

(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
27. Februar 2014 (27.02.2014)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2014/029642 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 33/50 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2013/066727

(22) Internationales Anmeldedatum:
9. August 2013 (09.08.2013)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2012 107 797.5
23. August 2012 (23.08.2012) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **GÖÖTZ, Britta**; Sandra-Paretti-Weg 12, 93051
Regensburg (DE). **MOOSBURGER, Jürgen**; Reichsstr.
17, 93055 Regensburg (DE). **PLÖSSL, Andreas**; Johann-
Igl-Weg 24, 93051 Regensburg (DE). **SABATHIL,
Matthias**; Glasbläserstr. 2, 93059 Regensburg (DE).

(74) Anwalt: **EBPING HERMANN FISCHER
PATENTANWALTSGESELLSCHAFT MBH**;
Ridlerstr. 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, BN, 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, 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, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU,
RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH,
TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA,
ZM, ZW.

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

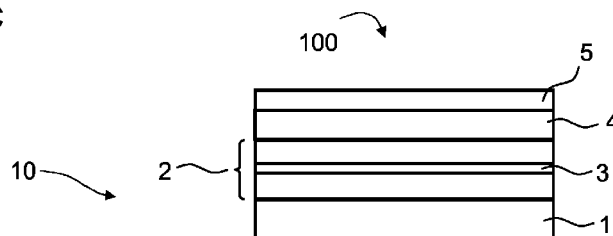
Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz
3)

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

(54) Bezeichnung : VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINES LICHT EMITTIERENDEN HALBLEITERBAUELEMENTS
UND LICHT EMITTIERENDES HALBLEITERBAUELEMENT

FIG. 1C



(57) Abstract: A method is specified for producing a light-emitting semiconductor component, in which method - a light-emitting semiconductor layer sequence (2) with an active layer (3) that is designed to emit light during operation of the semiconductor component is provided, - a wavelength conversion layer (4) containing at least one wavelength conversion material is applied on the semiconductor layer sequence (2), and - a ceramic layer (5) is applied on the wavelength conversion layer (4) by means of an aerosol deposition process. A light-emitting semiconductor component is also specified.

(57) Zusammenfassung: Es wird ein Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements angegeben, bei dem - eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3) bereitgestellt wird, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Halbleiterbauelements Licht abzustrahlen, - eine Wellenlängenkonversionsschicht (4) mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff auf der Halbleiterschichtenfolge (2) aufgebracht wird und - auf der Wellenlängenkonversionsschicht (4) eine Keramikschicht (5) mittels eines Aerosolabscheideverfahrens aufgebracht wird. Weiterhin wird ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement angegeben.



WO 2014/029642 A1

Beschreibung

Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden
Halbleiterbauelements und Licht emittierendes

5 Halbleiterbauelement

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen
Patentanmeldung 102012107797.5, deren Offenbarungsgehalt
hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

10

Es werden ein Verfahren zur Herstellung eines Licht
emittierenden Halbleiterbauelements und ein Licht
emittierendes Halbleiterbauelement angegeben.

15 Zur Erzeugung von mischfarbigem Licht wie beispielsweise
weißem Licht mittels eines Leuchtdiodenchips kann dieser mit
einem Leuchtstoff versehen sein, der zumindest einen Teil des
vom Leuchtdiodenchip abgestrahlten Lichts in Licht in einen
anderen Spektralbereich konvertiert.

20

Üblicherweise wird ein Leuchtstoffpulver mittels Silikon auf
einen Leuchtdiodenchip aufgebracht. Da Silikon nicht
hermetisch dicht gegenüber Feuchtigkeit ist, wird im Stand
der Technik bei solchen Leuchtdiodenchip-Leuchtstoff-

25 Kombinationen das Eindringen von Feuchtigkeit in das Silikon
entweder in Kauf genommen oder es wird von außen ein
zusätzlicher Schutz aufgebracht, beispielsweise in Form eines
Glasfensters. Aufgrund des Feuchtigkeitsproblems können im
Falle von empfindlichen Leuchtstoffen bestimmte Temperaturen
30 und Betriebsströme der Leuchtdiodenchips aber nicht
überschritten werden.

- 2 -

Zumindest eine Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements anzugeben. Zumindest eine weitere Aufgabe von bestimmten Ausführungsformen ist es, ein Licht
5 emittierendes Halbleiterbauelement anzugeben.

Diese Aufgaben werden durch einen Gegenstand und ein Verfahren gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen des
10 Gegenstands und des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen gekennzeichnet und gehen weiterhin aus der nachfolgenden Beschreibung und den Zeichnungen hervor.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird bei einem
15 Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge mit einer aktiven Schicht bereitgestellt, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Halbleiterbauelements Licht abzustrahlen. Auf der
20 Halbleiterschichtenfolge wird eine Wellenlängenkonversionsschicht mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff aufgebracht. Weiterhin wird auf der Wellenlängenkonversionsschicht eine Keramiksicht mittels eines Aerosolabscheideverfahrens aufgebracht.

25

Gemäß zumindest einer weiteren Ausführungsform weist ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge mit einer aktiven Schicht auf, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des
30 Halbleiterbauelements Licht abzustrahlen. Weiterhin weist das Licht emittierende Halbleiterbauelement eine Wellenlängenkonversionsschicht mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff auf der Halbleiterschichtenfolge

auf. Auf der Wellenlängenkonversionsschicht ist eine mittels Aerosolabscheidung aufgebraute Keramikschicht angeordnet.

Die im Folgenden beschriebenen Merkmale und Ausführungsformen
5 gelten gleichermaßen für das Verfahren wie auch für das Licht emittierende Halbleiterbauelement.

Die Halbleiterschichtenfolge kann besonders bevorzugt eine epitaktisch gewachsene Halbleiterschichtenfolge sein. Dazu
10 kann die Halbleiterschichtenfolge mittels eines Epitaxieverfahrens, beispielsweise metallorgansicher Gasphasenepitaxie (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsen und mit elektrischen Kontakten versehen werden. Durch Vereinzelung des
15 Aufwachssubstrats mit der aufgewachsenen Halbleiterschichtenfolge kann eine Mehrzahl von Licht emittierenden Halbleiterchips bereitgestellt werden.

Weiterhin kann die Halbleiterschichtenfolge vor dem
20 Vereinzeln auf ein Trägersubstrat übertragen werden und das Aufwachssubstrat kann gedünnt oder ganz entfernt werden. Derartige Licht emittierende Halbleiterchips, die als Substrat ein Trägersubstrat anstelle des Aufwachssubstrats aufweisen, können auch als so genannte Dünnschicht-
25 Leuchtdiodenchips bezeichnet werden.

Ein Dünnschicht-Leuchtdiodenchip zeichnet sich insbesondere durch folgende charakteristische Merkmale aus:

- an einer zu dem Trägersubstrat hin gewandten ersten
30 Hauptfläche einer strahlungserzeugenden Halbleiterschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil

des in der Halbleiterschichtenfolge erzeugten Lichts in diese zurückreflektiert;

- die Halbleiterschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20µm oder weniger, insbesondere im Bereich zwischen 4 µm und 10 µm auf; und
- die Halbleiterschichtenfolge enthält mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der Halbleiterschichtenfolge führt, d.h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches Streuverhalten auf.

Ein Dünnschicht-Leuchtdiodenchip ist in guter Näherung ein Lambert'scher Oberflächenstrahler. Das Grundprinzip eines Dünnschicht-Leuchtdiodenchips ist beispielsweise in der Druckschrift I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, 2174 - 2176 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt diesbezüglich hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform basiert die Halbleiterschichtenfolge auf einem III-V-Verbindungshalbleitermaterial. Bei dem Halbleitermaterial handelt es sich bevorzugt um ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_x\text{In}_{1-x-y}\text{Ga}_y\text{N}$ oder auch um ein Phosphid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_x\text{In}_{1-x-y}\text{Ga}_y\text{P}$ oder auch um ein Arsenid-Verbindungshalbleitermaterial wie $\text{Al}_x\text{In}_{1-x-y}\text{Ga}_y\text{As}$, wobei jeweils $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y \leq 1$ und $x + y \leq 1$ gilt. Dabei kann die Halbleiterschichtenfolge Dotierstoffe sowie zusätzliche Bestandteile aufweisen. Der Einfachheit halber sind jedoch nur die wesentlichen Bestandteile des Kristallgitters der Halbleiterschichtenfolge, also Al, As, Ga, In, N oder P,

angegeben, auch wenn diese teilweise durch geringe Mengen weiterer Stoffe ersetzt und/oder ergänzt sein können.

Die aktive Schicht ist insbesondere zur Erzeugung von Licht
5 in einem ultravioletten bis infraroten Wellenlängenbereich
eingerichtet. Die aktive Schicht beinhaltet beispielsweise
wenigstens einen pn-Übergang oder, bevorzugt, eine oder
mehrere Quantentopfstrukturen. Das von der aktiven Schicht im
Betrieb erzeugte Licht liegt bevorzugt in einem sichtbaren
10 Spektralbereich.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die
Wellenlängenkonversionsschicht zumindest einen oder mehrere
Wellenlängenkonversionsstoffe auf, die geeignet sind, das im
15 Betrieb von der Licht emittierenden Halbleiterschichtenfolge
abgestrahlte Licht zumindest teilweise zu absorbieren und als
Licht mit einem vom Licht der Halbleiterschichtenfolge
zumindest teilweise verschiedenen Wellenlängenbereich zu
emittieren. Das von der Halbleiterschichtenfolge emittierte
20 Licht sowie das von der Wellenlängenkonversionsschicht
konvertierte Licht können jeweils eine oder mehrere
Wellenlängen und/oder Wellenlängenbereiche in einem
infraroten bis ultravioletten Wellenlängenbereich, bevorzugt
in einem sichtbaren Wellenlängenbereich, aufweisen.
25 Beispielsweise kann die Licht emittierende
Halbleiterschichtenfolge im Betrieb Licht aus einem
ultravioletten bis grünen Wellenlängenbereich abstrahlen,
beispielsweise blaues und/oder grünes Licht, während die
Wellenlängenkonversionsschicht zumindest einen Teil dieses
30 Lichts in Licht aus einem Wellenlängenbereich mit längeren
Wellenlängen umwandelt, beispielsweise aus einem blauen bis
infraroten Wellenlängenbereich. Durch geeignete Auswahl der
Materialien der Licht emittierenden Halbleiterschichtenfolge

und insbesondere der aktiven Schicht sowie des zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs in der Wellenlängenkonversionsschicht kann somit ein gewünschter mischfarbiger Farbeindruck erzeugt werden, beispielsweise weißes Licht, wobei in diesem Fall die Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge bevorzugt blaues Licht abstrahlt, das von der Wellenlängenkonversionsschicht zumindest teilweise in infrarotes und/oder rotes und/oder grünes und/oder gelbes Licht umgewandelt wird. Alternativ hierzu kann es auch möglich sein, dass das Halbleiterbauelement als so genannter Vollkonversionsleuchtdiodenchip ausgebildet ist, bei dem im Wesentlichen das ganze vom aktiven Bereich der Halbleiterschichtenfolge erzeugte Licht, das bedeutet zumindest 90% oder zumindest 95% oder sogar zumindest 99%, durch den Wellenlängenkonversionsstoff der Wellenlängenkonversionsschicht in Licht aus einem anderen Wellenlängenbereich, beispielsweise in infrarotes und/oder rotes und/oder grünes und/oder gelbes Licht, umgewandelt wird.

Der zumindest eine Wellenlängenkonversionsstoff der Wellenlängenkonversionsschicht kann beispielsweise zumindest eines oder mehrere der folgenden Materialien zur Wellenlängenkonversion aufweisen oder aus einem oder mehreren der folgenden Materialien gebildet sein: seltene Erd dotierte Granate, seltene Erd dotierte Erdalkalisulfide, seltene Erd dotierte Thiogallate, seltene Erd dotierte Aluminate, seltene Erd dotierte Silikate, wie Orthosilikate, seltene Erd dotierte Chlorosilikate, seltene Erd dotierte Nitridosilikate, seltene Erd dotierte Oxinitride und seltene Erd dotierte Aluminiumoxinitride, seltene Erd dotierte Siliziumnitride sowie seltene Erd dotierte

Oxonitridoalumosilikate, seltene Erd dotierte Nitridoalumosilikate und Aluminiumnitride.

Als zumindest ein Wellenlängenkonversionsstoff kann
5 beispielsweise ein Granat, etwa Yttriumaluminiumoxid (YAG),
Lutetiumaluminiumoxid (LuAG) und/oder Terbiumaluminiumoxid
(TAG), oder auch ein nitridischer
Wellenlängenkonversionsstoff, beispielsweise ein nitridischer
Wellenlängenkonversionsstoff basierend auf Verbindungen von
10 Erdalkalimetallen mit SiON, SiAlON, Si_xN_y und AlSiN,
verwendet werden.

Das Material für den Wellenlängenkonversionsstoff ist in
weiteren bevorzugten Ausführungsformen beispielsweise mit
15 einem oder mehreren der folgenden Aktivatoren dotiert: Cer,
Europium, Neodym, Terbium, Dysprosium, Erbium, Praseodym,
Samarium, Mangan. Rein beispielhaft für mögliche dotierte
Wellenlängenkonversionsstoffe seien Cer-dotierte
Yttriumaluminium-Granate, Cer-dotierte Lutetiumaluminium-
20 Granate, Europium-dotierte Orthosilikate sowie Europium-
dotierte Nitride genannt.

Weiterhin kann der zumindest eine
Wellenlängenkonversionsstoff zusätzlich oder alternativ ein
25 organisches Material umfassen, das aus einer Gruppe
ausgewählt sein kann, die Perylene, Benzopyrene, Coumarine,
Rhodamine und Azo-Farbstoffe umfasst.

Die Wellenlängenkonversionsschicht kann geeignete Mischungen
30 und/oder Kombinationen der genannten
Wellenlängenkonversionsstoffe aufweisen.

Zur Bildung der Wellenlängenkonversionsschicht kann der zumindest eine Wellenlängenkonversionsstoff beispielsweise in Pulverform aufgebracht werden. Dies kann beispielsweise durch Aufstreuen erfolgen, wobei unter den Begriff "aufstreuen"

5 alle möglichen Aufbringverfahren fallen, mittels derer der pulverförmige Wellenlängenkonversionsstoff in Partikelform aufgebracht werden kann, also beispielsweise aufstreuseln, aufblasen oder aufsprühen. Weiterhin kann der pulverförmige Wellenlängenkonversionsstoff beispielsweise auch mittels

10 eines Sedimentationsverfahrens aufgebracht werden. Zur Sedimentation des zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs kann eine Sedimentationslösung bereitgestellt werden, in der der zumindest eine pulverförmige Wellenlängenkonversionsstoff dispergiert oder

15 gelöst ist. Nach dem Aufbringen der Sedimentationslösung auf der Halbleiterschichtenfolge kann sich der pulverförmige Wellenlängenkonversionsstoff absetzen und die flüssigen Bestandteile der Sedimentationslösung können durch Verdunsten oder Verdampfen entfernt werden. Weiterhin ist es auch

20 möglich, dass der zumindest eine Wellenlängenkonversionsstoff mittels elektrophoretischer Deposition aufgebracht wird.

Insbesondere kann der Wellenlängenkonversionsstoff nach dem Aufbringen sowie auch nach der Fertigstellung des

25 Halbleiterbauelements zwischen der Halbleiterschichtenfolge und der Keramikschicht pulverförmig vorliegen. Das bedeutet, dass in der Wellenlängenkonversionsschicht im Vergleich zu einer durchgehend zusammenhängenden Schicht eine pulverartige Anordnung des Wellenlängenkonversionsstoffs erkennbar ist,

30 wobei in der pulverförmigen Anordnung die Partikel des Wellenlängenkonversionsstoffs beispielsweise auch durch ein Matrixmaterial, einen Binder oder durch Wasserstoffbrückenbindungen zusammengehalten werden können.

Alternativ oder zusätzlich kann zumindest ein Teil der Wellenlängenkonversionsschicht oder auch die gesamte Wellenlängenkonversionsschicht in Form eines keramischen Plättchens mit dem zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoff bereitgestellt werden. Ein solches Keramikplättchen kann beispielsweise durch Sintern des Wellenlängenkonversionsstoffs hergestellt werden, wobei dieser auch in einem keramischen Matrixmaterial eingebettet sein kann. Im Falle, dass die Wellenlängenkonversionsschicht als Keramikplättchen ausgebildet ist, kann das Aufbringen der Keramikschicht mittels des Aerosolabscheideverfahrens auf der Wellenlängenkonversionsschicht durchgeführt werden, bevor das Keramikplättchen auf der Halbleiterschichtenfolge angeordnet wird. Alternativ hierzu ist es auch möglich, zuerst den als Keramikplättchen bereitgestellten Wellenlängenkonversionsstoff auf der Halbleiterschichtenfolge aufzubringen und danach das Keramikplättchen mit der Keramikschicht mittels des Aerosolabscheideverfahrens zu bedecken.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Keramikschicht aus einem transparenten Keramikmaterial gebildet.

Unter einem Keramikmaterial oder einem keramischen Material ist insbesondere ein oxidhaltiges und/oder ein nitridhaltiges Material zu verstehen, das insbesondere in Pulverform verarbeitet wird, wobei hier und im Folgenden auch Materialien, die nur eine Nahordnung und keine Fernordnung aufweisen, unter den Begriff „keramisches Material“ fallen. Dementsprechend sind auch anorganische Gläser von der Formulierung „keramisches Material“ oder „Keramikmaterial“ umfasst. Unter einem pulverförmigen Keramikmaterial ist

insbesondere ein Pulver aus einem Material zu verstehen, mit dem ein keramisches Element herstellbar ist und das auch als keramisches Pulver bezeichnet werden kann.

- 5 Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird die Keramikschi-
cht durch ein Oxid, ein Nitrid und/oder ein Oxinitrid gebildet,
wobei das Oxid, Nitrid und/oder Oxinitrid Aluminium,
Silizium, Titan oder Zirkon oder eine Mischung daraus
aufweist. Besonders bevorzugt kann die Keramikschi-
10 AlN, SiN, SiO₂, TiO₂, ZrO₂ oder eine Mischung oder Kombination
daraus aufweisen.

- Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird zur Herstellung der
Keramikschi-
15 Aerosolabscheideverfahren (ADM: "Aerosol Deposition Method")
ein Pulver des Keramikmaterials, also ein pulverförmiges
Keramikmaterial beziehungsweise ein keramisches Pulver,
bereitgestellt. Die Größe der Partikel des Pulvers kann vom
Sub-Mikrometer-Bereich bis zu mehreren Mikrometern im
20 bereitgestellten pulverförmigen Keramikmaterial vorliegen.
Bevorzugt weisen die Partikel des Pulvers eine Größe von
größer oder gleich 10 nm, besonders bevorzugt von größer oder
gleich einigen hundert Nanometern oder auch von größer oder
gleich 1 µm bis hin zu mehreren Mikrometern, bevorzugt
25 kleiner oder gleich 2 µm, auf.

- Insbesondere kann das Keramikmaterial in einer Pulverkammer
bereitgestellt werden, die auch als Aerosolkammer bezeichnet
werden kann und die über eine Gaszuleitung und eine
30 Gasableitung verfügt. Mittels der Gaszuleitung kann ein Gas,
bevorzugt ein inertes Gas, in die Pulverkammer geleitet
werden. Das Gas kann beispielsweise Helium, Stickstoff,
Sauerstoff, Argon, Luft oder eine Mischung dieser enthalten

oder daraus sein. Mittels des Gases wird ein Teil der Partikel des Pulvergemischs im Gas über die Gasableitung in eine Beschichtungskammer geleitet, die bevorzugt einen niedrigeren Druck als die Pulverkammer aufweist. Insbesondere
5 kann das Aerosolabscheideverfahren in der Beschichtungskammer bei einer Temperatur von kleiner oder gleich 300°C und bevorzugt bei Raumtemperatur, also bei einer Temperatur von etwa 300 K, durchgeführt werden.

- 10 Das Aerosol mit den Partikeln des Pulvergemischs tritt in der Beschichtungskammer durch eine Düse aus und wird durch die Düse strahlartig auf die zu beschichtende Oberfläche gerichtet, die zumindest teilweise durch die Wellenlängenkonversionsschicht gebildet wird. Zwischen der
15 Pulverkammer und der Beschichtungskammer können beispielsweise noch ein oder mehrere Filter und/oder ein Klassifikator zur Einstellung geeigneter Partikelgrößen angeordnet sein. Der Strahl mit dem Aerosol kann beispielsweise punktuell auf die zu beschichtende Oberfläche
20 treffen. Weiterhin kann der Strahl mit dem Aerosol auch aufgeweitet, beispielsweise linear aufgefächert, auf die zu beschichtende Oberfläche treffen. Das Gas des Aerosols wirkt als Beschleunigungsgas, da über den Gasstrom die darin enthaltenen Partikel auf die zu beschichtende Oberfläche
25 gesprüht werden. Die Düse und/oder die zu beschichtende Oberfläche können relativ zueinander bewegbar sein, um ein großflächiges Aufbringen der Partikel zu ermöglichen. Dieser Vorgang kann auch als „Abrastern“ bezeichnet werden.
- 30 Insbesondere kann die Keramiksicht direkt und unmittelbar auf der Wellenlängenkonversionsschicht aufgebracht werden.

Im Vergleich zu Sinterverfahren kann das Aerosolabscheideverfahren bei deutlich niedrigeren Temperaturen durchgeführt werden, insbesondere beispielsweise auch bei Raumtemperatur, da die Energie, die zur

5 Konsolidierung der Partikel des pulverförmigen Keramikmaterials, also zum „Zusammenbacken“ der Partikel, nötig ist, um die Keramikschicht zu bilden, über die kinetische Energie im Gasstrom bereitgestellt werden kann, während bei Sinterverfahren die dafür nötige Energie

10 bekanntermaßen durch die Erhitzung auf hohe Temperaturen geliefert wird. Durch die kinetische Energie der Partikel des pulverförmigen Keramikmaterials kann es beim Aufprallen auf die zu beschichtende Oberfläche lediglich lokal sehr begrenzt zu einer Erhöhung der Temperatur der am Aufprall beteiligten

15 Partikel kommen, die jedoch ausreichend ist, die Partikel „zusammen zu backen“. Beim Aufprallen können die Partikel verformt werden und/oder komprimiert und damit kleiner werden.

20 Weiterhin kann es möglich sein, dass die so erzeugte Schicht mit den zusammenbackenden Partikeln nachträglich noch erwärmt wird. Bei einem solchen Tempervorgang kann die Keramikschicht auf eine Temperatur erwärmt werden, die bis zur Sintertemperatur des Keramikmaterials gehen kann. Bevorzugt

25 liegt die Temperatur, auf die die Schicht erwärmt wird, aber deutlich unterhalb der Sintertemperatur.

Insbesondere kann die Keramikschicht somit eine Schutzschicht für die Wellenlängenkonversionsschicht bilden. Durch das

30 Aerosolabscheideverfahren kann es insbesondere möglich sein, die Keramikschicht als dichte Schicht abzuscheiden, die die Wellenlängenkonversionsschicht vor schädigenden äußeren Einflüssen wie etwa Feuchtigkeit schützen kann, ohne dass die

Halbleiterschichtenfolge und die Wellenlängenkonversionsschicht beim Aufbringen der Keramikschicht thermisch besonders belastet werden. Gleichzeitig kann sich durch die Keramikschicht die Haftung der Wellenlängenkonversionsschicht und insbesondere des
5 zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs verbessern. Mittels des Aerosolabscheideverfahrens lässt sich somit eine transparente Keramikschicht aufbringen, die insbesondere bei einem pulverförmig aufgetragenen Wellenlängenkonversionsstoff
10 die Konversionsstoffpartikel umformen kann und gleichzeitig für eine verbesserte Haftung auf der Halbleiterschichtenfolge sorgen kann. Neben dem Schutz beispielsweise vor Feuchtigkeit kann die Keramikschicht auch einen Schutz vor mechanischen Einflüssen bilden.

15

Um eine zuverlässige Kapselung durch die Keramikschicht zu erreichen, ist es besonders vorteilhaft, wenn diese der Kontur des zu beschichtenden Untergrunds möglichst gut folgt und somit eine so genannte konforme Schicht bilden.

20

Insbesondere an Stufen des zu beschichtenden Untergrunds ist eine konforme Abscheidung des Keramikmaterials eine Bedingung für eine hermetische Kapselung. Senkrechte Stufen des zu beschichtenden Untergrunds können bei einem gerichteten Beschichtungsverfahren wie der Aerosolabscheidung, bei dem
25 der Aerosolstrahl aus der Düse üblicherweise senkrecht auf die zu beschichtende Oberfläche auftrifft, leicht Abschattungen verursachen, so dass die resultierende geringere Schichtdicke an den Seitenflanken solcher Stufen eine zuverlässig dichte Umformung der zu beschichtenden
30 Oberfläche gefährden kann.

Um eine konforme Beschichtung, also eine Beschichtung mit einer im Wesentlichen konstanten Schichtdicke, mittels des

Keramikmaterials auch an Stufen und Seitenflanken der zu beschichtenden Oberfläche zu erreichen, kann der Aerosolstrahl unter verschiedenen Winkeln, bevorzugt unter einem weiten Bereich von Winkeln, auf die zu beschichtende Oberfläche gerichtet werden. Im Fall von sehr ausgeprägten senkrechten oder sogar leicht hinterschnittenen Stufen der zu beschichtenden Oberfläche kann der erforderliche Winkelbereich sogar bis zu einem Aufsprühen tangential zur Haupterstreckungsrichtung der zu beschichtenden Oberfläche reichen. Insbesondere kann die Beschichtung unter allen oder zumindest unter einem sehr großen Bereich aller vorkommenden lokalen Oberflächennormalen erfolgen. Unter der Voraussetzung, dass ein senkrechter Einfall des Keramikmaterials auf die zu beschichtende Oberfläche entscheidend für ein ausreichendes Schichtwachstum ist, kann hierdurch eine sehr gleichmäßige Schichtdicke erzielt werden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird das Aerosol mit dem pulverförmigen Keramikmaterial in einem stark aufgefächerten Partikelstrahl auf die zu beschichtende Oberfläche aufgesprüht. Beim Abrastern der zu beschichtenden Oberfläche kann es dadurch möglich sein, den relevanten Winkelbereich abzudecken. Alternativ hierzu kann ein weniger divergenter Aerosolstrahl verwendet werden, wobei der Winkel zwischen dem Strahl und der Oberfläche variiert wird. Eine Variation des Winkels kann beispielsweise durch eine Bewegung des Strahls und damit der Düse und/oder durch eine Bewegung der zu beschichtenden Oberfläche und damit des zu beschichtenden Objekts erreicht werden. Weiterhin ist es auch möglich, einen stark divergenten Strahl mit einer Winkelvariation zu kombinieren.

Beispielsweise kann das zu beschichtende Objekt um die Normale der Haupterstreckungsebene der zu beschichtenden Oberfläche gedreht werden. Diese Drehbewegung, die beispielsweise noch mit einem divergenten Aerosolstrahl kombiniert werden kann, kann ausreichend sein, die gewünschte konforme Abscheidung des Keramikmaterials zu erreichen. Weiterhin können zusätzlich die zu beschichtende Oberfläche und damit das zu beschichtende Objekt in einer Kippbewegung so geneigt werden, dass die Normale der Haupterstreckungsebene der zu beschichtenden Oberfläche, die die Drehachse der vorab beschriebenen Drehbewegung bildet, geneigt wird. In diesem Fall kann auch mit einem wenig divergenten oder sogar im Wesentlichen parallelen Aerosolstrahl eine konforme Abscheidung des Keramikmaterials erreicht werden.

Ist der Stahl ausreichend breit, kann dies ähnlich wie bei Aufdampfverfahren mit einer Planetenbewegung umgesetzt werden, wobei sich das zu beschichtende Objekt um die Oberflächennormale der Haupterstreckungsebene der zu beschichtenden Oberfläche rotierend auf einer Halbkugel dreht. Im Fall eines weniger breiten Strahls kann alternativ eine Kreiselbewegung aus Rotation und Präzession genutzt werden. Bei feineren Strahlen, die gerastert werden müssen, kann man vorzugsweise das zu beschichtende Objekt gezielt entsprechend der gerade zu beschichtenden Teiloberfläche neigen.

Insbesondere kann die Kenntnis der zu beschichtenden Topographie eine gezielte Steuerung erlauben, so dass sich der Aerosolstrahl möglichst parallel zu allen lokalen Oberflächennormalen ausrichten lässt. Überlagert man dieser lokalen Ausrichtung eine taumelnde oder schaukelnde Bewegung,

auch als „wobble“ oder „rocking“ bezeichnet, kann auch die Topographie innerhalb der lokal zu beschichtenden Oberflächenteilbereiche berücksichtigt werden. Besonders vorteilhaft kann es hierzu sein, wenn die zu beschichtende
5 Oberfläche durch laterale Translation stets euzentrisch positioniert wird. Neben der besonders gleichförmigen Beschichtung kann, wenn die Kenntnis der Oberflächenstruktur gezielt genutzt wird, die Beschichtungszeit ohne Qualitätseinbußen verkürzt und das Beschichtungsgut, also das
10 Keramikmaterial, sparsam aufgebracht werden.

Insbesondere im Falle einer pulverförmigen Ausbildung des Wellenlängenkonversionsstoffs in der Wellenlängenkonversionsschicht kann es beim Auftreffen der
15 Partikel des pulverförmigen Keramikmaterials zur Bildung der Keramikschicht zumindest oberflächlich zu einer zumindest teilweisen Durchmischung des Materials für die Keramikschicht und des Wellenlängenkonversionsstoffs kommen. Hierdurch kann das Keramikmaterial für die Keramikschicht zumindest in
20 Teilbereichen in die Wellenlängenkonversionsschicht eindringen und ein Matrixmaterial für den Wellenlängenkonversionsstoff bilden.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform weist die Keramikschicht
25 eine Dicke von mehr als 1 μm , bevorzugt größer oder gleich 5 μm oder auch größer oder gleich 10 μm oder auch größer oder gleich einigen zehn Mikrometern wie etwa größer oder gleich 20 μm oder größer oder gleich 30 μm oder auch größer oder gleich 50 μm auf. Weiterhin kann die Keramikschicht eine
30 Dicke von bevorzugt kleiner oder gleich 200 μm oder auch bevorzugt kleiner oder gleich 100 μm aufweisen. Insbesondere kann eine Dicke von einigen zehn Mikrometern, also im Bereich von etwa 20 μm bis etwa 100 μm besonders vorteilhaft sein.

Das Aufbringen der Keramikschicht auf der Wellenlängenkonversionsschicht kann auf Chip-Ebene sowie auch auf Wafer-Ebene erfolgen. Auf Chip-Ebene die Keramikschicht aufzubringen kann insbesondere bedeuten, dass die Keramikschicht mittels der Aerosolabscheidung auf einem mit der Wellenlängenkonversionsschicht versehenen Licht emittierenden Halbleiterchip, der die Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge aufweist, aufgebracht wird. Der Licht emittierende Halbleiterchip wird in diesem Fall vor dem Abscheiden der Keramikschicht bereits durch Vereinzeln aus einem Waferverbund hergestellt, wobei die Wellenlängenkonversionsschicht vor oder nach dem Vereinzeln, also ebenfalls auf Wafer-Ebene oder auf Chip-Ebene, aufgebracht wird.

Auf Wafer-Ebene die Keramikschicht aufzubringen kann insbesondere bedeuten, dass eine auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge mit der Wellenlängenkonversionsschicht versehen wird, die dann noch im Waferverbund mit der Keramikschicht mittels des Aerosolabschideverfahrens bedeckt wird. Die Wellenlängenkonversionsschicht und die darüber aufgebrachte Keramikschicht können dann zusammen mit der Halbleiterschichtenfolge zu Halbleiterchips mit einer Wellenlängenkonversionsschicht und darüber einer Keramikschicht vereinzelt werden.

Durch eine geeignete Auswahl des Materials der Keramikschicht kann der Brechungsindex der Keramikschicht an die darunter liegende Wellenlängenkonversionsschicht angepasst werden. Hierdurch kann es beispielsweise zu einer Vermeidung von Streueffekten kommen, wodurch sich eine höhere

Konversionseffizienz ergeben kann. Weiterhin kann es auch möglich sein, dass beim Aufbringen der Keramikschicht in diese noch Streupartikel eingebettet werden. Diese können dem pulverförmigen Ausgangsmaterial zur Bildung der

5 Keramikschicht zugesetzt werden und ein Material aufweisen, das einen vom Keramikmaterial der Keramikschicht unterschiedlichen Brechungsindex aufweist. Die Streupartikel können beispielsweise ein oben für die Keramikschicht beschriebenes Material aufweisen, sodass zur Bildung der
10 Keramikschicht mit Streupartikeln zumindest zwei der oben beschriebenen Materialien in Form einer Pulvermischung aufgebracht werden können, wobei diese Materialien voneinander unterschiedliche Brechungsindizes aufweisen.

15 Weiterhin ist es auch möglich, dass die Wellenlängenkonversionsschicht Streupartikel aufweist. Diese können in Pulverform dem zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoff zugemischt sein und mittels der oben beschriebenen Verfahren zusammen mit dem zumindest einen
20 Wellenlängenkonversionsstoff zur Bildung der Wellenlängenkonversionsschicht aufgebracht werden.

Beim Aufbringen des zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs zur Bildung der
25 Wellenlängenkonversionsschicht, insbesondere im Falle, dass der Wellenlängenkonversionsstoff pulverförmig aufgebracht wird, ist dafür Sorge zu tragen, dass die Wellenlängenkonversionsschicht stabil genug ist, um bei dem anschließenden Aerosolabscheideprozess zur Herstellung der
30 Keramikschicht nicht abgetragen zu werden. Dies kann beispielsweise dadurch erreicht werden, dass der Wellenlängenkonversionsstoff vorbehandelt wird. Beispielsweise kann der zumindest eine

Wellenlängenkonversionsstoff vor dem Aufbringen in Phosphorsäure gewaschen werden, wodurch die Ausbildung von Wasserstoff-Brückenbindungen erreicht werden kann. Im Falle des Aufbringens aus einer Sedimentationslösung kann dieser beispielsweise eine kleine Menge an Bindemittel beigemischt werden, das in der Wellenlängenkonversionsschicht verbleibt. Als Bindemittel können eines oder mehrere der folgenden Materialien verwendet werden: Silikone, ZrO_2 -haltige Sol-Gele, Polysilazane, Wasserglas und Al_2O_3 -haltige Äquivalente sowie organisch, anorganische Hybridpolymere.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird auf der Halbleiterschichtenfolge eine weitere Keramikschicht aufgebracht, auf der dann die Wellenlängenkonversionsschicht aufgebracht wird. Mit anderen Worten kann die Wellenlängenkonversionsschicht zwischen zwei Keramikschichten angeordnet werden. Insbesondere kann die Wellenlängenkonversionsschicht unmittelbar und direkt auf der weiteren Keramikschicht aufgebracht werden. Die weitere Keramikschicht, die insbesondere eine transparente Keramikschicht ist, kann wie vorab für die auf der Wellenlängenkonversionsschicht aufgebrachte Keramikschicht beschriebene Merkmale aufweisen. Die weitere Keramikschicht kann insbesondere direkt und unmittelbar auf der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht werden. Die weitere Keramikschicht kann insbesondere als Haftschrift für die nachfolgende Wellenlängenkonversionsschicht dienen, um eine Haftung der Wellenlängenkonversionsschicht auf der Halbleiterschichtenfolge zu verbessern. Die auf der Wellenlängenkonversionsschicht aufgebrachte Keramikschicht kann, wie oben beschrieben, als Schutzschicht sowie ebenfalls zur Verbesserung der Haftung dienen.

Gemäß einer weiteren Ausführungsform wird eine Mehrzahl von Keramiksichten und/oder eine Mehrzahl von Wellenlängenkonversionsschichten, zumindest aber jeweils eine von diesen, abwechselnd aufeinander aufgebracht. Dies kann insbesondere bedeuten, dass über der Wellenlängenkonversionsschicht und der Keramiksicht zumindest eine weitere Wellenlängenkonversionsschicht und zumindest eine weitere Keramiksicht aufgebracht werden. Weiterhin kann beispielsweise auch zuerst eine Keramiksicht, auf dieser eine Wellenlängenkonversionsschicht, darüber eine Keramiksicht und darüber eine weitere Wellenlängenkonversionsschicht sowie eine weitere Keramiksicht aufgebracht werden. Weiterhin sind auch mehr Wellenlängenkonversionsschichten und Keramiksichten abwechselnd übereinander möglich. Durch ein derartiges sukzessives Aufbringen von Keramiksichten und Wellenlängenkonversionsschichten ist eine genaue Farbsteuerung während des Aufbringprozesses möglich, sodass die vom fertig gestellten Licht emittierenden Halbleiterbauelement abgestrahlte Lichtfarbe optimal eingestellt werden kann.

Für die weiteren Keramiksichten sowie die weiteren Wellenlängenkonversionsschichten gelten die oben beschriebenen Merkmale und Ausführungsformen gleichermaßen.

Weiterhin kann beispielsweise für die Keramiksicht ein Material verwendet werden, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten des zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs der Wellenlängenkonversionsschicht angepasst ist, sodass bei Erwärmung des Halbleiterbauelements im Betrieb Spannungen

zwischen der Wellenlängenkonversionsschicht und der darüber aufgetragenen Keramiksicht vermieden werden können.

Insbesondere kann es vorteilhaft sein, wenn der thermische Ausdehnungskoeffizient der Keramiksicht und der thermische Ausdehnungskoeffizient der Wellenlängenkonversionsschicht
5 gleich oder zumindest im Wesentlichen gleich sind, das heißt um höchstens 50% oder sogar um höchstens 20% oder sogar um höchstens 10% voneinander abweichend ausgebildet sind.

Alternativ oder zusätzlich kann es vorteilhaft sein, wenn für
10 die Keramiksicht ein Material verwendet werden, dessen thermischer Ausdehnungskoeffizient an den thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Halbleiterschichtenfolge und/oder eines Substrats für die Halbleiterschichtenfolge angepasst ist, sodass bei Erwärmung des Halbleiterbauelements
15 im Betrieb Spannungen zwischen der Halbleiterschichtenfolge und/oder dem Substrat und der darüber aufgetragenen Keramiksicht vermieden werden können. Insbesondere können die thermischen Ausdehnungskoeffizienten der Halbleiterschichtenfolge und/oder eines Substrats der
20 Halbleiterschichtenfolge und der Keramiksicht im vorab genannten Sinn gleich oder zumindest im Wesentlichen gleich sein.

Durch das hier beschriebene Verfahren, bei dem auf die
25 Wellenlängenkonversionsschicht eine Keramiksicht mittels Aerosolabscheidung aufgetragen wird, kann durch die Schutzwirkung der Keramiksicht im Vergleich zu üblichen Leuchtdiodenchips mit darauf aufgetragenen Leuchtstoffen ein Betrieb bei höheren Temperaturen und Betriebsströmen möglich
30 sein. Weiterhin kann die Lebensdauer des Licht emittierenden Halbleiterbauelements im Vergleich zu üblichen Kombinationen von Leuchtdiodenchips mit Leuchtstoffen verlängert werden. Durch eine flexible Anpassung der

Wellenlängenkonversionsschicht beziehungsweise der Anzahl der Wellenlängenkonversionsschichten zwischen der Licht emittierenden Halbleiterschichtenfolge und einer finalen Keramikschrift, das heißt einer äußersten Keramikschrift, kann eine genaue Farbortsteuerung für das vom Licht emittierenden Halbleiterbauelement abgestrahlte Licht erreicht werden.

Weitere Vorteile, vorteilhafte Ausführungsformen und Weiterbildungen ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren beschriebenen Ausführungsbeispielen.

Es zeigen:

Figuren 1A bis 1C schematische Darstellungen eines Verfahrens zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements gemäß einem Ausführungsbeispiel, Figur 2 eine schematische Darstellung eines Verfahrensschritts eines Verfahrens zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements gemäß einem weiteren Ausführungsbeispiel, Figuren 3A bis 6 schematische Darstellungen von Licht emittierenden Halbleiterbauelementen gemäß weiteren Ausführungsbeispielen.

In den Ausführungsbeispielen und Figuren können gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente jeweils mit denselben Bezugszeichen versehen sein. Die dargestellten Elemente und deren Größenverhältnisse untereinander sind nicht als maßstabsgerecht anzusehen, vielmehr können einzelne Elemente, wie zum Beispiel Schichten, Bauteile, Bauelemente

und Bereiche, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

5 In den Figuren 1A bis 1C ist ein Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden Halbleiterbauelements 100 gemäß einem Ausführungsbeispiel gezeigt.

10 In einem ersten Verfahrensschritt gemäß der Figur 1A wird eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge 2 bereitgestellt. Die Halbleiterschichtenfolge 2 ist im gezeigten Ausführungsbeispiel Teil eines Licht emittierenden Halbleiterchips 10, der ein Substrat 1 und darauf die Halbleiterschichtenfolge 2 aufweist.

15 Die Halbleiterschichtenfolge 2 weist eine aktive Schicht 3 auf, die geeignet ist, im Betrieb Licht zu erzeugen, das über eine auf der dem Substrat 1 abgewandten Seite der Halbleiterschichtenfolge 2 angeordnete Lichtauskoppelfläche 20 abgestrahlt werden kann. Die einzelnen Schichten der
20 Halbleiterschichtenfolge 2 zusätzlich zur aktiven Schicht 3, beispielsweise n- und p-dotierte Halbleiterschichten wie etwa Pufferschichten, Mantelschichten, Halbleiterkontaktschichten, Barrierschichten, Stromaufweitungsschichten und/oder Strombegrenzungsschichten, sowie elektrische
25 Anschlussschichten wie etwa Elektrodenschichten oder elektrische Kontaktelemente sind zur Vereinfachung der Darstellung nicht gezeigt.

30 Die Halbleiterschichtenfolge 2 und insbesondere die aktive Schicht 3 weist im gezeigten Ausführungsbeispiel ein Nitrid-Verbindungshalbleitermaterialsystem auf, so dass im Betrieb ultraviolette bis grünes Licht, bevorzugt blaues bis grünes Licht, abgestrahlt werden kann. Alternativ oder zusätzlich

kann die Halbleiterschichtenfolge 2 auch ein anderes, oben im allgemeinen Teil genanntes Halbleitermaterial aufweisen.

Beispielsweise kann es sich bei dem Substrat 1 um ein
5 Aufwachssubstrat, beispielsweise aus Saphir, handeln, auf dem die Halbleiterschichtenfolge 2 durch epitaktisches Aufwachsen, beispielsweise durch metallorganische Gasphasenabscheidung (MOVPE) oder Molekularstrahlepitaxie (MBE), aufgebracht wird. Durch Vereinzelnung kann aus einem
10 mit der Halbleiterschichtenfolge 2 versehenen Substratwafer eine Vielzahl von Licht emittierenden Halbleiterchips 10 gebildet werden.

Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass das Substrat 1
15 durch ein Trägersubstrat gebildet wird, auf das die auf einem Aufwachssubstrat aufgewachsene Halbleiterschichtenfolge 2 übertragen wird. Das Aufwachssubstrat kann dann anschließend zumindest teilweise oder ganz zur Bildung eines oben im allgemeinen Teil beschriebenen Dünnschicht-Leuchtdiodenchips
20 entfernt werden.

Das Aufwachsen und gegebenenfalls das Übertragen der aufgewachsenen Halbleiterschichtenfolge 2 auf ein Trägersubstrat findet bevorzugt auf Wafer-Ebene vor einem
25 nachfolgenden Vereinzeln statt.

Der Licht emittierende Halbleiterchip 10 kann für die weiteren Verfahrensschritte auf einem Hilfsträger, beispielsweise einer Kunststofffolie, bereit gestellt werden.
30 Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass der Halbleiterchip 10 auf einem Träger montiert bereitgestellt wird, der zusammen mit dem Halbleiterchip 10 ein so genanntes Package bilden kann. Der Träger kann beispielsweise ein

Kunststoffgehäuse, eine Leiterplatte, eine Metallkernplatine oder ein Keramiksubstrat aufweisen oder sein und mit elektrischen Anschlüssen zur elektrischen Kontaktierung des Halbleiterchips 10 versehen sein. Weiterhin kann es auch
5 möglich sein, dass für die weiteren Verfahrensschritte eine Mehrzahl von Halbleiterchips 10 auf einem Hilfsträger angeordnet oder auf einem Träger montiert sind und die im Folgenden beschriebenen Verfahrensschritte für die Mehrzahl der Halbleiterchips 10 durchgeführt wird.

10

In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Figur 1B wird auf die Halbleiterschichtenfolge 2 eine

Wellenlängenkonversionsschicht 4 aufgebracht, die einen Wellenlängenkonversionsstoff zur zumindest teilweisen

15 Konversion des in der aktiven Schicht 3 im Betrieb des fertig gestellten Licht emittierenden Halbleiterbauelements 100 erzeugten Lichts vorgesehen ist.

Das Aufbringen der Wellenlängenkonversionsschicht 4 kann

20 beispielsweise durch Sedimentation erfolgen. Hierzu wird eine Sedimentationslösung bereitgestellt, in der der Wellenlängenkonversionsstoff, der gemäß der Beschreibung im allgemeinen Teil ausgeführt sein kann, enthalten ist. Für eine verbesserte Haftung der

25 Wellenlängenkonversionsstoffpartikel in der

Wellenlängenkonversionsschicht kann der Sedimentationslösung beispielsweise auch noch ein Bindemittel, wie oben im

allgemeinen Teil beschrieben ist, beigelegt sein. Die

Sedimentationslösung wird auf der Halbleiterschichtenfolge 2,

30 im gezeigten Ausführungsbeispiel insbesondere auf der

Lichtauskoppelfläche 20, aufgebracht. Durch Entfernen der flüssigen Bestandteile der Sedimentationslösung,

beispielsweise durch Verdunsten oder Verdampfen, und ein

Ablagern des in der Sedimentationslösung enthaltenen Wellenlängenkonversionsstoffs bildet sich die Wellenlängenkonversionsschicht 4.

- 5 Alternativ hierzu kann auch ein Aufstreuverfahren zum Aufbringen des Wellenlängenkonversionsstoffs gewählt werden. Weiterhin ist es auch möglich, dass der Wellenlängenkonversionsstoff zur Bildung der Wellenlängenkonversionsschicht 4 mittels elektrophoretischer
10 Deposition aufgebracht wird.

- Um eine Stabilität der Wellenlängenkonversionsschicht 4 zu erhöhen, kann es auch möglich sein, dass der Wellenlängenkonversionsstoff vorbehandelt wird,
15 beispielsweise durch Waschen mit Phosphorsäure zur Ausbildung von Wasserstoff-Brückenbindungen in der Wellenlängenkonversionsschicht 4. Mittels der beschriebenen Verfahren kann die Wellenlängenkonversionsschicht insbesondere im Wesentlichen pulverförmig ausgebildet sein,
20 das bedeutet, dass der Wellenlängenkonversionsstoff keinen zusammenhängenden Zusammenschluss und somit keine durchgehend feste Wellenlängenkonversionsschicht bildet.

- In einem weiteren Verfahrensschritt gemäß Figur 1C wird auf
25 der Wellenlängenkonversionsschicht 4 mittels Aerosolabscheidung eine Keramikschicht 5 aufgebracht. Insbesondere wird als Keramikmaterial für die Keramikschicht ein transparentes Keramikmaterial gewählt, das nach Möglichkeit einen an die Wellenlängenkonversionsschicht
30 angepassten Brechungsindex aufweist, um eine möglichst effiziente Konversion und Auskopplung von Licht im fertiggestellten Licht emittierenden Halbleiterbauelement 100 zu ermöglichen. Weiterhin kann es vorteilhaft sein, wenn das

Material der Keramikschiicht 5 im Hinblick auf den thermischen Ausdehnungskoeffizienten an das Material der Wellenlängenkonversionsschiicht 4 und/oder an das Material des Halbleiterchips 10, also beispielsweise an das Material der Halbleiterschichtenfolge 2 und/oder des Substrats 1, angepasst ist, um bei betriebsbedingten Temperaturerhöhungen des Licht emittierenden Halbleiterbauelements 100 Spannungen zwischen der Wellenlängenkonversionsschiicht 4 und der Keramikschiicht 5 zu vermeiden.

10

Die Oberfläche der Keramikschiicht 100 kann weiterhin mit einer gewünschten Rauigkeit und/oder Oberflächenstruktur hergestellt werden, wodurch im späteren Betrieb eine verbesserte Lichtauskopplung erreicht werden kann.

15

Für die Herstellung der Keramikschiicht mittels des Aerosolabscheideverfahrens wird, wie oben im allgemeinen Teil beschrieben, ein Pulver mit einem pulverförmigen Keramikmaterial bereitgestellt und einem Gasstrom zugeführt, sodass das durch das Gas und das Pulver gebildete Aerosol in einem Aerosolstrahl mittels einer Düse auf die zu beschichtende Oberfläche, die im gezeigten Ausführungsbeispiel durch die Wellenlängenkonversionsschiicht 4 gebildet wird, aufgebracht wird. Durch die hohe kinetische Energie des pulverförmigen Keramikmaterials im Aerosolstrahl findet beim Auftreffen auf die Oberfläche beziehungsweise auch schon auf der Oberfläche aufgetragenen Partikeln eine Konsolidierung, also ein "Zusammenbacken", der im Aerosol enthaltenen Partikel statt. Der Aerosolstrahl kann relativ zur zu beschichtenden Oberfläche durch eine Bewegung der Düse und/oder der Halbleiterschichtenfolge mit der Wellenlängenkonversionsschiicht bewegbar sein, sodass die Keramikschiicht flächig auf der Wellenlängenkonversionsschiicht

20

25

30

4 ausgebildet werden kann. Insbesondere kann die Keramikschicht 5 frei von weiteren, nicht keramischen Bestandteilen sein.

5 Die Keramikschicht 5 kann eines der oben im allgemeinen Teil beschriebenen Materialien, besonders bevorzugt Al_2O_3 , AlN , SiN , SiO_2 , TiO_2 , ZrO_2 oder eine Kombination oder Mischung daraus aufweisen und mit einer Dicke wie oben im allgemeinen Teil ausgebildet werden, beispielsweise mit einer Dicke im
10 Bereich von einigen zehn Mikrometern, also im Bereich von etwa 20 μm bis etwa 100 μm .

Durch das Auftreffen der Partikel des Aerosols auf die pulverartig ausgebildete Wellenlängenkonversionsschicht 4
15 kann es, zumindest an einer Oberfläche der Wellenlängenkonversionsschicht 4, auch zu einer zumindest teilweisen Durchmischung des Keramikmaterials der Keramikschicht 5 und des zumindest einen Wellenlängenkonversionsstoffs der
20 Wellenlängenkonversionsschicht 4 kommen, sodass zumindest in Teilbereichen das Keramikmaterial der Keramikschicht 5 ein Matrixmaterial für den Wellenlängenkonversionsstoff bilden kann.

25 Weiterhin kann es auch möglich sein, dass die Wellenlängenkonversionsschicht 4 als Keramikplättchen bereitgestellt und aufgebracht wird. Das Aufbringen des durch den Wellenlängenkonversionsstoff oder den Wellenlängenkonversionsstoff und ein keramisches
30 Matrixmaterial gebildeten Keramikplättchens kann, wie in Figur 1B und in Figur 1C gezeigt ist, vor dem Aufbringen der Keramikschicht 5 erfolgen. Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass die Wellenlängenkonversionsschicht 4 bildende

Keramikplättchen zuerst mit der Keramikschicht 5 mittels Aerosolabscheidung zu bedecken und anschließend das Keramikplättchen zusammen mit der Keramikschicht 5 auf der Halbleiterschichtenfolge 2 aufzubringen.

5

Weiterhin kann es möglich sein, die Keramikschicht 5 nach dem Aufbringen nachträglich noch erwärmt wird. Bei einem solchen Tempervorgang kann die Keramikschicht 5 auf eine Temperatur erwärmt werden, die bis zur Sintertemperatur des verwendeten Keramikmaterials, bevorzugt bis zu einer Temperatur deutlich unter der Sintertemperatur, gehen kann.

Mittels des beschriebenen Verfahrens kann somit ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 100 bereitgestellt werden, das auf der Licht emittierenden Halbleiterschichtenfolge 2 mit der aktiven Schicht 3 eine Wellenlängenkonversionsschicht 4 mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff und darüber eine Keramikschicht 5 aufweisen kann, wobei die Keramikschicht 5 mittels Aerosolabscheidung aufgebracht ist. Wie oben im allgemeinen Teil beschrieben ist, kann durch das unmittelbare Aufbringen der Keramikschicht 5 auf der Wellenlängenkonversionsschicht 4 die Wellenlängenkonversionsschicht 4 vor äußeren Einflüssen, beispielsweise vor Feuchtigkeit aber auch vor mechanischen Einflüssen, geschützt werden. Weiterhin kann eine verbesserte Haftung des Wellenlängenkonversionsstoffs auf der Halbleiterschichtenfolge 2 erreicht werden.

Alternativ zu einer Beschichtung eines bereits vereinzelt Halbleiterchips 10 mit der Wellenlängenkonversionsschicht 4 und der Keramikschicht 5 kann zumindest die Herstellung der Wellenlängenkonversionsschicht 4 oder auch die Herstellung der Wellenlängenkonversionsschicht 4 und die Herstellung der

Keramikschrift 5 vor dem Vereinzeln auf Wafer-Ebene stattfinden. In Figur 2 ist hierzu eine Halbleiterschichtenfolge 2 auf einem Substratwafer 1' gezeigt, auf die die Wellenlängenkonversionsschicht 4 und die
5 Keramikschrift 5 aufgebracht sind. Der Substratwafer 1' kann ein Aufwachssubstratwafer oder ein Trägersubstratwafer sein. Anschließend kann die gezeigte Schichtanordnung entlang der angedeuteten Vereinzelungslinien 99 in Halbleiterchips mit der Wellenlängenkonversionsschicht 4 und der Keramikschrift 5
10 vereinzelt werden.

In den Figuren 3A bis 6 sind weitere Ausführungsbeispiele gezeigt, die mittels der vorab beschriebenen Verfahren herstellbar sein können. Die nachfolgende Beschreibung
15 bezieht sich daher im Wesentlichen auf die Unterschiede und Modifikationen im Vergleich zu den vorherigen Ausführungsbeispielen.

In den nachfolgenden Ausführungsbeispielen sind jeweils
20 Halbleiterchips 10 gezeigt, die die in Figur 1A gezeigte Halbleiterschichtenfolge 2 mit der aktiven Schicht 3 auf dem Substrat 1 aufweisen, auch wenn diese Bezugszeichen der Übersichtlichkeit halber in den nachfolgenden Figuren nicht explizit gezeigt sind. Insbesondere die in den Figuren 3A bis
25 3C, 4 bis 6 gezeigten Ausführungsbeispiele können außerdem sowohl auf Chip-Ebene wie auch auf Wafer-Ebene gemäß den Verfahren der Figuren 1A bis 1C und der Figur 2 hergestellt werden.

30 In Figur 3A ist ein Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 101 gezeigt, bei dem die Wellenlängenkonversionsschicht 4 auf allen Oberflächen mit der Keramikschrift 5 bedeckt ist, die nach dem Aufbringen der

Wellenlängenkonversionsschicht 4 auf der Halbleiterschichtenfolge 2 freiliegen. Hierdurch kann eine allseitige Schutzfunktion durch die Keramikschicht 5 erreicht werden.

5

Um eine möglichst hermetische Abscheidung der Keramikschicht 5 zu erreichen, sollte diese der Kontur des zu beschichtenden Untergrunds möglichst gut folgen. Insbesondere an Stufen und Kanten setzt eine hermetische Kapselung eine konforme

10 Abscheidung des Keramikmaterials voraus. Da das Aerosolabscheideverfahren ein stark gerichtetes Beschichtungsverfahren ist, bei dem der Strahl mit dem pulverförmigen Keramikmaterial möglichst senkrecht auf die zu beschichtende Oberfläche auftreffen sollte, können an Stufen
15 leicht Abschattungen entstehen, die zu einer geringeren Schichtdicke, vor allem an Seitenflanken, führen können. Ein solches vermindertes laterales Schichtwachstum kann jedoch eine zuverlässig dichte Umformung von Konturen gefährden.

20 Die im Ausführungsbeispiel der Figur 3A gezeigte Keramikschicht 5 wird daher in einem Verfahren hergestellt, bei dem die Richtung des Aerosolstrahls über einen weiten Bereich von Einfallswinkeln, gemessen zur Haupterstreckungsebene der Wellenlängenkonversionsschicht 4,
25 variiert wird. Dadurch kann eine Beschichtung unter allen oder zumindest unter einem sehr großen Bereich aller vorkommenden lokalen Oberflächennormalen erfolgen, so dass die Keramikschicht 5 in einer möglichst konformen Schicht mit einer im Wesentlichen konstanten Schichtdicke, gemessen an
30 den lokal jeweils zu bestimmenden Oberflächennormalen, aufgebracht werden kann. Hierbei kann bei besonders ausgeprägten Stufen der Strahl sogar fast tangential zur

Haupterstreckungsebene der Wellenlängenkonversionsschicht 4 geführt werden.

Ein solches Aufbringen des Keramikmaterials kann

5 beispielsweise dadurch erreicht werden, dass die Sprühdüse entsprechend kontinuierlich in die verschiedenen Winkel geneigt wird oder dass das zu beschichtende Objekt unter verschiedenen Winkeln in den Abscheidestrahl gehalten wird. Bei einem sehr weit aufgefächerten Strahl kann dazu das zu
10 beschichtende Objekt drehbar auf einer sich drehenden Halbkugel platziert werden, wodurch eine gleichförmige Abscheidung erreicht werden kann. Anstelle dieser Planetenbewegung kann das zu beschichtende Objekt auch als Kreisel mit Präzession betrieben werden. Insbesondere bei
15 einem engeren Strahl, der feiner gerastert werden muss, kann das zu beschichtende Objekt auch gezielt so geneigt werden, wie die gerade zu beschichtende Teiloberfläche es erfordert. Diese Art der Kontrolle ermöglicht es, die Keramikschicht 5 besonders wirtschaftlich aufzubringen, da der Anteil des
20 Pulvers klein gehalten wird, der unter ungünstigen Winkeln auf die Oberfläche auftrifft und nicht zum Schichtwachstum beiträgt. Dazu kann es hilfreich sein, die zu beschichtende Oberfläche durch laterale Verschiebung stets in einer einigermaßen euzentrischen Position zu halten.

25

In Figur 3B ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 102 gezeigt, bei dem die Keramikschicht 5 im Vergleich zum Ausführungsbeispiel der Figur 3A nicht nur auf der Wellenlängenkonversionsschicht 4,
30 sondern auch auf Seitenflächen des Halbleiterchips 10 aufgebracht ist. Die Seitenflächen des Halbleiterchips 10 können beispielsweise wie in Figur 3B erkennbar durch Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge 2 sowie des

Substrats 1 gebildet werden. Alternativ hierzu ist es auch möglich, dass die Keramikschicht 5 zusätzlich zur Wellenlängenkonversionsschicht 4 lediglich auf Seitenflächen der Halbleiterschichtenfolge aufgebracht wird.

5

In Figur 3C ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge 103 gezeigt, bei der sowohl die Wellenlängenkonversionsschicht 4 als auch die Keramikschicht 5 zusätzlich zur Lichtauskoppelfläche 20 auf
10 Seitenflächen des Halbleiterchips 10 aufgebracht sind.

In Figur 3D ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 104 gezeigt, bei dem ein wie bereits oben erwähnter Träger 7 vorgesehen ist, auf
15 dem der Halbleiterchip 10 aufgebracht ist. Die Keramikschicht 5 erstreckt sich in diesem Ausführungsbeispiel über die Wellenlängenkonversionsschicht 4 und über Seitenflächen des Halbleiterchips 10 bis auf einen Oberflächenbereich der Montagefläche des Trägers 6, auf der der Halbleiterchip 10
20 angeordnet und montiert ist.

In Figur 3E ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 105 gezeigt, bei dem sich zusätzlich zur Keramikschicht 5 auch die
25 Wellenlängenkonversionsschicht 4 bis zum Träger 7 erstreckt.

In Figur 4 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 106 gezeigt, bei dem vor dem Aufbringen der Wellenlängenkonversionsschicht 4 auf der
30 Halbleiterschichtenfolge 2 eine weitere transparente Keramikschicht 6 mittels eines Aerosolabscheideverfahrens aufgebracht wird. Die weitere Keramikschicht 6 kann insbesondere zur Verbesserung einer Haftung der

Wellenlängenkonversionsschicht 4 auf der Halbleiterschichtenfolge 2 führen.

In Figur 5 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein Licht emittierendes Halbleiterbauelement 107 gezeigt, das zusätzlich über der Keramikschicht 5 eine weitere Wellenlängenkonversionsschicht 4' sowie eine weitere mittels Aerosolabscheidung aufgebraachte Keramikschicht 5' aufweist. Weiterhin können noch weitere

Wellenlängenkonversionsschichten und/oder Keramikschichten vorhanden sein. Durch eine derartige sequenzielle Beschichtung der Halbleiterschichtenfolge kann beispielsweise eine genaue Farbsteuerung während des Herstellungsprozesses ermöglicht werden, wodurch sich der Farbtort des vom Licht emittierenden Halbleiterbauelements im Betrieb abgestrahlten Lichts optimieren lässt.

In Figur 6 ist ein weiteres Ausführungsbeispiel einer Keramikschicht 5 auf einer Wellenlängenkonversionsschicht 4 gezeigt, wobei die Keramikschicht 5 Streupartikel 50 aufweist, die einen vom Keramikmaterial der Keramikschicht 5 unterschiedlichen Brechungsindex aufweisen. Die Streupartikel können beispielsweise wie oben im allgemeinen Teil beschrieben ausgeführt sein. Alternativ oder zusätzlich ist es auch möglich, dass, wie oben im allgemeinen Teil beschrieben ist, Streupartikel 50 in der Wellenlängenkonversionsschicht 4 vorhanden.

Die in den Figuren gezeigten Ausführungsbeispiele können gemäß weiteren Ausführungsbeispielen auch miteinander kombiniert werden, auch wenn solche Kombinationen nicht explizit in Verbindung mit den Figuren beschrieben sind. Weiterhin können die in den Figuren gezeigten

Ausführungsbeispiele alternativ oder zusätzlich weitere oben im allgemeinen Teil beschriebene Merkmale aufweisen.

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

Patentansprüche

1. Licht emittierendes Halbleiterbauelement, aufweisend
 - eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge (2) mit
 - 5 einer aktiven Schicht (3), die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Halbleiterbauelements Licht abzustrahlen,
 - eine Wellenlängenkonversionsschicht (4) mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff auf der Halbleiterschichtenfolge (2) und
 - 10 - eine Keramikschrift (5) auf der Wellenlängenkonversionsschicht (4), die mittels Aerosolabscheidung aufgebracht ist.
2. Halbleiterbauelement nach Anspruch 1, wobei die
- 15 Keramikschrift (5) aus einem transparenten Keramikmaterial gebildet ist.
3. Halbleiterbauelement nach Anspruch 2, wobei die Keramikschrift (5) ein Oxid, Nitrid oder Oxinitrid mit
- 20 Aluminium, Silizium, Titan oder Zirkon, bevorzugt, Al_2O_3 , AlN , SiN , SiO_2 , TiO_2 und/oder ZrO_2 , aufweist.
4. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei auf der Halbleiterschichtenfolge (2)
- 25 eine weitere transparente Keramikschrift (6) mittels eines Aerosolabscheideverfahrens aufgebracht ist, auf der die Wellenlängenkonversionsschicht (4) aufgebracht ist.
- 30 5. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei eine Mehrzahl von Keramikschriften (5, 5', 6) und/oder eine Mehrzahl von

Wellenlängenkonversionsschichten (4, 4') abwechselnd aufeinander aufgebracht werden.

6. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen
5 Ansprüche, wobei der Wellenlängenkonversionsstoff zwischen der Halbleiterschichtenfolge (2) und der Keramikschicht (5) pulverförmig vorliegt.
7. Halbleiterbauelement nach einem der vorherigen
10 Ansprüche, wobei die Keramikschicht (5) und/oder die Wellenlängenkonversionsschicht (4) Streupartikel (50) enthält.
8. Verfahren zur Herstellung eines Licht emittierenden
15 Halbleiterbauelements gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem
- eine Licht emittierende Halbleiterschichtenfolge (2) mit einer aktiven Schicht (3) bereitgestellt wird, die dazu eingerichtet ist, im Betrieb des Halbleiterbauelements
20 Licht abzustrahlen,
 - eine Wellenlängenkonversionsschicht (4) mit zumindest einem Wellenlängenkonversionsstoff auf der Halbleiterschichtenfolge (2) aufgebracht wird und
 - auf der Wellenlängenkonversionsschicht (4) eine
25 Keramikschicht (5) mittels eines Aerosolabscheideverfahrens aufgebracht wird.
9. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der
30 Wellenlängenkonversionsstoff in Pulverform aufgebracht wird.

10. Verfahren nach Anspruch 9, bei dem der Wellenlängenkonversionsstoff vor dem Aufbringen in Phosphorsäure gewaschen wird.
- 5 11. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem der Wellenlängenkonversionsstoff durch Sedimentation, Aufstreuen oder durch elektrophoretische Deposition aufgebracht wird.
- 10 12. Verfahren nach Anspruch 11, bei dem eine Sedimentationslösung mit dem Wellenlängenkonversionsstoff und einem Bindemittel bereitgestellt und zur Bildung der Wellenlängenkonversionsschicht (4) aufgebracht wird.
- 15 13. Verfahren nach Anspruch 8, bei dem die Wellenlängenkonversionsschicht (4) als Keramikplättchen bereitgestellt und aufgebracht wird.
- 20 14. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Keramikschicht (5) auf dem Keramikplättchen aufgebracht wird, bevor das Keramikplättchen auf der Halbleiterschichtenfolge (2) aufgebracht wird.
- 25 15. Verfahren nach Anspruch 13, bei dem die Keramikschicht auf dem bereits auf der Halbleiterschichtenfolge (2) aufgebrachten Keramikplättchen aufgebracht wird.

FIG. 1A

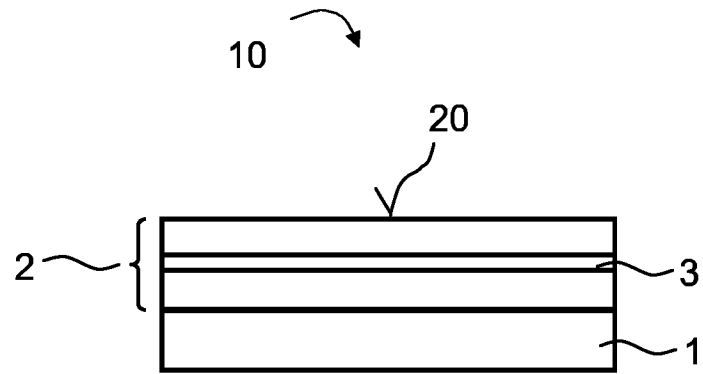


FIG. 1B

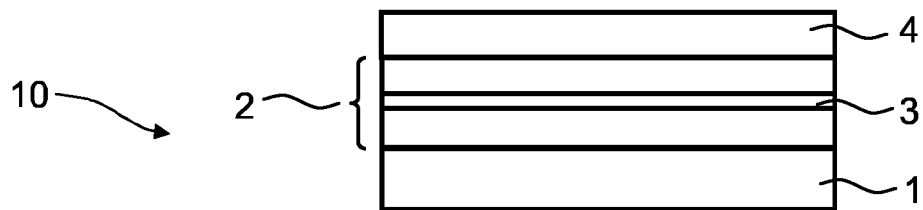


FIG. 1C

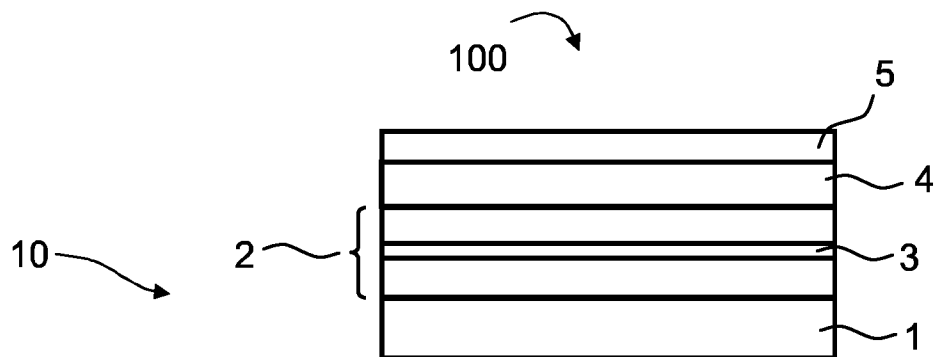


FIG. 2

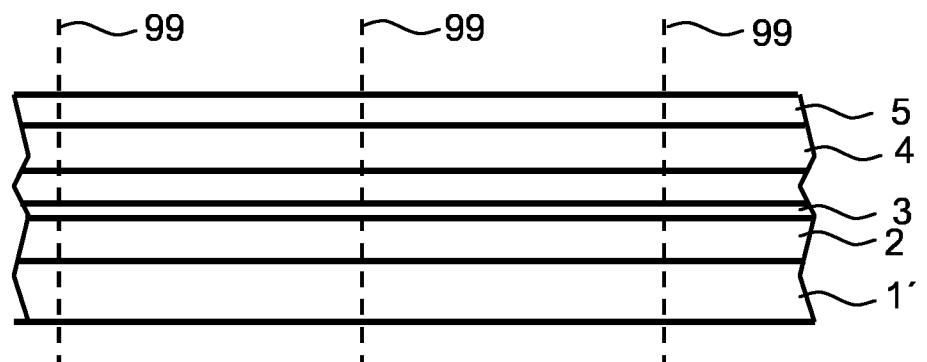


FIG. 3A

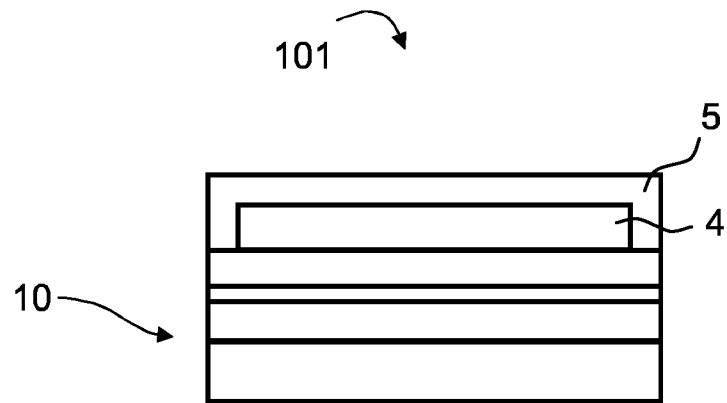


FIG. 3B

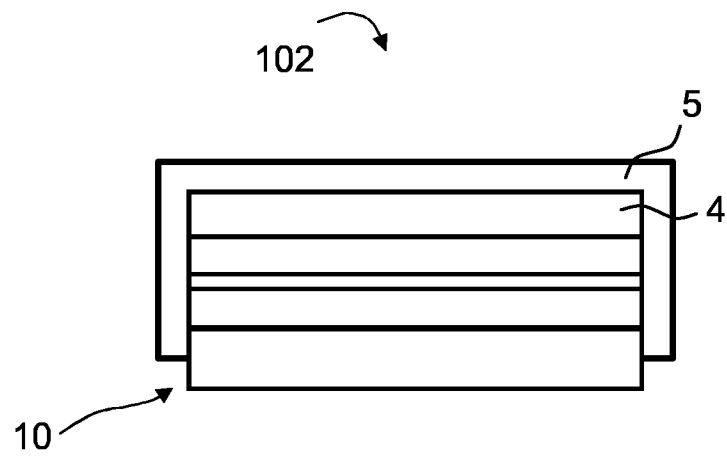


FIG. 3C

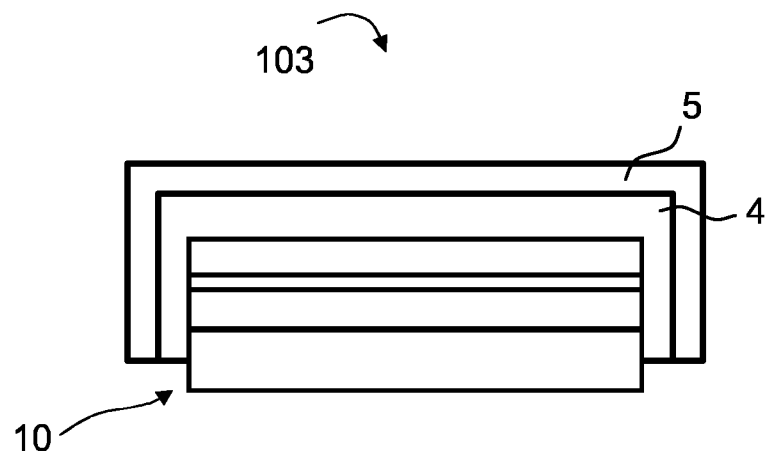


FIG. 3D

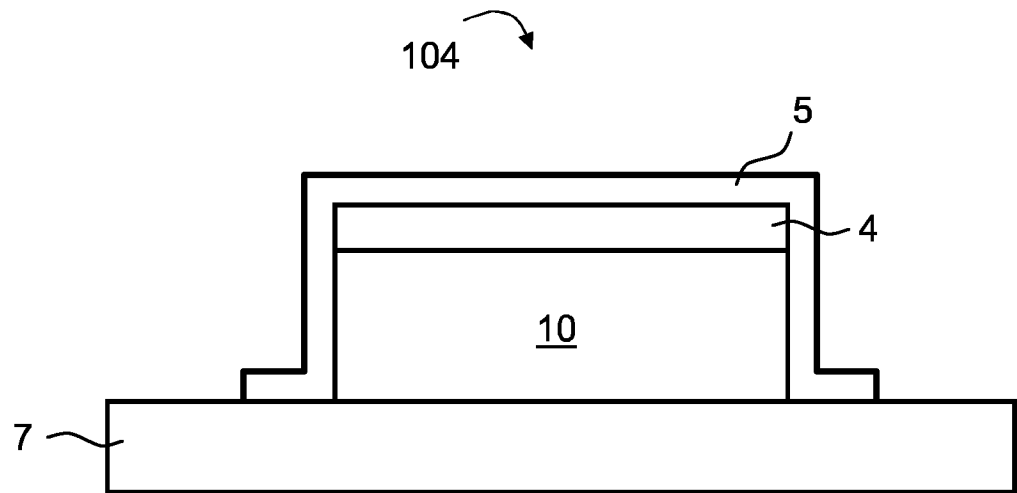


FIG. 3E

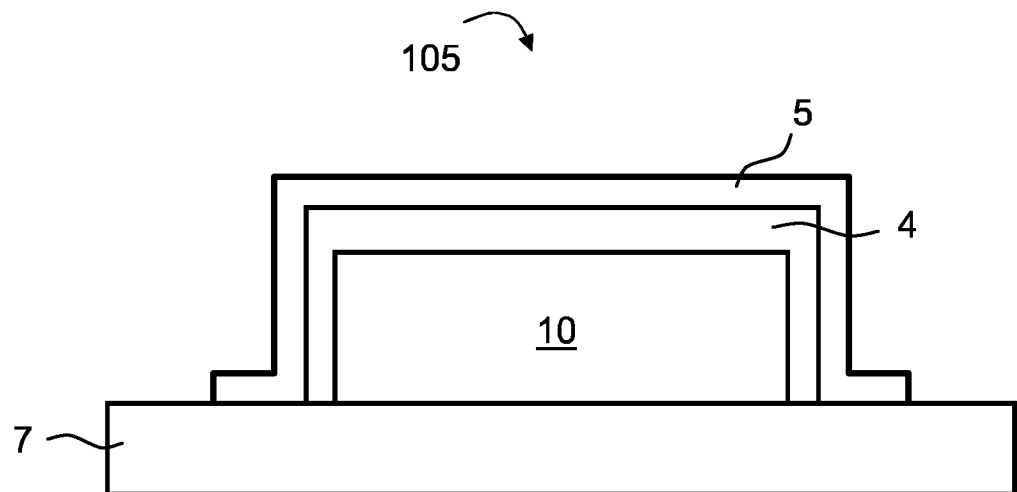


FIG. 4

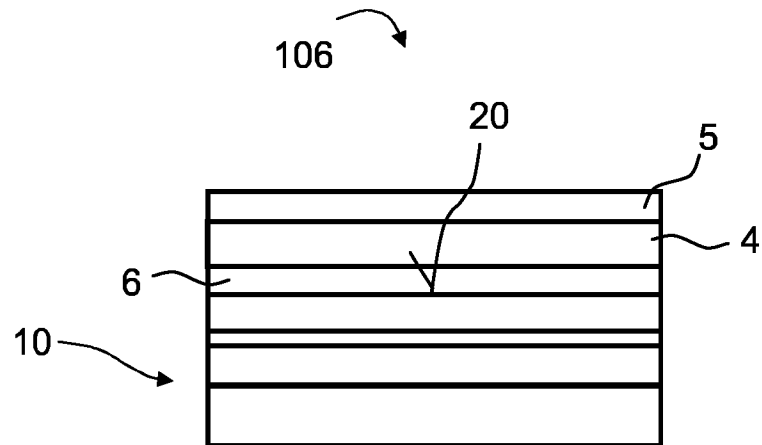


FIG. 5

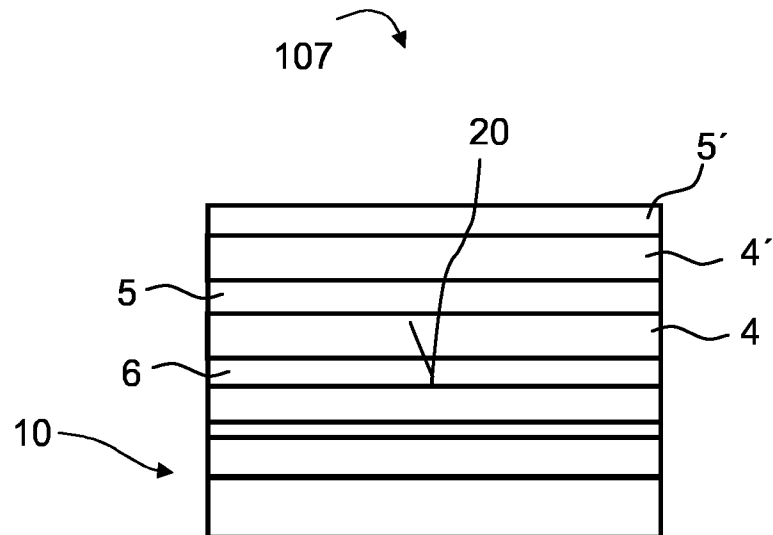
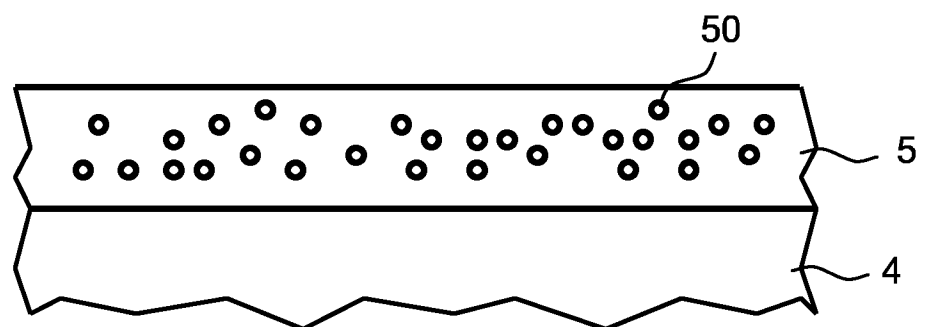


FIG. 6



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/066727

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L33/50
ADD.

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

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)
H01L

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

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

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007/176194 A1 (WAKAMATSU HIDEAKI [JP] ET AL) 2 August 2007 (2007-08-02) paragraph [0021] - paragraph [0040]; figures 1,2	1-15
X	----- WO 2010/140411 A1 (KONICA MINOLTA OPTO INC [JP]; ADACHI HITOSHI [JP]) 9 December 2010 (2010-12-09) abstract; claim 1; figure 1	1-15
A	----- WO 2011/097137 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]; PAN GUANG [US]; FUJII HIRONAKA [US]; MIYAGAWA H) 11 August 2011 (2011-08-11) paragraph [0038] - paragraph [0096]; figures 3-13	1-15
	----- -/-	



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents :

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

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

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

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

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

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

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

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

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

29 October 2013

Date of mailing of the international search report

07/11/2013

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

Krause, Joachim

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2013/066727

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	JP 2010 283214 A (KONICA MINOLTA OPTO INC) 16 December 2010 (2010-12-16) abstract; figures 1,2 -----	1-15
A	JUN AKEDO: "Room Temperature Impact Consolidation (RTIC) of Fine Ceramic Powder by Aerosol Deposition Method and Applications to Microdevices", JOURNAL OF THERMAL SPRAY TECHNOLOGY, vol. 17, no. 2, 1 June 2008 (2008-06-01), pages 181-198, XP055060029, ISSN: 1059-9630, DOI: 10.1007/s11666-008-9163-7 the whole document -----	1-15
A	KR 2012 0021535 A (SNU R&AMP DB FOUNDATION [KR]) 9 March 2012 (2012-03-09) paragraph [0016] - paragraph [0025]; figure 1 -----	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2013/066727

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2007176194 A1	02-08-2007	US 2007176194 A1	02-08-2007
		WO 2005124878 A1	29-12-2005

WO 2010140411 A1	09-12-2010	NONE	

WO 2011097137 A1	11-08-2011	CN 102782089 A	14-11-2012
		EP 2531571 A1	12-12-2012
		JP 2013518797 A	23-05-2013
		KR 20130008525 A	22-01-2013
		TW 201135985 A	16-10-2011
		US 2011210658 A1	01-09-2011
		WO 2011097137 A1	11-08-2011

JP 2010283214 A	16-12-2010	NONE	

KR 20120021535 A	09-03-2012	NONE	

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

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

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

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/176194 A1 (WAKAMATSU HIDEAKI [JP] ET AL) 2. August 2007 (2007-08-02) Absatz [0021] - Absatz [0040]; Abbildungen 1,2	1-15
X	----- WO 2010/140411 A1 (KONICA MINOLTA OPTO INC [JP]; ADACHI HITOSHI [JP]) 9. Dezember 2010 (2010-12-09) Zusammenfassung; Anspruch 1; Abbildung 1	1-15
A	----- WO 2011/097137 A1 (NITTO DENKO CORP [JP]; PAN GUANG [US]; FUJII HIRONAKA [US]; MIYAGAWA H) 11. August 2011 (2011-08-11) Absatz [0038] - Absatz [0096]; Abbildungen 3-13	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 er-
scheinen 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

29. Oktober 2013

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

07/11/2013

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

Krause, Joachim

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	JP 2010 283214 A (KONICA MINOLTA OPTO INC) 16. Dezember 2010 (2010-12-16) Zusammenfassung; Abbildungen 1,2 -----	1-15
A	JUN AKEDO: "Room Temperature Impact Consolidation (RTIC) of Fine Ceramic Powder by Aerosol Deposition Method and Applications to Microdevices", JOURNAL OF THERMAL SPRAY TECHNOLOGY, Bd. 17, Nr. 2, 1. Juni 2008 (2008-06-01), Seiten 181-198, XP055060029, ISSN: 1059-9630, DOI: 10.1007/s11666-008-9163-7 das ganze Dokument -----	1-15
A	KR 2012 0021535 A (SNU R&AMP DB FOUNDATION [KR]) 9. März 2012 (2012-03-09) Absatz [0016] - Absatz [0025]; Abbildung 1 -----	1-15

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2013/066727

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007176194	A1	02-08-2007	US 2007176194 A1	02-08-2007
			WO 2005124878 A1	29-12-2005

WO 2010140411	A1	09-12-2010	KEINE	

WO 2011097137	A1	11-08-2011	CN 102782089 A	14-11-2012
			EP 2531571 A1	12-12-2012
			JP 2013518797 A	23-05-2013
			KR 20130008525 A	22-01-2013
			TW 201135985 A	16-10-2011
			US 2011210658 A1	01-09-2011
			WO 2011097137 A1	11-08-2011

JP 2010283214	A	16-12-2010	KEINE	

KR 20120021535	A	09-03-2012	KEINE	
