des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1),
  - Fertigstellen der Leuchtdiode.
- 15 2. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei eine Vielzahl von Leuchtdiodenchips gemeinsam in der Suspension angeordnet wird.
- 20 3. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Leuchtdiodenchips (1) beim elektrophoretischen Abscheiden im Verbund vorliegen und nach dem elektrophoretischen Abscheiden zu einzelnen Leuchtdiodenchips (1) vereinzelt werden.
- 25 4. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jeder Leuchtdiodenchip (1) in einem Gehäuse (5) angeordnet ist.
- 30 5. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei das elektrophoretische Abscheiden der Partikel (3) stellenweise auf eine Außenfläche (5a) des Gehäuses (5) erfolgt.

6. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei auf Teile der Außenfläche (1a, 5a) jedes  
Leuchtdiodenchips (1) und/oder des Gehäuses (5a) vor dem  
5 elektrophoretischen Abscheiden ein elektrisch  
isolierendes Schutzmaterial (8) aufgebracht wird, das  
nach dem elektrophoretischen Abscheiden entfernt wird.
7. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,  
10 wobei nach dem Entfernen des elektrisch isolierenden  
Schutzmaterials (8) folgende Verfahrensschritte vor dem  
Fertigstellen der Leuchtdiode erfolgen:  
- Bereitstellen einer weiteren Suspension umfassend ein  
Lösungsmittel (2, 2') und Partikel (3') zumindest eines  
15 weiteren Leuchtstoffes,  
- zumindest teilweises Anordnen des zumindest einen  
Leuchtdiodenchips (1) in der Suspension,  
- elektrophoretisches Abscheiden der Partikel (3') des  
zumindest einen weiteren Leuchtstoffs auf einer  
20 Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1).
8. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch,  
wobei das elektrophoretische Abscheiden der Partikel  
(3') des weiteren Leuchtstoffs lediglich an solchen  
25 Stellen der Außenfläche (1a) des zumindest einen  
Leuchtdiodenchips (1), von denen das elektrisch  
isolierende Schutzmaterial (8) entfernt worden ist,  
erfolgt.
- 30 9. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche,  
wobei auf eine elektrische Anschlussstelle (9) an einer  
Außenfläche jedes Leuchtdiodenchips (1) vor dem  
elektrophoretischen Abscheiden ein elektrisch leitendes

- 5 Schutzmaterial (14) aufgebracht wird und nach dem elektrophoretischen Abscheiden die auf dem elektrisch leitenden Schutzmaterial abgeschiedenen Partikel (3, 3') durch teilweises Abtragen des elektrisch leitenden Schutzmaterials (14) entfernt werden.
10. Verfahren nach einem der Ansprüche 7 bis 9, wobei die Partikel (3) des zumindest einen Leuchtstoffs und die Partikel (3') des zumindest einen weiteren Leuchtstoffs auf der Außenfläche des zumindest einen Leuchtdiodenchips (1) ein Muster aus ersten Bereichen (13) mit Partikeln eines ersten Leuchtstoffs (3) und aus zweiten Bereichen (13) mit Partikeln (3') eines zweiten Leuchtstoffs bilden.
- 15 11. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei das Muster zumindest einen photonischen Kristall bildet oder das Muster mit bloßem Auge erkennbar ist.
- 20 12. Verfahren nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Partikel nach dem elektrophoretischen Abscheiden fixiert werden.
- 25 13. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Partikel nach dem Fixieren stellenweise entfernt werden.
- 30 14. Leuchtdiode mit  
- zumindest einem Leuchtdiodenchip (1), mit zumindest einer Außenfläche (1a) durch die im Betrieb des Leuchtdiodenchips (1) im Leuchtdiodenchip (1) erzeugte

elektromagnetische Strahlung den Leuchtdiodenchip (1) verlässt, und

- Partikel (3, 3') zumindest eines Leuchtstoffes, die elektrophoretisch auf die Außenfläche (1a) des Leuchtdiodenchips (1) abgeschieden sind.

5

15. Leuchtdiode nach dem vorherigen Anspruch, die mittels einem der Verfahren 1 bis 13 hergestellt ist.

FIG 1

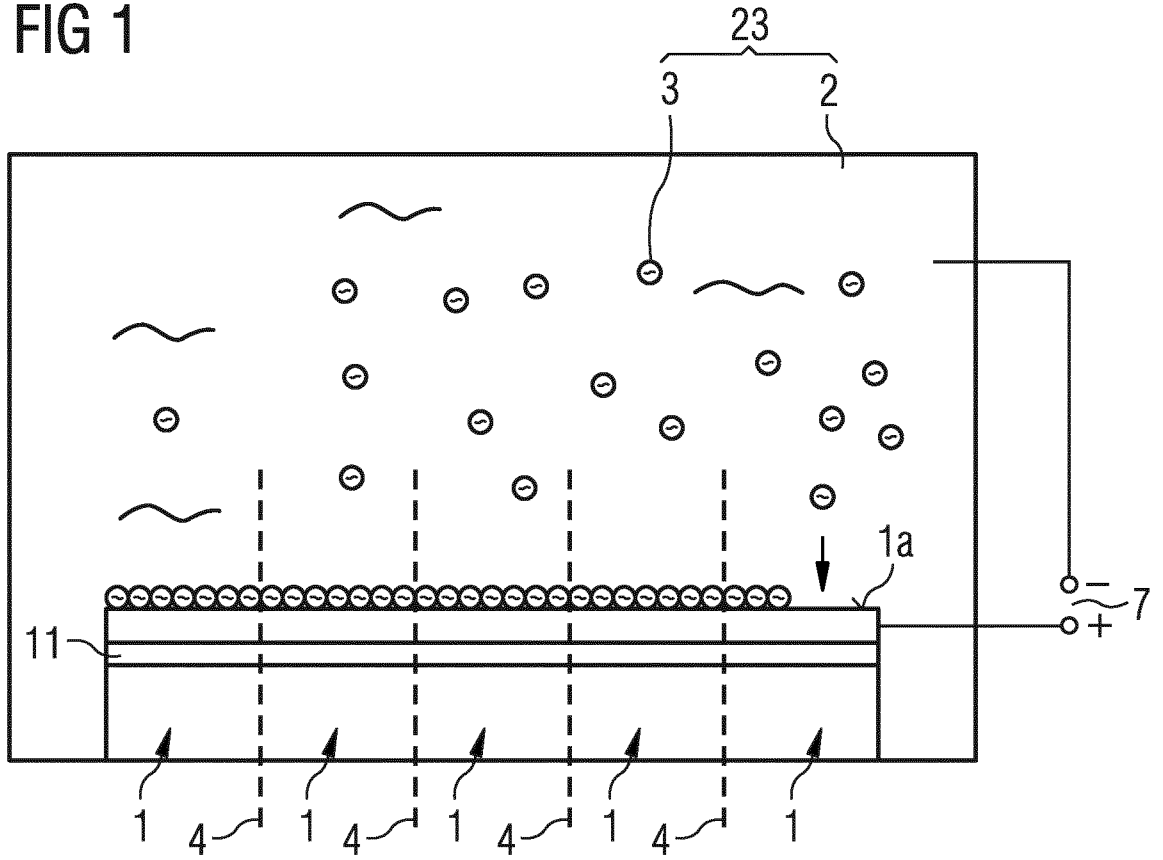


FIG 2

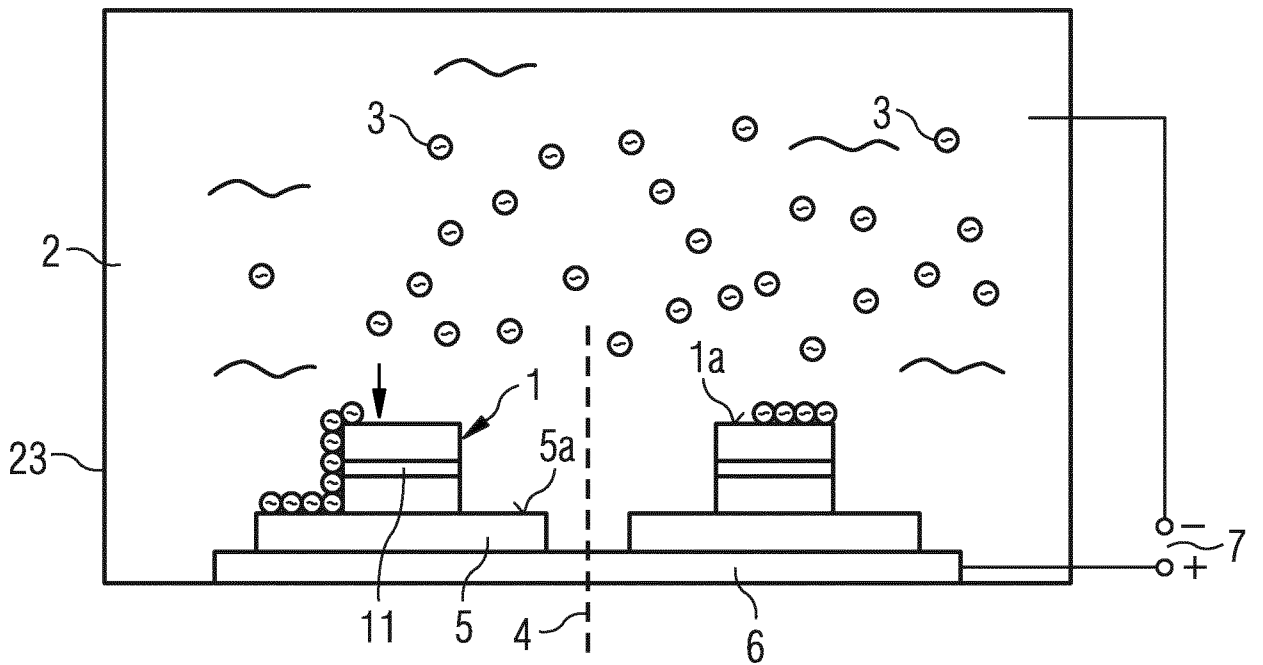


FIG 3A

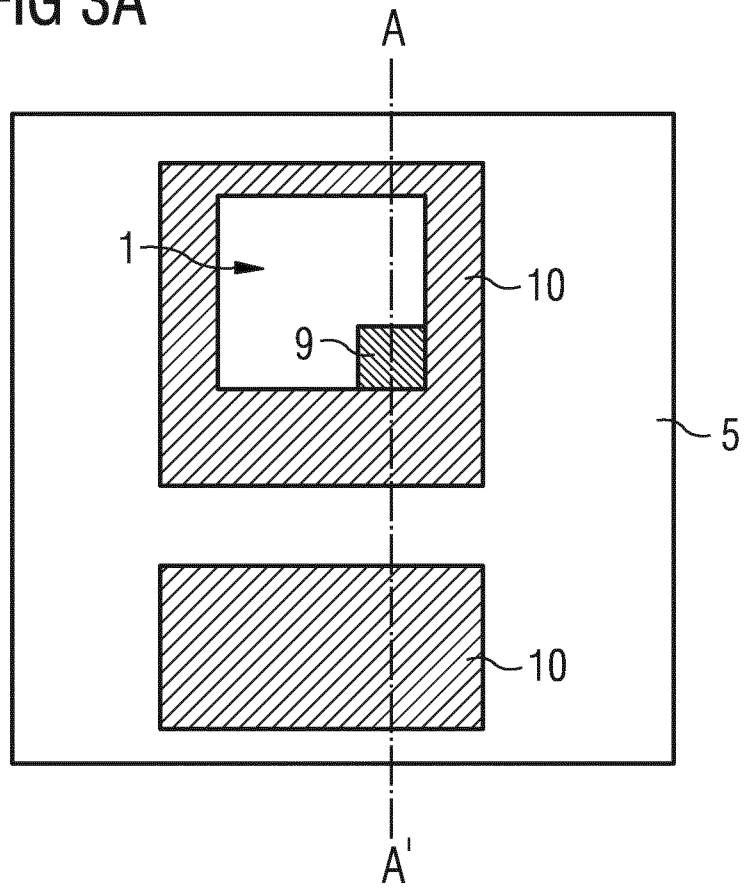


FIG 3B

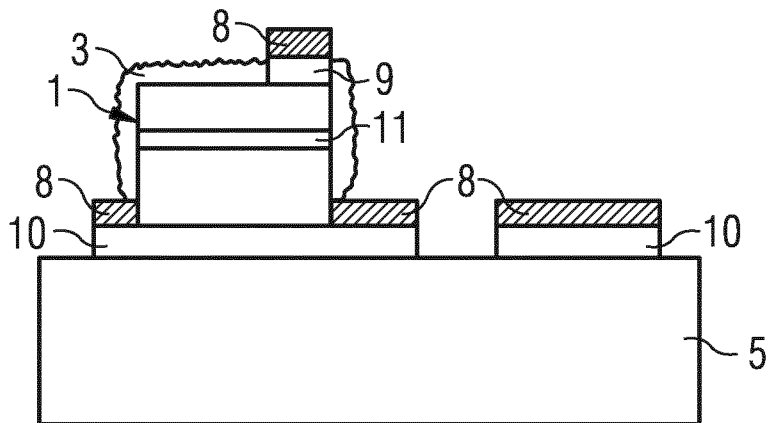


FIG 4A

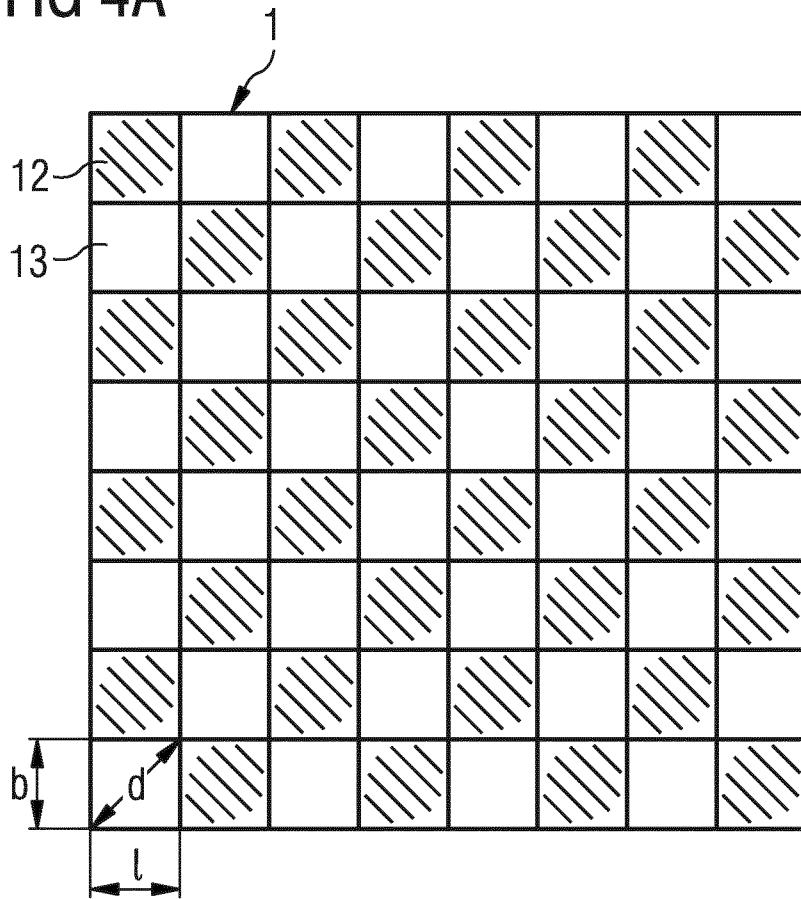


FIG 4B

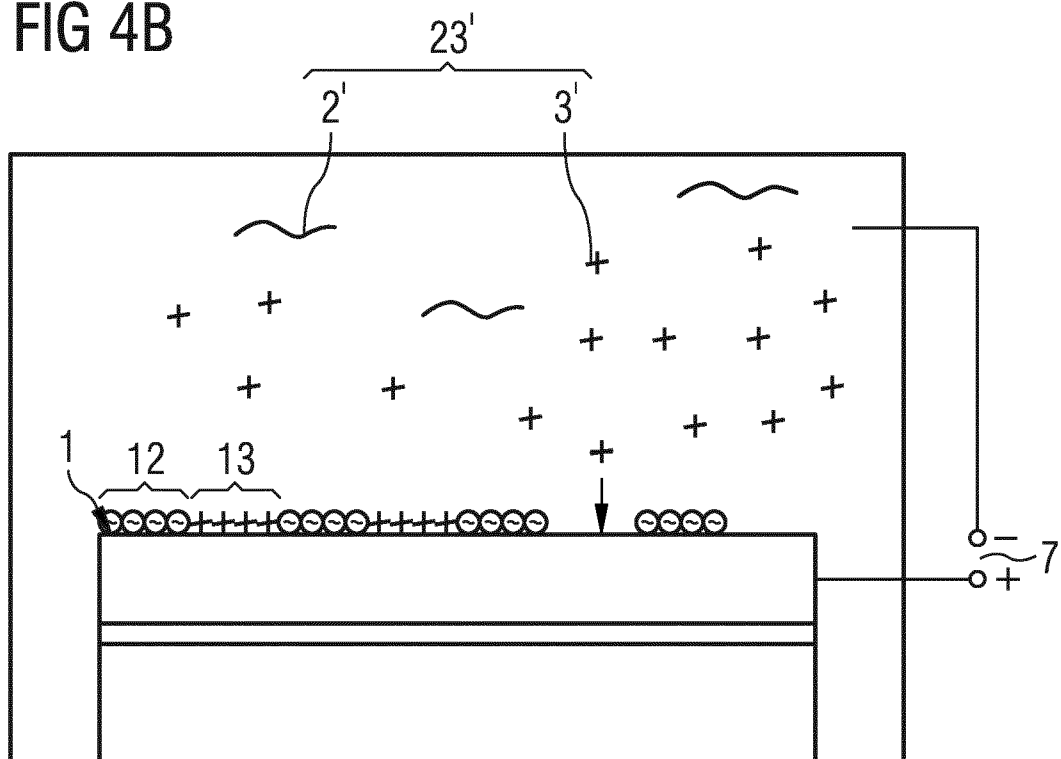


FIG 5A

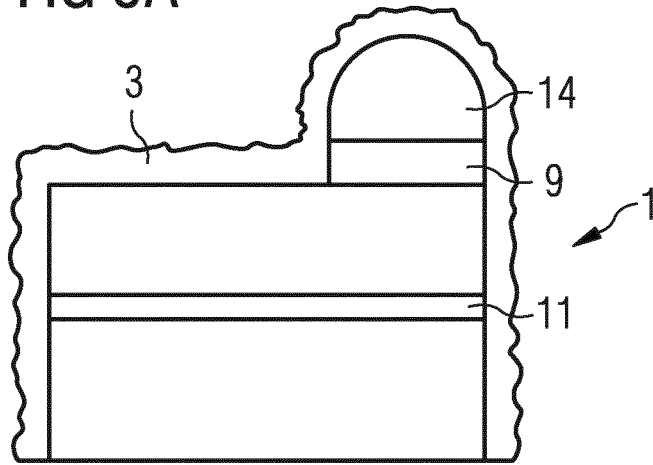
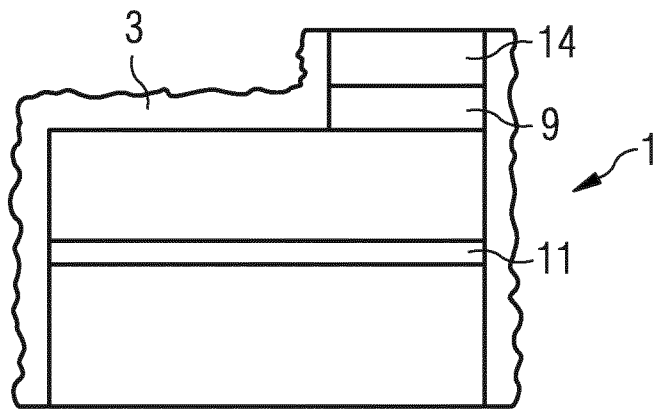


FIG 5B



# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No <b>PCT/EP2012/063872</b>
--

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b> INV. H01L33/50 ADD.				
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC				
<b>B. FIELDS SEARCHED</b> Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01L				
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				
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>				
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.		
X	WO 2007/023439 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS LUMILEDS LIGHTING CO [US]) 1 March 2007 (2007-03-01) page 1 - page 2; claims 1,9,17-20; figures 1-5	1-15		
X	----- EP 2 105 976 A2 (SEOUL SEMICONDUCTOR CO LTD [KR]) 30 September 2009 (2009-09-30) paragraphs [0001], [0010], [0013] - [0015], [0021], [0023] - [0026], [0032], [0039], [0041], [0043], [0049]; claims 1,3,4,9,15 ----- -/--	1-15		
<table style="width: 100%; border: none;"> <tr> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.</td> <td style="width: 50%; border: none;"><input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.</td> </tr> </table>			<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> See patent family annex.
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C.	<input checked="" type="checkbox"/> 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			
16 November 2012	23/11/2012			
Name and mailing address of the ISA/ European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Authorized officer  But, Gabriela-Ileana			

## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No  
PCT/EP2012/063872

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	DE 10 2007 042642 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 12 March 2009 (2009-03-12)	1, 14, 15
A	paragraphs [0004], [0006], [0007], [0009], [0035], [0037], [0040], [0043], [0-45], [0049], [0061], [0063]; claims 1,7; figures 1-5 -----	2-13
X	US 2002/185965 A1 (COLLINS WILLIAM DAVID [US] ET AL COLLINS III WILLIAM DAVID [US] ET AL) 12 December 2002 (2002-12-12)	1, 14, 15
A	paragraphs [0034], [0037], [0038], [0040] - [0044] -----	2-13
X	US 2010/155750 A1 (DONOFRIO MATTHEW [US]) 24 June 2010 (2010-06-24)	1, 14, 15
A	paragraphs [0066], [0068]; figures 6a-6e -----	2-13
A	DE 10 2008 048653 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 8 April 2010 (2010-04-08) paragraph [0036] -----	1-15

# INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No PCT/EP2012/063872
---

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
WO 2007023439 A2	01-03-2007	CN 101248539 A EP 1922767 A2 JP 2007067420 A US 2007045761 A1 WO 2007023439 A2	20-08-2008 21-05-2008 15-03-2007 01-03-2007 01-03-2007
EP 2105976 A2	30-09-2009	EP 2105976 A2 KR 20090102348 A US 2009242921 A1	30-09-2009 30-09-2009 01-10-2009
DE 102007042642 A1	12-03-2009	DE 102007042642 A1 EP 2195863 A1 WO 2009033905 A1	12-03-2009 16-06-2010 19-03-2009
US 2002185965 A1	12-12-2002	DE 10225778 A1 JP 2003110153 A TW 552724 B US 2002185965 A1	03-04-2003 11-04-2003 11-09-2003 12-12-2002
US 2010155750 A1	24-06-2010	CN 102334205 A EP 2377170 A2 JP 2012513673 A US 2010155750 A1 US 2011121344 A1 WO 2010074734 A2	25-01-2012 19-10-2011 14-06-2012 24-06-2010 26-05-2011 01-07-2010
DE 102008048653 A1	08-04-2010	NONE	

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/063872

**A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES**  
 INV. H01L33/50  
 ADD.

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

**B. RECHERCHIERTE GEBIETE**

Recherhierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)  
 H01L

Recherhierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherhierten 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	WO 2007/023439 A2 (KONINKL PHILIPS ELECTRONICS NV [NL]; PHILIPS LUMILEDS LIGHTING CO [US]) 1. März 2007 (2007-03-01) Seite 1 - Seite 2; Ansprüche 1,9,17-20; Abbildungen 1-5	1-15
X	----- EP 2 105 976 A2 (SEOUL SEMICONDUCTOR CO LTD [KR]) 30. September 2009 (2009-09-30) Absätze [0001], [0010], [0013] - [0015], [0021], [0023] - [0026], [0032], [0039], [0041], [0043], [0049]; Ansprüche 1,3,4,9,15 ----- -/--	1-15



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
16. November 2012	23/11/2012
Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2 NL - 2280 HV Rijswijk Tel. (+31-70) 340-2040, Fax: (+31-70) 340-3016	Bevollmächtigter Bediensteter  But, Gabriela-Ileana

## C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	DE 10 2007 042642 A1 (OSRAM GMBH [DE]) 12. März 2009 (2009-03-12)	1, 14, 15
A	Absätze [0004], [0006], [0007], [0009], [0035], [0037], [0040], [0043], [0-45], [0049], [0061], [0063]; Ansprüche 1,7; Abbildungen 1-5 -----	2-13
X	US 2002/185965 A1 (COLLINS WILLIAM DAVID [US] ET AL COLLINS III WILLIAM DAVID [US] ET AL) 12. Dezember 2002 (2002-12-12)	1, 14, 15
A	Absätze [0034], [0037], [0038], [0040] - [0044] -----	2-13
X	US 2010/155750 A1 (DONOFRIO MATTHEW [US]) 24. Juni 2010 (2010-06-24)	1, 14, 15
A	Absätze [0066], [0068]; Abbildungen 6a-6e -----	2-13
A	DE 10 2008 048653 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 8. April 2010 (2010-04-08) Absatz [0036] -----	1-15

# INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/063872

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
WO 2007023439 A2	01-03-2007	CN 101248539 A	20-08-2008
		EP 1922767 A2	21-05-2008
		JP 2007067420 A	15-03-2007
		US 2007045761 A1	01-03-2007
		WO 2007023439 A2	01-03-2007
-----			
EP 2105976 A2	30-09-2009	EP 2105976 A2	30-09-2009
		KR 20090102348 A	30-09-2009
		US 2009242921 A1	01-10-2009
-----			
DE 102007042642 A1	12-03-2009	DE 102007042642 A1	12-03-2009
		EP 2195863 A1	16-06-2010
		WO 2009033905 A1	19-03-2009
-----			
US 2002185965 A1	12-12-2002	DE 10225778 A1	03-04-2003
		JP 2003110153 A	11-04-2003
		TW 552724 B	11-09-2003
		US 2002185965 A1	12-12-2002
-----			
US 2010155750 A1	24-06-2010	CN 102334205 A	25-01-2012
		EP 2377170 A2	19-10-2011
		JP 2012513673 A	14-06-2012
		US 2010155750 A1	24-06-2010
		US 2011121344 A1	26-05-2011
		WO 2010074734 A2	01-07-2010
-----			
DE 102008048653 A1	08-04-2010	KEINE	
-----			