



(10) **DE 10 2013 105 480 B4** 2021.11.04

(12)

Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2013 105 480.3**

(22) Anmeldetag: **28.05.2013**

(43) Offenlegungstag: **28.11.2013**

(45) Veröffentlichungstag
der Patenterteilung: **04.11.2021**

(51) Int Cl.: **H01L 33/22 (2010.01)**

Innerhalb von neun Monaten nach Veröffentlichung der Patenterteilung kann nach § 59 Patentgesetz gegen das Patent Einspruch erhoben werden. Der Einspruch ist schriftlich zu erklären und zu begründen. Innerhalb der Einspruchsfrist ist eine Einspruchsgebühr in Höhe von 200 Euro zu entrichten (§ 6 Patentkostengesetz in Verbindung mit der Anlage zu § 2 Abs. 1 Patentkostengesetz).

(30) Unionspriorität:
101119052 28.05.2012 TW

(73) Patentinhaber:
Epistar Corporation, Hsinchu, TW

(74) Vertreter:
**TER MEER STEINMEISTER & PARTNER
PATENTANWÄLTE mbB, 80335 München, DE**

(72) Erfinder:
**Fu, Jenn-Hwa, Hsinchu, TW; Li, Cheng-Hsien,
Hsinchu, TW; Huang, Chi-Hao, Hsinchu, TW**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

US	2011 / 0 278 538	A1
JP	2010- 92 936	A
JP	2011- 118 328	A

(54) Bezeichnung: **Licht-emittierende Vorrichtung und Herstellverfahren derselben**

(57) Hauptanspruch: Eine Licht-emittierende Vorrichtung
(100) mit:

einem Substrat (101) mit einer gemusterten Grenzfläche
(1011) aus einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die
in einer Matrixform angeordnet sind,

wobei die Vielzahl von gemusterten Abschnitten erste Ab-
schnitte (A (x,y)) und zweite Abschnitte (A (x,y)) aufweist,
wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) durch einen x-Wert in
einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer verti-
kalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von
x-Wert und y-Wert in jedem der ersten Abschnitte (A (x,y))
gerade ist,

wobei die zweiten Abschnitte (A (x,y)) durch einen x-Wert in
einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer verti-
kalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von
x-Wert und y-Wert in jedem der zweiten Abschnitte (A (x,y))
) ungerade ist,

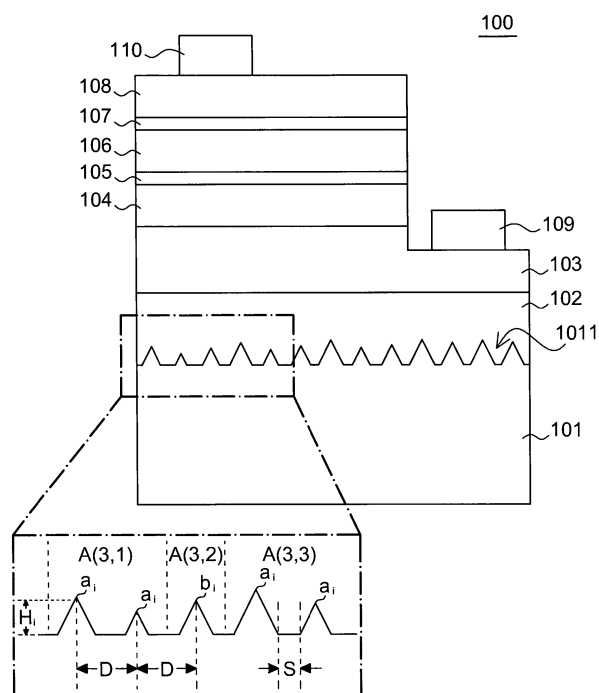
wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) jeweils eine Vielzahl
von gemusterten Strukturen einer ersten Gruppe (a_i) aufwei-
sen, die darin gebildet sind,

wobei die zweiten Abschnitte (A (x,y)) jeweils eine Vielzahl
von gemusterten Strukturen einer zweiten Gruppe (b_i) auf-
weisen, die darin gebildet sind,

wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) und die zweiten Ab-
schnitte (A (x,y)) voneinander beabstandet und/oder anein-
andergrenzend angeordnet sind,

wobei immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf
der gemusterten Grenzfläche (1011) zumindest ein unter-
schiedliches Merkmal aufweisen,

wobei mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der
ersten Gruppe (a_i) in immer zwei beliebigen ...



Beschreibung**Zusammenfassung der Erfindung****Technisches Gebiet**

[0001] Die vorliegende Erfindung betrifft eine licht-emittierende Vorrichtung und ein Herstellungsverfahren derselben.

Hintergrund der Erfindung

[0002] In den letzten Jahren wurden Anstrengungen unternommen, um die Leuchtkraft von LEDs zu verbessern, um die Vorrichtung auf dem Beleuchtungsgebiet zu etablieren, und um ferner das Ziel einer Energieersparnis und einer Kohlenstoffreduktion zu erreichen. Die Steigerung der Leuchtkraft beruht auf einer Verbesserung der internen Quanteneffizienz (IQE) durch Verbessern der Qualität von Epitaxieschichten, um die Rekombinationsrate von Elektronen und Löchern zu erhöhen. Ein anderer Weg besteht darin, die Lichtextraktionseffizienz (LEE) durch effektives Leiten des Lichts, das von der licht-emittierenden Schicht emittiert wird, aus der Vorrichtung heraus zu verbessern und den Betrag des Lichtes zu verringern, der von der Struktur der licht-emittierenden Vorrichtung intern absorbiert wird.

[0003] Eine Oberflächenrauigkeitstechnik dient als einer der effektiven Wege, um die Leuchtkraft zu verbessern. Ein gängiges Verfahren des Oberflächenrauigkeitsaufbaus ist ein mechanisches Polieren der Oberfläche des Substrats, um eine zufallsverteilte raue Oberfläche auszubilden. JP 2011 - 118 328 A zeigt ein Verfahren zur Bereitstellung eines Musters mit hervorragender Gleichmäßigkeit und hervorragendem Zufallsverhalten. JP 2010 - 92 936 A zeigt eine Halbleitervorrichtung mit hoher Lichtausbeute in einer zusammengesetzten Halbleiterschicht, die auf einem Saphirsubstrat wächst. US 2011 / 0 278 538 A1 zeigt eine Halbleitervorrichtung und eine Methodik zur Herstellung dieser mit einem Muster einer leitenden Halbleiterschicht eines ersten und eines zweiten Typs, das auf zumindest einer lichtemittierenden Oberfläche einer lichtemittierenden Struktur gebildet wird.

[0004] Der Stand der Technik zeigt jedoch kein Verfahren, um die Rauigkeit der Oberflächen in unterschiedlichen Abschnitten effektiv zu steuern, wie z.B. eine Tiefe oder Breite, wodurch die Reproduzierbarkeit verschlechtert wird. Außerdem ist es schwierig, die Qualität der Epitaxieschichten zu steuern. Damit werden wahrscheinlicher Epitaxieschichten von schlechter Qualität erzeugt, falls Epitaxieschichten auf der ungleichförmigen Oberfläche in der Massenproduktion ausgebildet werden.

[0005] Die vorliegende Erfindung stellt eine Licht-emittierende Vorrichtung bereit mit einer gemusterten Grenzfläche aus einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Vielzahl von gemusterten Abschnitten erste Abschnitte und zweite Abschnitte aufweist, wobei die ersten Abschnitte durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der ersten Abschnitte gerade ist, wobei die zweiten Abschnitte durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der zweiten Abschnitte ungerade ist, wobei die ersten Abschnitte jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer ersten Gruppe aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die zweiten Abschnitte jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer zweiten Gruppe aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die ersten Abschnitte und die zweiten Abschnitte voneinander beabstandet und/oder aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche zumindest ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wobei mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der ersten Gruppe in immer zwei beliebigen der ersten Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen ersten Abschnitte angeordnet ist und mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der zweiten Gruppe in immer zwei beliebigen der zweiten Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen zweiten Abschnitte angeordnet ist.

[0006] Der andere Gesichtspunkt der vorliegenden Erfindung stellt ein Herstellungsverfahren der Licht-emittierenden Vorrichtung nach einem der vorherigen Ansprüche bereit, das die Schritte umfasst: Bereitstellen eines Substrats, Erzeugen einer Zufallsmusteranordnung gemäß einer Simulation, Ausbilden einer Maske mit dem auf dem Substrat angeordneten Zufallsmuster, und Abtragen eines Bereichs des Substrats, wodurch die Oberfläche des Substrats die Zufallsmusteranordnung auf diesem aufweist, wobei eine nach diesem Verfahren hergestellte Licht-emittierende Vorrichtung das Substrat mit einer gemusterten Grenzfläche aus einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, aufweist, wobei die Vielzahl von gemusterten Abschnitten erste Abschnitte und zweite Abschnitte aufweist, wobei die ersten Abschnitte durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der ersten Abschnitte gerade ist, wobei die zweiten Abschnitte durch einen x-Wert in einer hori-

zontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der zweiten Abschnitte ungerade ist, wobei die ersten Abschnitte jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer ersten Gruppe (ai) aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die zweiten Abschnitte jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer zweiten Gruppe aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die ersten Abschnitte und die zweiten Abschnitte voneinander beabstandet und/oder aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche (zumindest ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wobei mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der ersten Gruppe in immer zwei beliebigen der ersten Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen ersten Abschnitte angeordnet ist und mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der zweiten Gruppe in immer zwei beliebigen der zweiten Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen zweiten Abschnitte angeordnet ist. Bei einer Ausführungsform umfasst die Simulation eine Monte-Carlo-Simulation.

Figurenliste

Fig. 1 zeigt eine Querschnittsansicht der licht-emittierenden Vorrichtung gemäß einer Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 2A bis Fig. 2E zeigen Formen gemäß den Draufsichten der ersten bis fünften Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 3A bis Fig. 3D zeigen einen Verarbeitungsaufbau des Herstellverfahrens der licht-emittierenden Vorrichtung gemäß der ersten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Fig. 4A bis Fig. 4D zeigen einen Verarbeitungsaufbau des Herstellverfahrens der licht-emittierenden Vorrichtung gemäß der zweiten Ausführungsform der vorliegenden Erfindung.

Detaillierte Beschreibung der bevorzugten Ausführungsformen

[0007] Die **Fig. 1** zeigt eine licht-emittierende Vorrichtung **100** gemäß der vorliegenden Erfindung, die ein Wachstumssubstrat **101**, eine undotierte Halbleiterschicht **102**, die auf dem Wachstumssubstrat **101** epitaktisch ausgebildet ist, eine erste Kontaktschicht **103**, die mit einem ersten Fremdmaterial dotiert und auf der undotierten Halbleiterschicht **102** ausgebildet ist, eine erste Hüllschicht **104**, die mit dem ersten Fremdmaterial dotiert und auf der ersten Kontaktschicht **103** ausgebildet ist, eine aktive Schicht **105**, die auf der ersten Hüllschicht **104** epitaktisch aufgewachsen ist, wobei die aktive Schicht **105** betrieben werden kann um Licht mit einer ersten

dominanten Wellenlänge zu emittieren, eine zweite Hüllschicht **106**, die auf der aktiven Schicht **105** epitaktisch ausgebildet ist, eine zweite Kontaktschicht **107**, die mit einem zweiten Fremdmaterial dotiert ist und auf der zweiten Hüllschicht **106** epitaktisch aufgewachsen ist, eine Stromverteilungsschicht **108**, die auf der zweiten Kontaktschicht **107** ausgebildet ist und einen ohmschen Kontakt mit der zweiten Kontaktschicht **107** ausbildet, eine erste Elektrode **109**, die auf der freigelegten ersten Kontaktschicht **103** durch Aufdampfen oder Sputtern ausgebildet ist, und eine zweite Elektrode **110** aufweist, die auf der Stromverteilungsschicht **108** durch Aufdampfen oder Sputtern ausgebildet ist. Bei dieser Ausführungsform sind das Wachstumssubstrat **101** und der Epitaxieschichtstapel einzelkristalline Strukturen, wobei der Epitaxieschichtstapel die erste Hüllschicht **104**, die erste Kontaktschicht **103**, die aktive Schicht **105**, die zweite Hüllschicht **106**, die zweite Kontaktschicht **107** und die Stromverteilungsschicht **108** aufweist.

[0008] Die gemusterte Grenzfläche **1011** ist zwischen dem Wachstumssubstrat **101** und der undotierten Halbleiterschicht **102** angeordnet. Die gemusterte Grenzfläche **1011** besteht aus vorbestimmten gemusterten Strukturen mit einer vorbestimmten Anzahl n, wobei die vorbestimmten gemusterten Strukturen sich voneinander unterscheiden. Die vorbestimmten gemusterten Strukturen in der gemusterten Grenzfläche **1011** können Kegel oder Pyramiden sein und eine vorbestimmte Anzahl n aufweisen. Die vorbestimmte Anzahl n liegt in einem Bereich von 10 bis 100, oder vorzugsweise in einem Bereich von 10 bis 50. Bei dieser Ausführungsform sind die von dem Wachstumssubstrat **101** überstehenden, vorbestimmten, gemusterten Strukturen unterschiedlich voneinander, wobei die Vielzahl der gemusterten Strukturen in eine erste Gruppe und eine zweite Gruppe eingeteilt werden kann. Die gemusterten Strukturen a_i bezeichnen die gemusterten Strukturen der ersten Gruppe und die gemusterten Strukturen b_i bezeichnen die gemusterten Strukturen der zweiten Gruppe. Immer zwei gemusterte Strukturen a_i der ersten Gruppe weisen mindestens ein unterschiedliches Merkmal, wie Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale auf. Auf ähnliche Weise weisen immer zwei beliebige gemusterte Strukturen b_i der zweiten Gruppe mindestens ein unterschiedliches Merkmal auf, wie z.B. Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale. Darüber hinaus weist jede beliebige aus der ersten Gruppe ausgewählte gemusterte Struktur mindestens ein Merkmal auf, das sich von jeder gemusterten Struktur aus der zweiten Gruppe unterscheidet, wie zum Beispiel Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale. Mehrere gemusterte Strukturen a_i der ersten Gruppe und mehrere gemusterte Strukturen b_i der zweiten Gruppe sind sich wiederholend angeordnet auf unterschiedlichen oder nicht überlappenden Bereichen der gemusterten Grenzfläche **1011**. Die Strukturgröße

ße der gemusterten Strukturen liegt zwischen 0,5 µm bis 10 µm. Die Strukturgröße bei der vorliegenden Erfindung bezeichnet den längst möglichen Abstand zwischen zwei Punkten auf dem Umfang oder Rand der gemusterten Struktur. Beispielsweise bezeichnet die Strukturgröße eines Kreises seinen Durchmesser; die Strukturgröße eines Rechtecks bezeichnet seine Diagonale. Die Ausführungsformen der gemusterten Grenzfläche werden unten im Detail beschrieben.

[0009] Die **Fig. 2A** offenbart eine erste Ausführungsform der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der **Fig. 1** mit einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Position von jedem gemusterten Abschnitt festgelegt wird durch $A(x,y)$, mit $1 \leq x \leq m$, $1 \leq y \leq n$, wobei x und y jeweils den Wert einer Koordinate in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung wiedergeben, und x , y , m und n positive ganze Zahlen sind, während m und n von der Chipgröße der lichtemittierenden Vorrichtung festgelegt werden. Wenn die Summe von x und y in einem Abschnitt $A(x,y)$ gerade ist, wie zum Beispiel bei den Abschnitten $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$, $A(3,1)$ und $A(3,3)$, weist der Abschnitt eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_i der ersten Gruppe auf. Wenn die Summe von x und y in einem Abschnitt $A(x,y)$ ungerade ist, wie zum Beispiel bei den Abschnitten $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, weist der Abschnitt eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_i der zweiten Gruppe auf. Somit sind die Abschnitte mit den mehreren gemusterten Strukturen a_i der ersten Gruppe und die Abschnitte mit den mehreren gemusterten Strukturen b_i der zweiten Gruppe voneinander beabstandet angeordnet und/oder grenzen aneinander an, sodass immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der strukturierten Grenzfläche **1011** mindestens ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wie z.B. Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale. Bei dieser Ausführungsform umfasst $A(1,1)$ sechs gemusterte Strukturen a_1 bis a_6 mit einer kreisrunden Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern, wobei der Abstand D zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ungefähr 1 µm bis 10 µm beträgt, und der kleinste Abstand S zwischen zwei benachbarten gemusterten Strukturen nicht kleiner als 0,1 µm ist und vorzugsweise zwischen 0,1 µm bis 5 µm liegt. $A(2,1)$ umfasst auch sechs gemusterte Strukturen b_1 bis b_6 mit kreisrunder Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern, wobei D ein Abstand zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist, und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen nicht kleiner als 0,1 µm ist und vorzugsweise zwischen 0,1 µm bis 5 µm liegt. Darüber hinaus erfüllen die Strukturgrößen (Durchmesser) r_1 bis r_6 der gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 die folgende Gleichung:

$$r_i = r_m + (2i - 2) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \dots n$;

die Durchmesser R_1 bis R_6 von b_1 bis b_6 erfüllen auch die folgende Gleichung:

$$R_i = r_m + (2i - 1) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \dots n$;

wobei r_m und r_M jeweils den kleinsten Durchmesser und den größten Durchmesser der gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 und der gemusterten Strukturen b_1 bis b_6 bezeichnen. $2n$ gibt die Gesamtzahl der gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 und b_1 bis b_6 an, was in dieser Ausführungsform 12 entspricht, also $2n = 12$. Beispielsweise betragen, wenn r_m und r_M 1,9 µm bzw. 3,0 µm betragen, r_1 bis r_6 1,9 µm, 2,1 µm, 2,3 µm, 2,5 µm, 2,7 µm bzw. 2,9 µm, wobei $r_1 = r_m$ und ein Abstand zwischen zwei beliebigen benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Werts ist; R_1 bis R_6 betragen 2,0 µm, 2,2 µm, 2,4 µm, 2,6 µm, 2,8 µm bzw. 3,0 µm, wobei $R_6 = r_M$ ist und ein Abstand zwischen zwei beliebigen benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Werts ist.

[0010] Bei dieser Ausführungsform umfasst jeder Abschnitt $A(x,y)$, bei dem die Summe von x und y gerade ist, eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 aus der ersten Gruppe. Allerdings ist die Anordnung der gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 in diesen Abschnitten unterschiedlich, zum Beispiel sind die gemusterten Strukturen mit demselben Durchmesser an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnung der gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 in den Abschnitten $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$ und $A(3,1)$, was bedeutet, dass mindestens eine selbe gemusterte Struktur in immer zwei beliebigen der obigen Abschnitten an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem Abschnitt angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte, bei denen eine Summe aus x und y gerade ist, kleiner als die Fakultät von 6 ($6!$), was 720 ergibt. Mittels eines gängigen Verfahrens der Zufallsberechnung, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen a_1 bis a_6 in den Abschnitten unterschiedlich angeordnet werden. Auf ähnliche Weise umfasst, wenn ein Abschnitt $A(x,y)$ eine ungerade Summe von x und y aufweist, dieser eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_1 bis b_6 aus der zweiten Gruppe, die in unterschiedlichen Abschnitten unterschiedlich angeordnet sind. Beispielsweise sind dieselben gemusterten Strukturen an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anord-

nungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_6 in den Abschnitten A(2,1), A(1,2), A(2,3) und A(3,2), was bedeutet, dass mindestens eine selbe gemusterte Struktur in zwei der oben genannten Abschnitten an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem Abschnitt angeordnet sind. Mittels eines gängigen Verfahrens der Zufallsberechnung, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, können die Abschnitte unterschiedlich angeordnet werden. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte, bei denen die Summe aus x und y ungerade ist, kleiner als die Fakultät von 6 ($6!$), was 720 entspricht. Obwohl die gemusterte Grenzfläche **1011** begrenzte, vorbestimmte und unterschiedliche Musterstrukturen aufweist, die sich wiederholend in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind, wie bei der Ausführungsform offenbart, kann mindestens ein unterschiedliches Merkmal in zwei beliebigen benachbarten gemusterten Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** gefunden werden. Im Vergleich mit einer gemusterten Struktur von einem Kreis, wird die Effizienz der Lichtextraktion in der oben offenbarten Ausführungsform verbessert, da sich das von der aktiven Schicht **105** emittierte Licht zu der gemusterten Grenzfläche **1011** gleichmäßig ausbreiten kann.

[0011] Die **Fig. 2B** offenbart ferner eine zweite Ausführungsform der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der **Fig. 1**, die eine Vielzahl von gemusterten Abschnitten aufweist, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Position von jedem gemusterten Abschnitt festgelegt ist als $A(x,y)$, mit $1 \leq x \leq m$, $1 \leq y \leq n$, wobei x und y jeweils den Werten von Koordinaten in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung entsprechen. x , y , m und n sind positive ganze Zahlen, wobei m und n von der Chipgröße der licht-emittierenden Vorrichtung festgelegt werden. Wenn die Summe von x und y in einem Abschnitt $A(x,y)$ gerade ist, wie z.B. bei den Abschnitten A(1,1), A(1,3), A(2,2), A(3,1) und A(3,3), umfasst der Abschnitt $A(x,y)$ eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe. Wenn die Summe von x und y in einem Abschnitt $A(x,y)$ ungerade ist, wie z.B. bei den Abschnitten A(2,1), A(1,2), A(2,3) und A(3,2), umfasst der Abschnitt $A(x,y)$ eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe. Somit sind die Abschnitte mit einer Vielzahl von gemusterten Strukturen aus der ersten Gruppe und die Abschnitte mit einer Vielzahl von gemusterten Strukturen aus der zweiten Gruppe voneinander beabstandet angeordnet und/oder grenzen aneinander an, sodass immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen der gemusterten Grenzfläche **1011** mindestens ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wie z.B. Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale. Genauer gesagt umfasst der Abschnitt A(1,1) 10 gemusterte Strukturen a_1 bis a_{10} mit einer kreisrunden Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern, wobei der Abstand D zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ungefähr $1 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$ be-

trägt. Der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ und vorzugsweise liegt er zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$. Der Abschnitt A(2,1) umfasst auch 10 gemusterte Strukturen b_1 bis b_{10} mit einer kreisrunden Form aber unterschiedlichen Durchmessern, wobei D ein Abstand zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ ist und vorzugsweise zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ liegt. Darüber hinaus erfüllen die Strukturgrößen (Durchmesser) r_1 bis r_{10} der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} die folgende Gleichung:

$$r_i = r_m + (2i - 2) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1}, \quad i = 1 \sim n;$$

$i = 1 \sim n$;

die Durchmesser von b_1 bis b_{10} , die auch mit R_1 bis R_{10} bezeichnet werden, erfüllen die folgende Gleichung:

$$R_i = r_m + (2i - 1) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

r_m und r_M geben jeweils den kleinsten Durchmesser und den größten Durchmesser der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} und der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{10} an. $2n$ entspricht der Gesamtzahl der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} und b_1 bis b_{10} , was bei dieser Ausführungsform 20 entspricht, also $2n = 20$. Beispielsweise betragen, wenn r_m und r_M $1,9 \mu\text{m}$ bzw. $3,8 \mu\text{m}$ betragen, r_1 bis r_{10} $1,9 \mu\text{m}$, $2,1 \mu\text{m}$, $2,3 \mu\text{m}$, ..., $3,5 \mu\text{m}$ bzw. $3,7 \mu\text{m}$, wobei $r_1 = r_m$ ist und ein Abstand zwischen jeden zwei beliebigen benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist; R_1 bis R_{10} betragen $2,0 \mu\text{m}$, $2,2 \mu\text{m}$, $2,4 \mu\text{m}$, ..., $3,6 \mu\text{m}$, $3,8 \mu\text{m}$, wobei $R_5 = r_M$ ist, und ein Abstand zwischen jeden zwei beliebigen benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist.

[0012] Bei dieser Ausführungsform umfasst jeder Abschnitt $A(x,y)$, bei dem die Summe aus x und y gerade ist, eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} aus der ersten Gruppe. Allerdings unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} in diesen Abschnitten voneinander, beispielsweise sind dieselben Musterstrukturen an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet. Bei dieser Ausführungsform ist die Anordnung der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{10} in den Abschnitten A(1,1), A(1,3), A(2,2) und A(3,1) unterschiedlich, was bedeutet, dass mindestens eine identische Musterstruktur in je-

den zwei beliebigen der oben genannten Abschnitten an unterschiedlichen Positionen in den beiden Abschnitten angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte, bei denen die Summe aus x und y gerade ist, kleiner als die Fakultät von 10 (10!). Mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen unterschiedlich in den Abschnitten angeordnet werden. Auf ähnliche Weise umfasst, wenn ein Abschnitt $A(x,y)$ eine ungerade Summe von x und y aufweist, dieser eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_1 bis b_{10} aus der zweiten Gruppe, die unterschiedlich in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{10} in den Abschnitten $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, was bedeutet, dass mindestens eine identische Musterstruktur bei immer zwei beliebigen der obigen Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem Abschnitt angeordnet ist. Die Anordnungen können mittels eines gängigen Verfahrens der Zufallsberechnung erreicht werden, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, um Musterstrukturen in unterschiedlichen Anordnungen in unterschiedlichen Abschnitten anzuordnen. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte, bei denen die Summe aus x und y ungerade ist, kleiner als die Fakultät von 10 (10!). Somit unterscheiden sich die Anordnungen der Abschnitte voneinander. Obwohl die gemusterte Grenzfläche **1011** begrenzte, vorbestimmte und unterschiedliche gemusterte Strukturen aufweisen, die in unterschiedlichen Abschnitten, wie in der Ausführungsform offenbart, wiederholt angeordnet sind, kann mindestens ein unterschiedliches Merkmal bei jedem beliebigen Paar von benachbarten Musterstrukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** gefunden werden. Im Vergleich mit einer gemusterten Struktur aus einem Kreis, wird die Effizienz der Lichtextraktion bei der oben offenbarten Ausführungsform verbessert, da das von der aktiven Schicht **105** emittierte Licht an die vorbestimmte Grenzfläche **1011** gleichmäßig verteilt wird.

[0013] Die **Fig. 2C** zeigt ferner eine dritte Ausführungsform der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der **Fig. 1**, die eine Vielzahl von gemusterten Abschnitten aufweist, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Position von jedem gemusterten Abschnitt festgelegt wird durch $A(x,y)$, mit $1 \leq x \leq m$, $1 \leq y \leq n$, wobei x und y jeweils die Werte von Koordinaten in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung wiedergeben. x , y , m und n sind positive ganze Zahlen, während m und n durch die Chipgröße der lichtemittierenden Vorrichtung vorbestimmt werden. Ein Abschnitt $A(x,y)$ mit einer geraden Summe aus x und y , wie z.B. die Abschnitte $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$, $A(3,1)$ und $A(3,3)$, umfasst eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe. Ein Abschnitt (x,y) mit einer ungeraden Summe aus x und y , wie z.B.

$A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, umfasst eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe. Somit sind Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe und Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe voneinander beabstandet angeordnet und/oder grenzen aneinander an, sodass immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** mindestens ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, das nicht auf Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale beschränkt ist. Genauer gesagt umfasst $A(1,1)$ 14 gemusterte Strukturen a_1 bis a_{14} mit einer kreisförmigen Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern. Der Abstand D zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen beträgt ungefähr $1 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$, und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ und vorzugsweise liegt er zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$. $A(2,1)$ umfasst auch 14 gemusterte Strukturen b_1 bis b_{14} mit einer kreisförmigen Form aber unterschiedlichen Durchmessern, wobei D ein Abstand zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ ist und vorzugsweise zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ liegt. Die Strukturgrößen (Durchmesser) r_1 bis r_{14} von a_1 bis a_{14} erfüllen die folgende Gleichung:

$$r_i = r_m + (2i - 2) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

die Durchmesser von b_1 bis b_{14} , die auch mit R_1 bis R_{14} bezeichnet werden, erfüllen die folgende Gleichung:

$$R_i = r_m + (2i - 1) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

wobei r_m und r_M jeweils den kleinsten Durchmesser und den größten Durchmesser der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{14} und der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{14} wiedergeben. $2n$ gibt die Gesamtzahl der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{14} und b_1 bis b_{14} an, was in dieser Ausführungsform 28 entspricht, also $2n = 28$. Beispielsweise sind, wenn r_m und r_M $1,0 \mu\text{m}$ und $3,7 \mu\text{m}$ betragen, r_1 bis r_{14} $1,0 \mu\text{m}$, $1,2 \mu\text{m}$, $1,4 \mu\text{m}$, ..., $3,4 \mu\text{m}$, $3,6 \mu\text{m}$, wobei $r_1 = r_m$ ist und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist; R_1 bis R_{14} betragen $1,1 \mu\text{m}$, $1,3 \mu\text{m}$, $1,5 \mu\text{m}$, ..., $3,5 \mu\text{m}$, $3,7 \mu\text{m}$, wobei $R_5 = r_M$ und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein

ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist.

[0014] Bei dieser Ausführungsform weist jeder Abschnitt $A(x,y)$ mit einer geraden Summe aus x und y eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_1 bis a_{14} aus der ersten Gruppe auf. Allerdings sind die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{14} in diesen Abschnitten unterschiedlich voneinander und dieselbe Musterstruktur ist an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{14} in den Abschnitten $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$ und $A(3,1)$, was bedeutet, dass mindestens eine selbe Struktur an unterschiedlichen relativen Positionen in zwei der vorgenannten Abschnitte angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte mit einer geraden Summe aus x und y sogar kleiner als die Fakultät von 14 (14!). Somit unterscheiden sich die Anordnungen der Abschnitte voneinander. Mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie z.B. einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen unterschiedlich in den Abschnitten angeordnet werden. Auf ähnliche Weise umfasst, wenn der Abschnitt $A(x,y)$ eine ungerade Summe aus x und y aufweist, dieser eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_1 bis b_{14} aus der zweiten Gruppe, die unterschiedlich angeordnet sind. Allerdings unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{14} in diesen Abschnitten, sodass dieselben Musterstrukturen mit unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{14} in den Abschnitten $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, was bedeutet dass mindestens eine identische Musterstruktur in jedem beliebigen Paar aus den vorgenannten Abschnitten an unterschiedlichen relativen Positionen in zwei Abschnitten angeordnet ist. Mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie z.B. einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen unterschiedlich voneinander angeordnet werden. Genauer gesagt, beträgt die Anzahl der Abschnitte, bei der eine Summe aus x und y ungerade ist, weniger als die Fakultät von 14 (14!). Somit sind die Anordnungen der Abschnitte unterschiedlich voneinander. Obwohl die gemusterte Grenzfläche **1011** begrenzte, vorbestimmte und unterschiedlich gemusterte Strukturen aufweist, die in unterschiedlichen Abschnitten, wie in der Ausführungsform offenbart, sich wiederholend angeordnet sind, kann mindestens ein unterschiedliches Merkmal bei zwei beliebigen oder immer zwei benachbarten gemusterten Strukturen der gemusterten Grenzfläche **1011** gefunden werden. Im Vergleich mit der gemusterten Struktur eines Kreises wird die Effizienz der Lichtextraktion bei der oben offenbarten Ausführungsform verbessert, da das von der aktiven Schicht

105 emittierte Licht gleichmäßig an die gemusterte Grenzfläche **1011** gestreut wird.

[0015] Die **Fig. 2D** zeigt ferner eine vierte Ausführungsform der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der **Fig. 1** mit einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Position von jedem gemusterten Abschnitt festgelegt wird als $A(x,y)$, mit $1 \leq x < m$, $1 \leq y \leq n$, wobei x und y jeweils die Werte von Koordinaten in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung angeben. x , y , m und n sind positive ganze Zahlen, während m und n von der Chipgröße der licht-emittierenden Vorrichtung festgelegt werden. Ein Abschnitt $A(x,y)$ mit einer geraden Summe aus x und y , wie z.B. die Abschnitte $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$, $A(3,1)$ und $A(3,3)$, umfassen eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe. $A(x,y)$ mit einer ungeraden Summe aus x und y , wie z.B. $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, umfasst eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe. Somit sind Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe und Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe voneinander beabstandet angeordnet und/oder grenzen aneinander an, sodass immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** mindestens ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wie z.B. Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale. Genauer gesagt umfasst $A(1,1)$ 18 gemusterte Strukturen a_1 bis a_{18} mit einer kreisförmigen Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern. Der Abstand D zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen beträgt ungefähr $1 \mu\text{m}$ bis $10 \mu\text{m}$ und der kleinste Abstand von den Rändern zwischen zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ und vorzugsweise liegt er zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$. $A(2,1)$ umfasst auch 18 gemusterte Strukturen b_1 bis b_{18} mit einer kreisförmigen Form aber mit unterschiedlichen Durchmessern, wobei D ein Abstand zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten Strukturen ist und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen nicht kleiner als $0,1 \mu\text{m}$ ist und vorzugsweise zwischen $0,1 \mu\text{m}$ bis $5 \mu\text{m}$ liegt. Die Strukturgrößen (Durchmesser) r_1 bis r_{18} von a_1 bis a_{18} erfüllen die folgende Gleichung:

$$r_i = r_m + (2i - 2) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

die Durchmesser von b_1 bis b_{18} , die auch als R_1 bis R_{18} wiedergegeben werden, erfüllen die folgende Gleichung:

$$R_i = r_m + (2i - 1) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

wobei r_m und r_M jeweils die kleinsten Durchmesser und den größten Durchmesser der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{18} und der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{18} angeben. $2n$ gibt die Gesamtanzahl der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{18} und b_1 bis b_{18} an, was bei dieser Ausführungsform 36 entspricht, also $2n = 36$. Beispielsweise sind, wenn r_m und r_M 1,0 μm und 4,5 μm betragen, r_1 bis r_{18} , 1,0 μm , 1,2 μm , 1,4 μm , ..., 4,2 μm , 4,4 μm , wobei $r_1 = r_m$ ist und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist; R_1 bis R_{18} sind 1,1 μm , 1,3 μm , 1,5 μm , ..., 4,3 μm , 4,5 μm , sodass $R_5 = r_M$ ist und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist.

[0016] Bei dieser Ausführungsform umfasst jeder Abschnitt $A(x,y)$, bei dem die Summe aus x und y gerade ist, eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_1 bis a_{18} aus der ersten Gruppe. Allerdings unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{18} in diesen Abschnitten voneinander, so dass dieselben Musterstrukturen an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform sind die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{18} in den Abschnitten $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$ und $A(3,1)$ unterschiedlich, was bedeutet, dass mindestens eine identische Struktur an unterschiedlichen Positionen in zwei der vorgenannten Abschnitten angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte, bei denen die Summe aus x und y gerade ist, kleiner als die Fakultät von 18 ($18!$). Mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen unterschiedlich in den Abschnitten angeordnet werden. Auf ähnliche Weise umfasst, wenn ein Abschnitt $A(x,y)$ eine ungerade Summe von x und y aufweist, dieser eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_1 bis b_{18} aus der zweiten Gruppe, die unterschiedlich in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Allerdings sind die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{18} in diesen Abschnitten unterschiedlich, so dass die selben Musterstrukturen an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{18} in den Abschnitten $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, was bedeutet, dass mindestens eine identische Musterstruktur in immer zweien der vorgenannten Abschnitte an unterschiedlichen relativen Positionen in zwei Abschnitten angeordnet ist. Mittels eines gängigen Verfahrens der Zufallsberechnung, wie zum Beispiel einer Monte-Carlo-Simulation, können die Musterstrukturen in Abschnitten unterschiedlich angeordnet werden. Genauer gesagt ist die Anzahl

der Abschnitte, bei denen die Summe aus x und y ungerade ist, kleiner als die Fakultät von 18 ($18!$). Somit unterscheiden sich die Anordnungen der Abschnitte voneinander. Obwohl die gemusterte Grenzfläche **1011** begrenzte, vorbestimmte und unterschiedliche gemusterte Strukturen aufweisen, die in unterschiedlichen Abschnitten, wie in der Ausführungsform offenbart, wiederholt angeordnet sind, kann mindestens ein unterschiedliches Merkmal bei jedem beliebigen Paar von benachbarten Musterstrukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** gefunden werden. Im Vergleich mit einer gemusterten Struktur aus einem Kreis, wird die Effizienz der Lichtextraktion bei der oben offenbarten Ausführungsform verbessert, da das von der aktiven Schicht **105** emittierte Licht an die vorbestimmte Grenzfläche **1011** gleichmäßig verteilt wird.

[0017] Die Fig. 2E zeigt ferner eine fünfte Ausführungsform der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der Fig. 1, die eine Vielzahl von gemusterten Abschnitten aufweist, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Position von jedem gemusterten Abschnitt festgelegt wird durch $A(x,y)$, mit $1 \leq x \leq m$, $1 \leq y \leq n$, wobei x und y jeweils die Werte von Koordinaten in einer horizontalen und einer vertikalen Richtung wiedergeben. x , y , m und n sind positive ganze Zahlen, während m und n durch die Chipgröße der lichtemittierenden Vorrichtung vorbestimmt werden. Ein Abschnitt $A(x,y)$ mit einer geraden Summe aus x und y , wie z.B. die Abschnitte $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$, $A(3,1)$ und $A(3,3)$, umfasst eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe. Ein Abschnitt (x,y) mit einer ungeraden Summe aus x und y , wie z.B. $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, umfasst eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe. Somit sind Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen a_i aus der ersten Gruppe und Abschnitte mit mehreren gemusterten Strukturen b_i aus der zweiten Gruppe voneinander beabstandet angeordnet und/oder grenzen aneinander an, sodass immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche **1011** mindestens ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, das nicht auf Größe, Form, Abstand oder andere strukturelle Merkmale beschränkt ist. Genauer gesagt umfasst $A(1,1)$ 21 gemusterte Strukturen a_1 bis a_{21} mit einer kreisförmigen Draufsicht mit unterschiedlichen Durchmessern. Der Abstand D zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen beträgt ungefähr 1 μm bis 10 μm , und der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist nicht kleiner als 0,1 μm und vorzugsweise liegt er zwischen 0,1 μm bis 5 μm . $A(2,1)$ umfasst auch 21 gemusterte Strukturen b_1 bis b_{21} mit einer kreisförmigen Form aber unterschiedlichen Durchmessern, wobei D ein Abstand zwischen zwei geometrischen Zentren von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ist. Der kleinste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemus-

terten Strukturen ist nicht kleiner als $0,1\ \mu\text{m}$ und vorzugsweise zwischen $0,1\ \mu\text{m}$ bis $5\ \mu\text{m}$ liegt. Die Strukturgrößen (Durchmesser) r_1 bis r_{21} von a_1 bis a_{21} erfüllen die folgende Gleichung:

$$r_i = r_m + (2i - 2) \cdot \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

die Durchmesser von b_1 bis b_{21} , die auch mit R_1 bis R_{21} bezeichnet werden, erfüllen die folgende Gleichung:

$$R_i = r_m + (2i - 1) \cdot \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

$i = 1 \sim n$;

wobei r_m und r_M jeweils den kleinsten Durchmesser und den größten Durchmesser der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{21} und der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{21} wiedergeben. $2n$ gibt die Gesamtzahl der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{21} und b_1 bis b_{21} an, was in dieser Ausführungsform 42 entspricht, also $2n = 42$. Beispielsweise sind, wenn r_m und r_M $0,9\ \mu\text{m}$ und $5,0\ \mu\text{m}$ betragen, r_1 bis r_{21} $0,9\ \mu\text{m}$, $1,1\ \mu\text{m}$, $1,3\ \mu\text{m}$, ..., $4,7\ \mu\text{m}$, $4,9\ \mu\text{m}$, wobei $r_1 = r_m$ ist und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist; R_1 bis R_{21} betragen $1,0\ \mu\text{m}$, $1,2\ \mu\text{m}$, $1,4\ \mu\text{m}$, ..., $4,8\ \mu\text{m}$, $5,0\ \mu\text{m}$, wobei $R_5 = r_M$ und der kürzeste Abstand zwischen den Rändern von zwei benachbarten gemusterten Strukturen ein ganzzahliges Vielfaches eines vorbestimmten Wertes ist.

[0018] Bei dieser Ausführungsform weist jeder Abschnitt $A(x,y)$ mit einer geraden Summe aus x und y eine Vielzahl von gemusterten Strukturen a_1 bis a_{21} aus der ersten Gruppe auf. Allerdings sind die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{21} in diesen Abschnitten unterschiedlich voneinander, so dass dieselbe Musterstruktur an unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet ist. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen a_1 bis a_{21} in den Abschnitten $A(1,1)$, $A(1,3)$, $A(2,2)$ und $A(3,1)$, was bedeutet, dass mindestens eine selbe Struktur an unterschiedlichen relativen Positionen in zwei der vorgenannten Abschnitte angeordnet ist. Genauer gesagt ist die Anzahl der Abschnitte mit einer geraden Summe aus x und y sogar kleiner als die Fakultät von 21 (21!). Mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie z.B. einer Monte-Carlo-Simulation, können die gemusterten Strukturen unterschiedlich in den Abschnitten angeordnet werden. Auf ähnliche Weise umfasst, wenn der Abschnitt $A(x,y)$ eine ungerade Summe aus x und y aufweist, dieser eine Vielzahl von gemusterten Strukturen b_1 bis b_{21} aus der zwei-

ten Gruppe. Allerdings unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{21} in diesen Abschnitten, sodass dieselben Musterstrukturen mit unterschiedlichen relativen Positionen in unterschiedlichen Abschnitten angeordnet sind. Bei dieser Ausführungsform unterscheiden sich die Anordnungen der gemusterten Strukturen b_1 bis b_{21} in den Abschnitten $A(2,1)$, $A(1,2)$, $A(2,3)$ und $A(3,2)$, was bedeutet dass mindestens eine identische Musterstruktur in jedem beliebigen Paar aus den vorgenannten Abschnitten an unterschiedlichen relativen Positionen in zwei Abschnitten angeordnet ist. Die Anordnungen können mittels eines gängigen Verfahrens einer Zufallsberechnung, wie z.B. einer Monte-Carlo-Simulation, erreicht werden, um sich voneinander zu unterscheiden. Genauer gesagt, beträgt die Anzahl der Abschnitte, bei der eine Summe aus x und y ungerade ist, weniger als die Fakultät von 21 (21!). Somit sind die Anordnungen der Abschnitte unterschiedlich voneinander. Obwohl die gemusterte Grenzfläche **1011** begrenzte, vorbestimmte und unterschiedlich gemusterte Strukturen aufweist, die in unterschiedlichen Abschnitten, wie in der Ausführungsform offenbart, sich wiederholend angeordnet sind, kann mindestens ein unterschiedliches Merkmal bei zwei beliebigen oder immer zwei benachbarten gemusterten Strukturen der gemusterten Grenzfläche **1011** gefunden werden. Im Vergleich mit der gemusterten Struktur eines Kreises wird die Effizienz der Lichtextraktion bei der oben offenbarten Ausführungsform verbessert, da das von der aktiven Schicht **105** emittierte Licht gleichmäßig an die gemusterte Grenzfläche **1011** gestreut wird.

[0019] Die **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** zeigen ein Herstellverfahren in Übereinstimmung mit der gemusterten Grenzfläche **1011**, die in den **Fig. 2A** bis **Fig. 2E** gezeigt ist, das Ausbilden einer Maske, die entworfen ist, um Muster in Übereinstimmung mit den Mustern aus den **Fig. 2A** bis **Fig. 2E** aufzuweisen, und eine lithografische Verarbeitung umfasst, wie z.B. Belichten bei einem herkömmlichen Fotolack und Entwickeln, um eine gemusterte Fotolackschicht **20** auf einem Wachstumssubstrat **10** auszubilden, wie in der **Fig. 3B** gezeigt. Dann wird das Muster der gemusterten Fotolackschicht **20** auf das Wachstumssubstrat **10** mittels eines Trockenätzvorgangs übertragen, um ein Substrat **100** mit einer gemusterten Grenzfläche **1011** auszubilden, wie in der **Fig. 3C** gezeigt. Bei einer anderen Ausführungsform der vorliegenden Erfindung wird eine Nassätzverarbeitung auf der gesamten Oberfläche der gemusterten Grenzfläche **1011** aus der **Fig. 3C** durchgeführt, um eine gemusterte Grenzfläche **1012** mit Mikrorauigkeitsstrukturen aufzuweisen. Die mikroaufgeraute Struktur ist eine Mikrostruktur, die im Wesentlichen entlang der Oberfläche der gemusterten Grenzfläche **1011** ausgebildet ist. In diesem Fall ist die Rauigkeit der mikroaufgerauten Struktur nicht größer als die Rauigkeit der gemusterten Grenzfläche **1012**, sodass das emit-

tierte Licht gestreut werden kann und die Effizienz der Lichtextraktion verbessert ist. Die in den Ausführungsformen der vorliegenden Erfindung offenbarte gemusterte Grenzfläche kann in der Massenproduktion hergestellt werden und hält eine geringere Abänderung von Produkten zwischen Substrat zu Substrat oder Wafer zu Wafer bei. Im Vergleich mit herkömmlichen Vorgängen von Zufallsrauigkeit bieten die offenbarten Ausführungsformen stabilere und besser steuerbare Qualität mit geringeren Abweichungen zwischen den Produkten und eine bessere Reproduzierbarkeit der Produkte.

[0020] Die **Fig. 4A** bis **Fig. 4D** zeigen eine licht-emittierende Vorrichtung und sein Herstellverfahren in Übereinstimmung mit der zweiten Ausführungsform. Das Herstellverfahren umfasst Bereitstellen einer ersten Stapelstruktur **S1**, das ein Bereitstellen eines Wachstumssubstrat **201**, epitaktisches Aufwachsen einer undotierten Halbleiterschicht **202** auf dem Wachstumssubstrat **201**, epitaktisches Aufwachsen einer mit einem ersten Fremdmaterial dotierten ersten Kontaktschicht **203** auf der undotierten Halbleiterschicht **202**, Aufwachsen einer mit dem ersten Fremdmaterial dotierten ersten Hüllschicht **204** auf der ersten Kontaktschicht **203**, epitaktisches Ausbilden einer aktiven Schicht **205** auf der ersten Hüllschicht **204**, wobei die aktive Schicht **205** betrieben werden kann, um ein Licht mit einer ersten dominanten Wellenlänge zu emittieren, epitaktisches Aufwachsen einer mit einem zweiten Fremdmaterial dotierten zweiten Hüllschicht **206** auf der aktiven Schicht **205**, epitaktisches Aufwachsen einer mit dem zweiten Fremdmaterial dotierten zweiten Kontaktschicht **205** auf der zweiten Hüllschicht **206**, Ausbilden einer reflektierenden Schicht **208** auf der zweiten Kontaktschicht **207** und Ausbilden eines ohmschen Kontakts mit der zweiten Kontaktschicht **207**, Ausbilden einer ersten Verbindungsschicht **209** auf der reflektierenden Schicht **208**, um die in der **Fig. 4A** gezeigte erste Stapelstruktur **S1** fertigzustellen. Die reflektierende Schicht **208** umfasst Materialien mit einem Reflexionsgrad von höher als 80 % in Übereinstimmung mit dem von der aktiven Schicht emittierten Licht, wie z.B. ein Metall, ein dielektrisches Material und eine Kombination daraus. Dann wird eine zweite Stapelstruktur bereitgestellt, das ein Bereitstellen eines Trägers **301** und Ausbilden einer zweiten Verbindungsschicht **302** auf dem Träger **301** umfasst, um die in der **Fig. 4B** gezeigte zweite Stapelstruktur **S2** fertigzustellen. Nach dem Fertigstellen der ersten Stapelstruktur **S1** und der zweiten Stapelstruktur **S2** werden die erste Verbindungsschicht **209** und die zweite Verbindungsschicht **302** in einem Verbindungsschritt verbunden, um die erste Stapelstruktur **S1** und die zweite Stapelstruktur **S2** miteinander zu verbinden. Bei der Ausführungsform wird der Verbindungsschritt mittels eines Vorgangs eines Thermokompressionsverbindens bei 400°C durchgeführt. Nach dem Verbinden wird das Wachstumssubstrat

201 und die dotierte Halbleiterschicht **202** abgetragen, um die erste Kontaktschicht **203** freizulegen, wie in der **Fig. 4C** gezeigt. Dann wird eine gemusterte Grenzfläche **2032** auf der ersten Oberfläche der ersten Kontaktschicht **203** ausgebildet. Die gemusterte Grenzfläche **2032** und ihr Herstellverfahren sind dieselben wie in der obigen Beschreibung und wie in den **Fig. 1**, **Fig. 2A** bis **Fig. 2D** und **Fig. 3A** bis **Fig. 3D** dargestellt.

[0021] Die in den obigen Ausführungsformen offenbarten gemusterten Grenzflächen sind nicht darauf beschränkt, um auf Grenzflächen zwischen zwei bestimmten Strukturen oder auf einer Oberfläche einer bestimmten Struktur ausgebildet zu werden. Gemusterte Grenzflächen, die in den Ausführungsformen oben offenbart wurden, sind nicht darauf beschränkt, um auf allen Oberflächen oder auf allen Grenzflächen ausgebildet zu werden. Dabei kann die gemusterte Grenzfläche auch auf einem Teil der Grenzfläche oder Oberflächen ausgebildet werden.

[0022] Bei den obigen Ausführungsformen umfassen die Materialien der undotierten Halbleiterschicht, der ersten Kontaktschicht, der ersten Hüllschicht, der zweiten Hüllschicht, der zweiten Kontaktschicht und der aktiven Schicht III-V Materialien, wie z.B. $\text{Al}_p\text{Ga}_q\text{In}_{(1-p-q)}\text{P}$ oder $\text{Al}_x\text{In}_y\text{Ga}_{(1-x-y)}\text{N}$ mit $0 \leq p, q, x, y \leq 1$ und p, q, x und y sind positive Zahlen mit $(p+q) \leq 1$ und $(x+y) \leq 1$. Das erste Fremdmaterial ist ein n-Fremdmaterial, wie z.B. Si, oder ein p-Fremdmaterial, wie z.B. Mg oder Zn. Das zweite Fremdmaterial ist ein Fremdmaterial mit einem gegenteiligen Ladungsträger im Vergleich mit dem ersten Fremdmaterial. Die Stromaufweitungsschicht umfasst ein leitendes Metalloxid, wie z.B. ITO und ZnO, oder eine leitende Halbleiterschicht, wie z.B. eine Halbleiterschicht mit einer hohen Dotierungskonzentration von Phosphiden oder einem Nitrid-Gemisch. Das Material des Wachstumssubstrats kann ein transparentes Material sein, wie z.B. GaP, Saphir, SiC, GaN, Si und AlN. Das Material der ersten Verbindungsschicht oder der zweiten Verbindungsschicht kann von der Anwendung abhängen, wie z.B. leitende Materialien und isolierende Materialien, die jeweils an vertikale und horizontale licht-emittierende Vorrichtungen angepasst werden; wobei die leitenden Materialien Halbleiterschichten, ein transparentes leitendes Oxid, Metall und eine Metalllegierung aufweisen und die isolierenden Materialien Makromolekülmaterien und dielektrische Materialien aufweisen.

[0023] Bei den obigen Ausführungsformen kann basierend auf den Anforderungen der Anwendung das Material des Trägers ein leitendes Material oder ein Material mit einer höheren Leitfähigkeit als das Wachstumssubstrat, ein transparentes Material oder ein Material mit einer höheren Transparenz als das Wachstumssubstrat in Übereinstimmung mit dem von der aktiven Schicht emittierten Licht, und ein wär-

meleitendes Material oder ein Material mit einer höheren Wärmeleitfähigkeit als das Wachstumssubstrat sein. Das leitende Material des Trägers umfasst einen Halbleiter, ein transparentes leitendes Oxid, Metall und eine Metalllegierung. Das transparente Material des Trägers umfasst GaN, Saphir, SiC, GaN oder AlN. Das wärmeleitende Material des Trägers umfasst einen Halbleiter, wie z.B. Si oder ZnO, kohlenstoffbasierende Materialien, wie z.B. Diamant, diamantartiger Kohlenstoff (DLC) oder Graphit, ein Metall oder eine Metalllegierung.

Patentansprüche

1. Eine Licht-emittierende Vorrichtung (100) mit:
 einem Substrat (101) mit einer gemusterten Grenzfläche (1011) aus einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Vielzahl von gemusterten Abschnitten erste Abschnitte (A (x,y)) und zweite Abschnitte (A (x,y)) aufweist,
 wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der ersten Abschnitte (A (x,y)) gerade ist,
 wobei die zweiten Abschnitte (A (x,y)) durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der zweiten Abschnitte (A (x,y)) ungerade ist,
 wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer ersten Gruppe (ai) aufweisen, die darin gebildet sind,
 wobei die zweiten Abschnitte (A (x,y)) jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer zweiten Gruppe (bi) aufweisen, die darin gebildet sind,
 wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) und die zweiten Abschnitte (A (x,y)) voneinander beabstandet und/oder aneinandergrenzend angeordnet sind,
 wobei immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche (1011) zumindest ein unterschiedliches Merkmal aufweisen,
 wobei mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der ersten Gruppe (ai) in immer zwei beliebigen der ersten Abschnitte (A (x,y)) an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen ersten Abschnitte (A (x,y)) angeordnet ist und mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der zweiten Gruppe (bi) in immer zwei beliebigen der zweiten Abschnitte (A(x,y)) an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen zweiten Abschnitte (A(x,y)) angeordnet ist.

2. Die Licht-emittierende Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, wobei die Vielzahl von gemusterten Strukturen der ersten Gruppe (ai) und die Vielzahl von gemusterten Strukturen der zweiten Gruppe (bi) im Wesentlichen dieselbe Form mit unterschiedlichen Strukturgrößen aufweisen.

3. Die Licht-emittierende Vorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei die Strukturgrößen zwischen 0,5 µm und 10 µm liegen.

4. Die Licht-emittierende Vorrichtung (100) nach Anspruch 2, wobei die Strukturgrößen der Vielzahl von gemusterten Strukturen der ersten Gruppe (ai) die folgende

$$\text{Gleichung erfüllen: } r_i = r_m + (2i - 2) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1}, i = 1$$

bis n;

wobei die Strukturgrößen der Vielzahl von gemusterten Strukturen der zweiten Gruppe (bi) die folgende Gleichung erfüllen:

$$R_i = r_m + (2i - 1) * \frac{(r_M - r_m)}{2n - 1},$$

i = 1 bis n;

wobei r_m und r_M jeweils die kleinsten und größten Strukturgrößen der Vielzahl von gemusterten Strukturen der ersten Gruppe (ai) und der Vielzahl von gemusterten Strukturen der zweiten Gruppe (bi) sind, 2n die Anzahl der Vielzahl von gemusterten Strukturen der ersten Gruppe (ai) und der Vielzahl von gemusterten Strukturen der zweiten Gruppe (bi) ist.

5. Die Licht-emittierende Vorrichtung (100) nach Anspruch 1, mit einem Epitaxiestapel, ausgebildet in den ersten Abschnitten (A (x,y)) und den zweiten Abschnitten (A (x,y)).

6. Die Licht-emittierende Vorrichtung (100) nach Anspruch 5, ferner mit einer Verbindungsschicht (209) und einer reflektierenden Schicht (208) zwischen dem Substrat (101) und dem Epitaxiestapel.

7. Ein Herstellungsverfahren einer Licht-emittierenden Vorrichtung (100) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit den Schritten:

- Bereitstellen eines Substrats (101);
- Erzeugen einer Zufallsmusteranordnung gemäß einer Simulationsberechnung;
- Ausbilden einer Maske mit der Zufallsmusteranordnung auf dem Substrat (101); und
- Abtragen eines Teils des Substrats (101), sodass das Substrat (101) die Zufallsmusteranordnung auf dem Substrat aufweist,
- wobei eine nach diesem Verfahren hergestellte Licht-emittierende Vorrichtung (100) aufweist:
- das Substrat (101) mit einer gemusterten Grenzfläche (1011) aus einer Vielzahl von gemusterten Abschnitten, die in einer Matrixform angeordnet sind, wobei die Vielzahl von gemusterten Abschnitten erste Abschnitte (A (x,y)) und zweite Abschnitte (A (x,y)) aufweist,
- wobei die ersten Abschnitte (A (x,y)) durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden

und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der ersten Abschnitte ($A(x,y)$) gerade ist, wobei die zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) durch einen x-Wert in einer horizontalen Richtung und einen y-Wert in einer vertikalen Richtung wiedergegeben werden und die Summe von x-Wert und y-Wert in jedem der zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) ungerade ist, wobei die ersten Abschnitte ($A(x,y)$) jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer ersten Gruppe (ai) aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) jeweils eine Vielzahl von gemusterten Strukturen einer zweiten Gruppe (bi) aufweisen, die darin gebildet sind, wobei die ersten Abschnitte ($A(x,y)$) und die zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) voneinander beabstandet und/oder aneinandergrenzend angeordnet sind, wobei immer zwei benachbarte gemusterte Strukturen auf der gemusterten Grenzfläche (1011) zumindest ein unterschiedliches Merkmal aufweisen, wobei mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der ersten Gruppe (ai) in immer zwei beliebigen der ersten Abschnitte ($A(x,y)$) an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen ersten Abschnitte ($A(x,y)$) angeordnet ist und mindestens eine selbe gemusterte Struktur aus der zweiten Gruppe (bi) in immer zwei beliebigen der zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) an unterschiedlichen relativen Positionen in jedem der zwei beliebigen zweiten Abschnitte ($A(x,y)$) angeordnet ist.

8. Das Verfahren nach Anspruch 7, wobei die Simulationsberechnung eine Monte-Carlo-Simulation umfasst.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

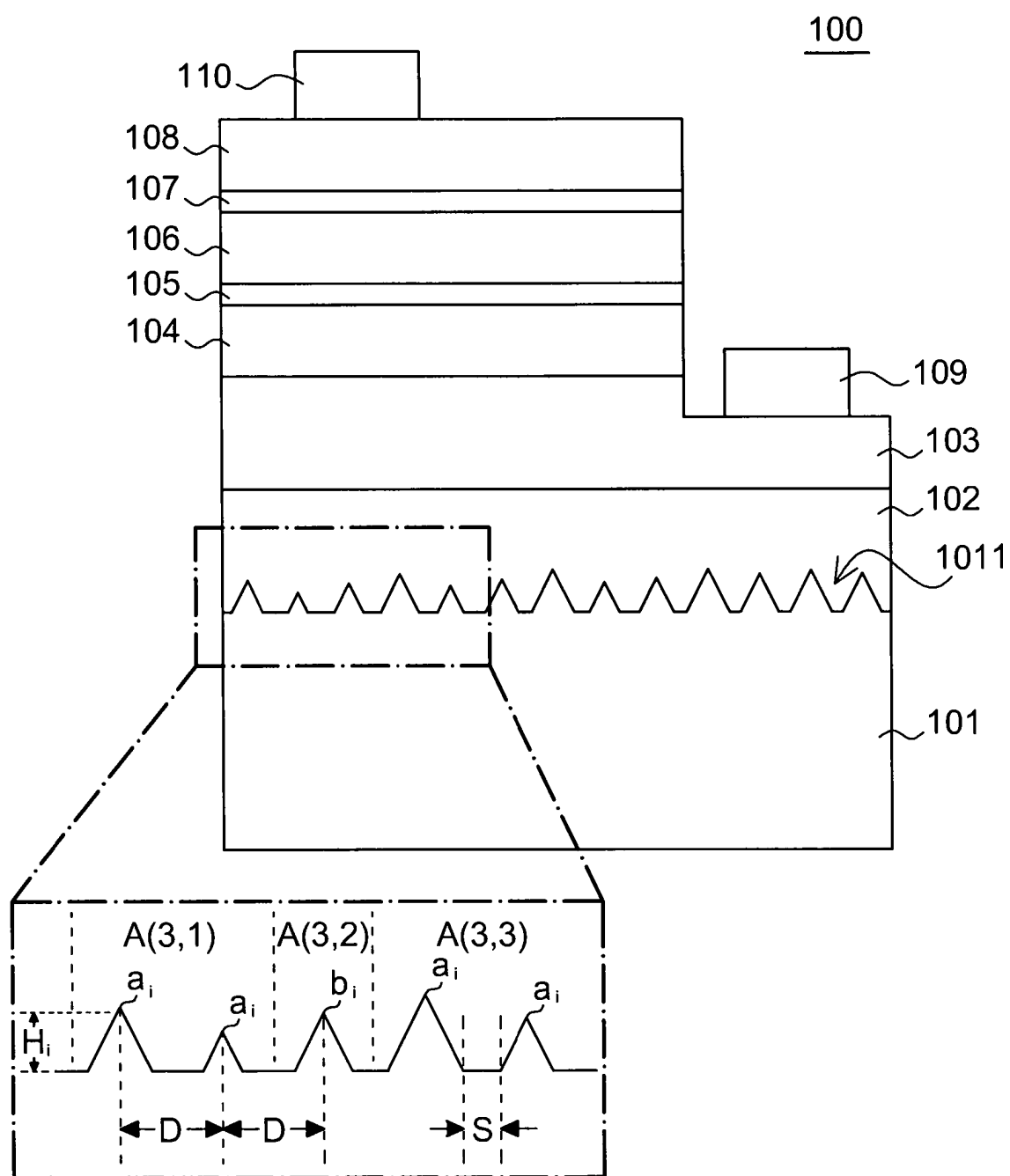


FIG.1

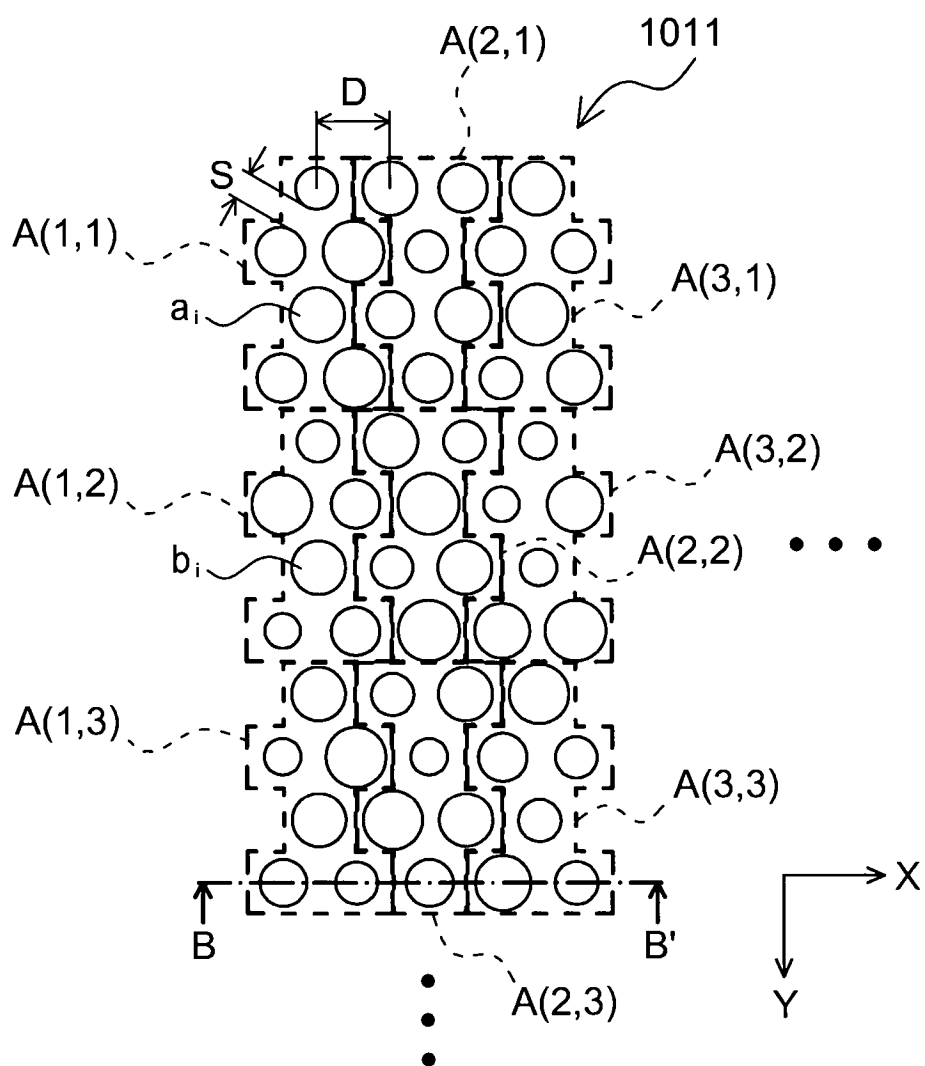


FIG.2A

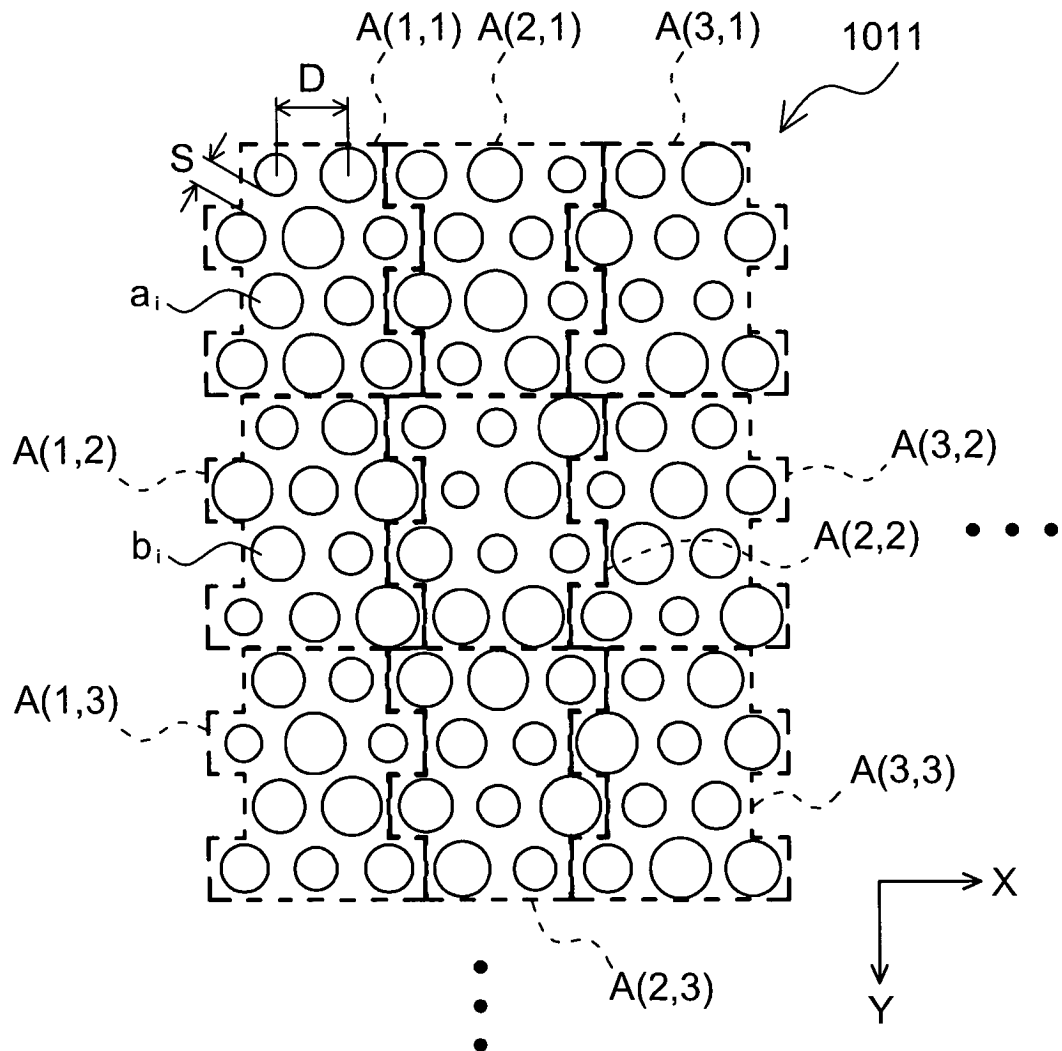


FIG.2B

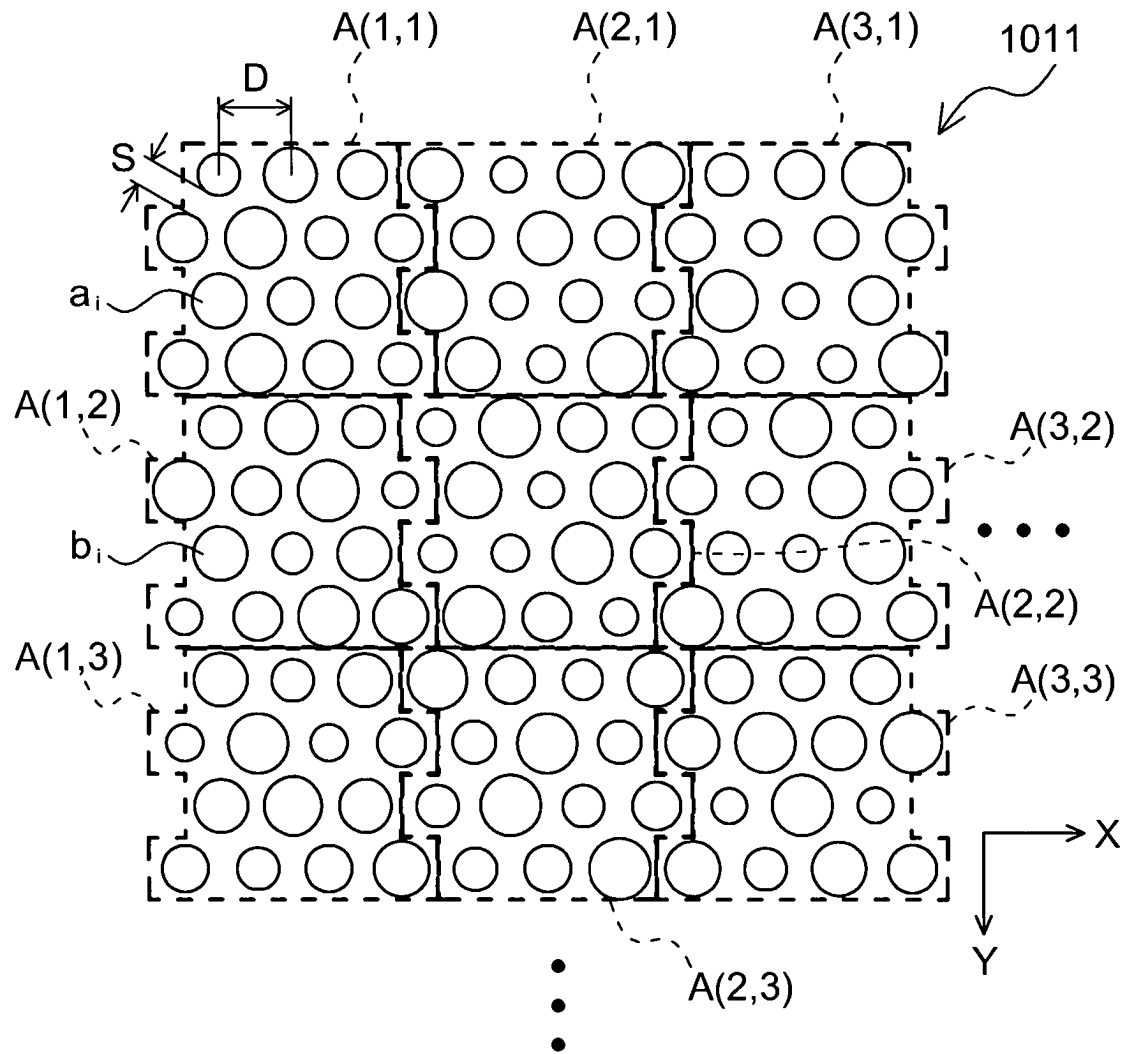


FIG.2C

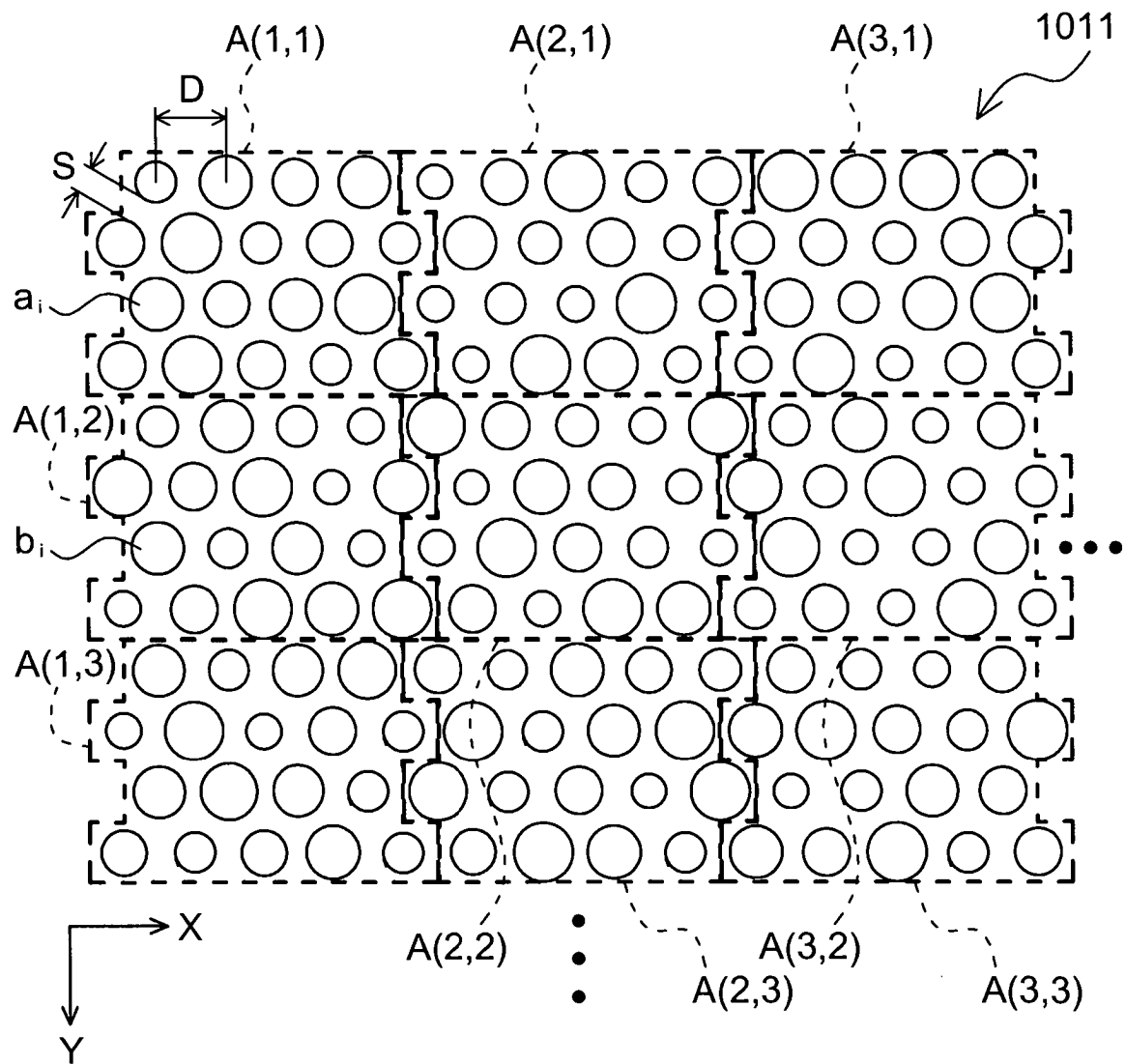


FIG.2D

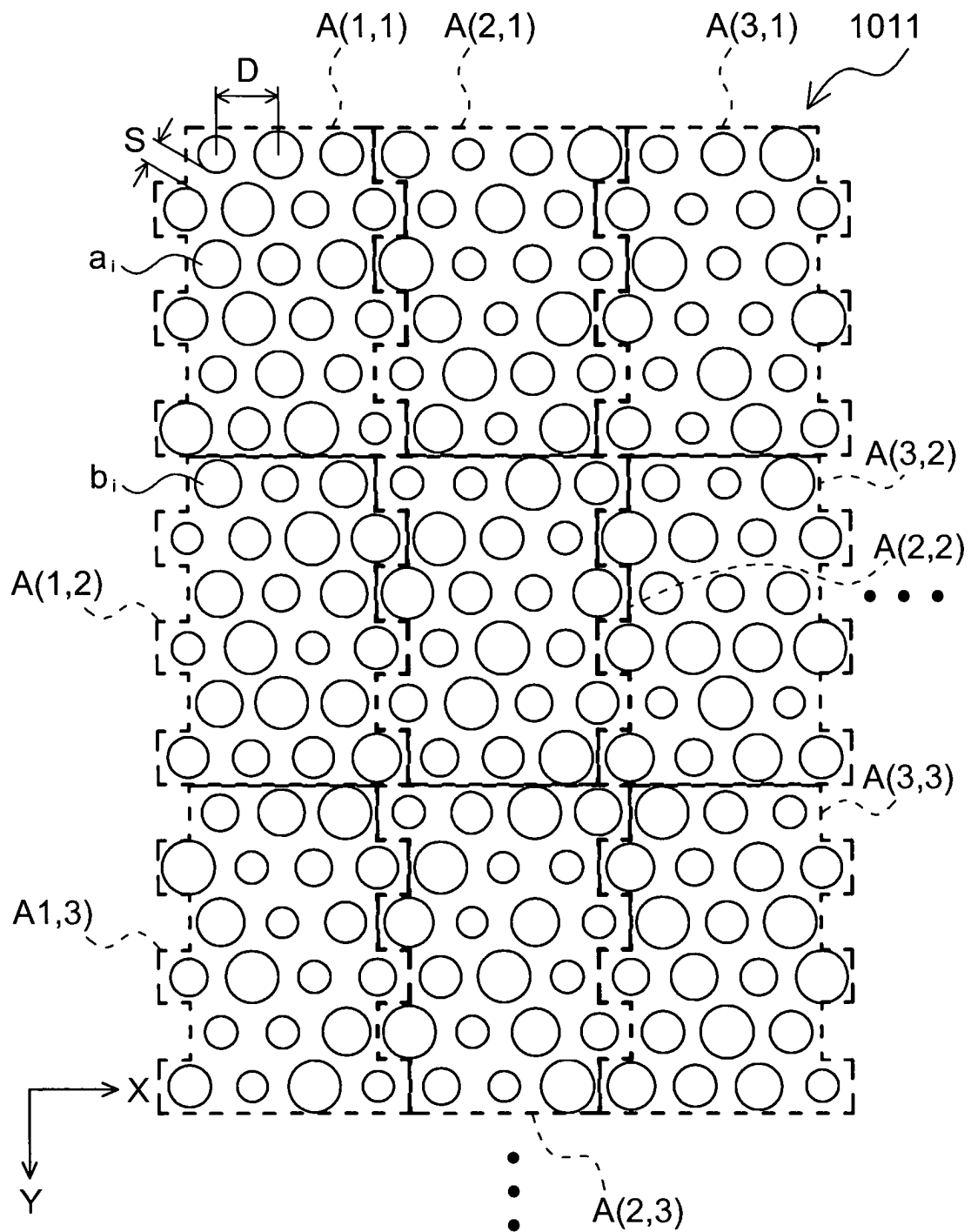


FIG.2E

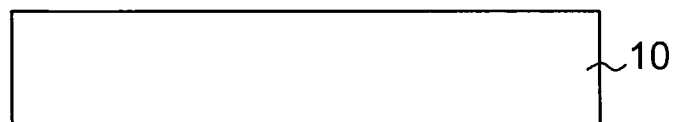


FIG. 3A

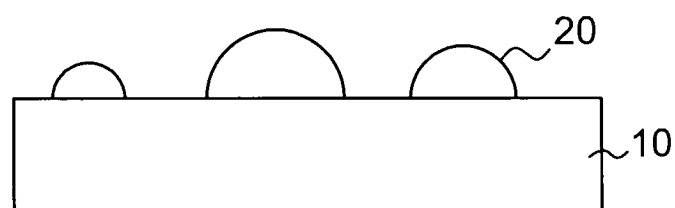


FIG. 3B

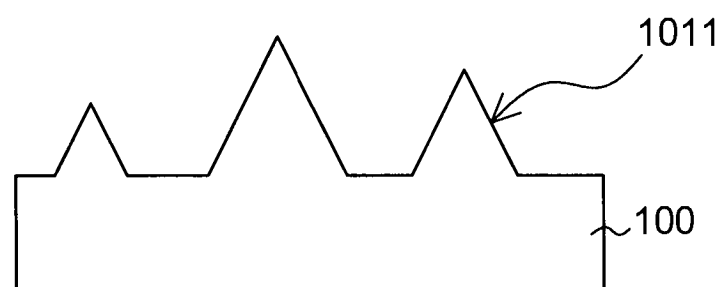


FIG. 3C

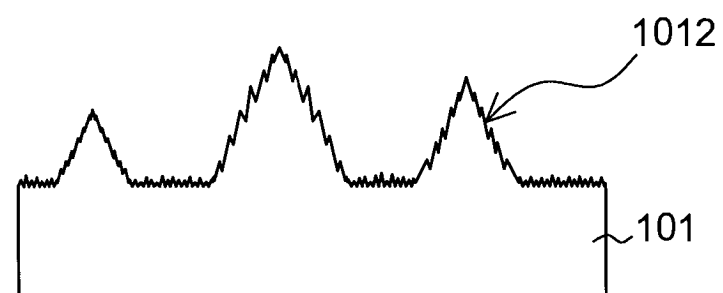


FIG. 3D

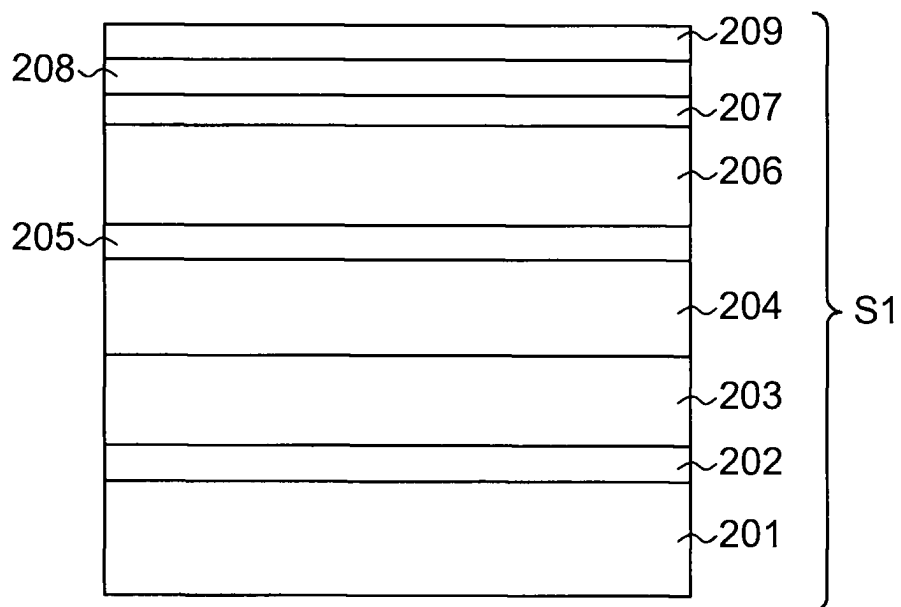


FIG.4A

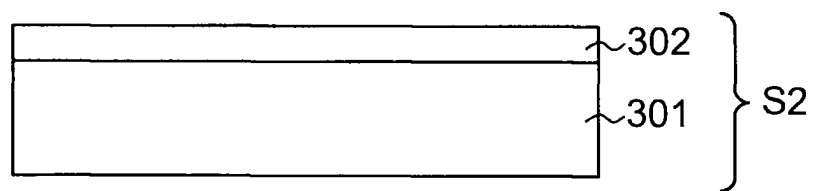


FIG.4B

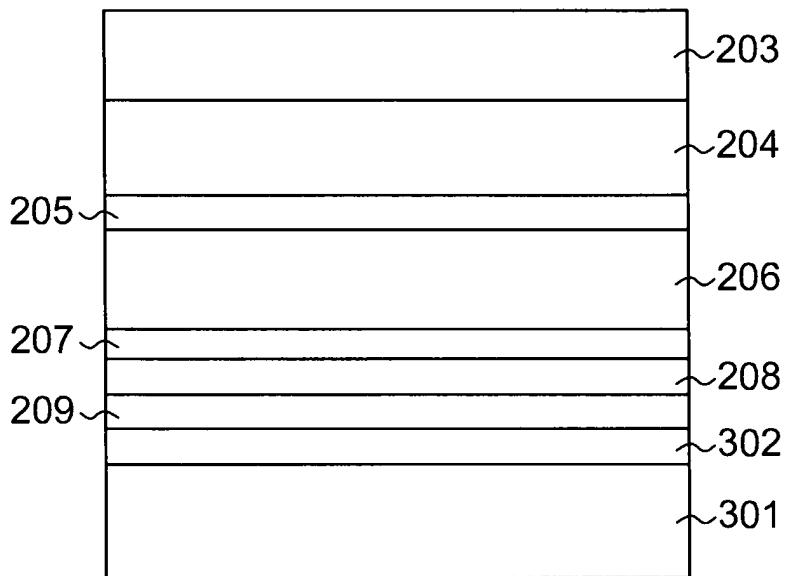


FIG.4C

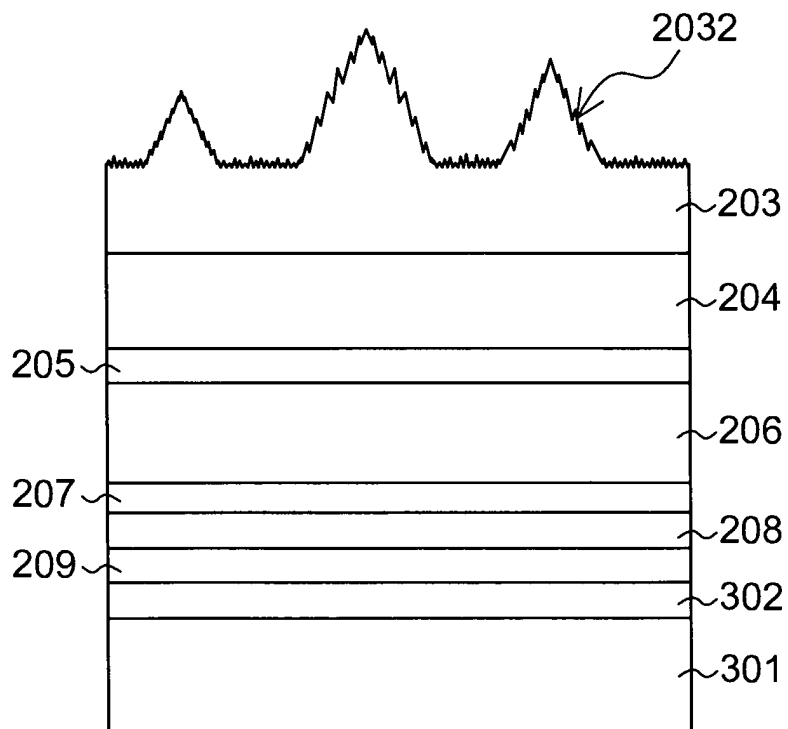


FIG.4D