



(10) **DE 10 2008 039 360 B4** 2021.05.12

(12) **Patentschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2008 039 360.6**  
 (22) Anmeldetag: **22.08.2008**  
 (43) Offenlegungstag: **25.02.2010**  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **12.05.2021**

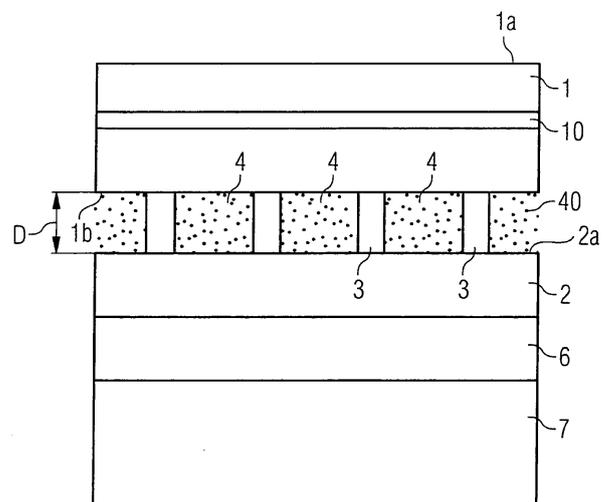
(51) Int Cl.: **H01L 31/0232 (2006.01)**  
**H01L 31/0224 (2006.01)**  
**H01L 33/60 (2010.01)**  
**H05B 33/22 (2006.01)**  
**H01S 5/02 (2006.01)**  
**H01L 31/18 (2006.01)**

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).

<p>(73) Patentinhaber:  <b>OSRAM Opto Semiconductors Gesellschaft mit beschränkter Haftung, 93055 Regensburg, DE</b></p> <p>(74) Vertreter:  <b>Epping Hermann Fischer                  Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München, DE</b></p>	<p>(72) Erfinder:  <b>Grolier, Vincent, 93047 Regensburg, DE; PlöbI, Andreas, Dr., 93051 Regensburg, DE</b></p> <p>(56) Ermittelter Stand der Technik:  <b>US 2004 / 0 211 968 A1</b>  <b>US 2007 / 0 145 380 A1</b></p>
---	--

(54) Bezeichnung: **Optoelektronischer Halbleiterchip und Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips**

(57) Hauptanspruch: Optoelektronischer Halbleiterchip mit  
 - einem Halbleiterkörper (1), der einen aktiven Bereich (10) enthält,  
 - einer Spiegelschicht (2), und  
 - Kontaktstellen (3), die zwischen Halbleiterkörper (1) und Spiegelschicht (2) angeordnet sind und einen Abstand (D) zwischen Halbleiterkörper (1) und Spiegelschicht (2) vermitteln, wodurch zumindest ein Hohlraum (4) zwischen Spiegelschicht (2) und Halbleiterkörper (1) gebildet ist, wobei  
 - der zumindest eine Hohlraum (4) ein Gas (40) enthält, und  
 - das Gas (40) mit einem Druck kleiner als der Normaldruck in zumindest einem der Hohlräume (4) eingeschlossen ist.



**Beschreibung**

**[0001]** Es wird ein optoelektronischer Halbleiterchip angegeben.

**[0002]** Es wird ferner ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben.

**[0003]** Aus dem Dokument US 2007 / 0 145 380 A1 ist ein optoelektronischer Halbleiterchip mit einer Spiegelschicht bekannt.

**[0004]** Das Dokument US 2004 / 0 211 968 A1 beschreibt ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips.

**[0005]** Eine zu lösende Aufgabe besteht darin, einen optoelektronischen Halbleiterchip anzugeben, der eine verbesserte Effizienz aufweist.

**[0006]** Eine weitere zu lösende Aufgabe besteht darin, ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips mit einer verbesserten Effizienz anzugeben.

**[0007]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips umfasst der optoelektronische Halbleiterchip einen Halbleiterkörper, der einen aktiven Bereich aufweist. Bei dem Halbleiterkörper handelt es sich vorzugsweise um einen epitaktisch gewachsenen Halbleiterkörper. Der Halbleiterkörper kann mit einem Aufwuchssubstrat verbunden sein. Es ist jedoch auch möglich, dass das Aufwuchssubstrat vom Halbleiterkörper entfernt oder zumindest gedünnt ist. Der aktive Bereich des Halbleiterkörpers ist vorzugsweise zur Erzeugung oder Detektion von elektromagnetischer Strahlung geeignet.

**[0008]** Ist der aktive Bereich zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung geeignet, so handelt es sich bei dem optoelektronischen Halbleiterchip vorzugsweise um einen Lumineszenzdiodechip. Das heißt, der optoelektronische Halbleiterchip ist durch einen Laserdiodechip oder einen Leuchtdiodechip gebildet. Ist der aktive Bereich zur Detektion von elektromagnetischer Strahlung geeignet, so handelt es sich bei dem optoelektronischen Halbleiterchip um einen Detektorchip, beispielsweise um einen Fotodiodechip. Beispielsweise kann der Fotodiodechip zur Detektion von Infrarotstrahlung vorgesehen sein.

**[0009]** Der optoelektronische Halbleiterchip umfasst ferner eine Spiegelschicht.

**[0010]** Beispielsweise handelt es sich bei der Spiegelschicht um eine metallische Spiegelschicht. Das heißt, die Spiegelschicht besteht aus oder enthält ein Metall und zeichnet sich durch metallische Eigen-

schaften wie gute elektrische Leitfähigkeit und hohe Reflektivität aus.

**[0011]** Ferner ist es möglich, dass es sich bei der Spiegelschicht um einen Bragg-Spiegel handelt, der aus abwechselnd angeordneten Schichten eines hoch-brechenden und eines niedrig-brechenden Materials besteht.

**[0012]** Darüber hinaus kann es sich bei der Spiegelschicht um eine Kombination von Bragg-Spiegel und metallischem Spiegel handeln. Der metallische Spiegel ist dabei zum Beispiel dem aktiven Bereich zugewandt und auf dem Bragg-Spiegel angeordnet.

**[0013]** Die Spiegelschicht weist dabei für im aktiven Bereich erzeugte oder zu detektierende elektromagnetische Strahlung vorzugsweise eine Reflektivität von wenigstens 90 % auf.

**[0014]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der optoelektronische Halbleiterchip Kontaktstellen. Die Kontaktstellen stellen eine mechanische Verbindung zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper her. Das heißt, die Spiegelschicht und der Halbleiterkörper sind über die Kontaktstellen mechanisch miteinander verbunden. Der optoelektronische Halbleiterchip umfasst dabei wenigstens eine dieser Kontaktstellen, vorzugsweise umfasst der optoelektronische Halbleiterchip eine Vielzahl dieser Kontaktstellen.

**[0015]** Die Kontaktstellen sind zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht angeordnet. Die Kontaktstellen können dabei direkt an den Halbleiterkörper und/oder direkt an die Spiegelschicht grenzen. Das heißt, die Kontaktstellen können sich beispielsweise in direktem Kontakt mit dem Halbleiterkörper und/oder in direktem Kontakt mit der Spiegelschicht befinden.

**[0016]** Die Kontaktstellen vermitteln dabei einen Abstand zwischen dem Halbleiterkörper und der Spiegelschicht. Das heißt, die Kontaktstellen sind beispielsweise nach Art von Säulen oder Pfosten ausgebildet, die neben einer mechanischen Befestigung auch einen Abstand zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht vermitteln. Das bedeutet, Halbleiterkörper und Spiegelschicht berühren sich vorzugsweise nicht.

**[0017]** Halbleiterkörper und Spiegelschicht stehen also nicht in direktem Kontakt zueinander, sondern sind durch die Kontaktstellen voneinander getrennt.

**[0018]** Aufgrund des Abstands, den die Kontaktstellen zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht vermitteln, ist zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht zumindest ein Hohlraum gebildet. Das heißt, Halbleiterkörper und Spiegelschicht sind beabstan-

det zueinander angeordnet, dort, wo sich keine Kontaktstellen befinden, befindet sich ein Hohlraum zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht.

**[0019]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips enthält der Hohlraum ein Gas. Der Hohlraum kann dabei beispielsweise mit Luft gefüllt sein. Es ist jedoch auch möglich, dass der Hohlraum mit einem Edelgas wie beispielsweise Helium gefüllt ist. Darüber hinaus kann der Hohlraum auch mit Stickstoff oder mit Wasserstoff gefüllt sein. Das heißt, der zumindest eine Hohlraum, der durch die Kontaktstellen gebildet ist, enthält ein Gas und ist vorzugsweise mit diesem Gas gefüllt. Beispielsweise ist es dadurch möglich, dass Halbleiterkörper, Spiegelschicht und Kontaktstellen an das Gas im Hohlkörper grenzen. Zumindest im Bereich des Halbleiterkörpers befindet sich also zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht das Gas. Es ist dabei möglich, dass sich zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht ausschließlich die Kontaktstellen und das Gas befinden. Ein anderes Material befindet sich dann nicht zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht.

**[0020]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips umfasst der optoelektronische Halbleiterchip einen Halbleiterkörper, der einen aktiven Bereich enthält.

**[0021]** Darüber hinaus enthält der Halbleiterchip eine Spiegelschicht und Kontaktstellen, die zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht angeordnet sind. Die Kontaktstellen vermitteln dabei einen Abstand zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht, wodurch zumindest ein Hohlraum zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper gebildet ist. Der zumindest eine Hohlraum enthält dabei ein Gas.

**[0022]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips sind die Kontaktstellen zur elektrischen Kontaktierung des aktiven Bereichs des Halbleiterkörpers vorgesehen. Das heißt, über die Kontaktstellen wird im Betrieb des optoelektronischen Halbleiterchips ein elektrischer Strom in den Halbleiterkörper und damit in den aktiven Bereich eingeprägt, der es ermöglicht, dass im aktiven Bereich elektromagnetische Strahlung erzeugt oder detektiert wird. Die Kontaktstellen sind in diesem Fall vorzugsweise elektrisch leitend ausgebildet.

**[0023]** Der hier beschriebene optoelektronische Halbleiterchip beruht unter anderem auf der Erkenntnis, dass das Befüllen des Hohlraums zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper mit einem Gas Vorteile gegenüber der Befüllung des Hohlraums mit einem dielektrischen Festkörper wie beispielsweise Siliziumnitrid oder Siliziumoxid aufweist.

**[0024]** Zum einen ist durch das Befüllen des Hohlraums mit einem Gas ein besonders hoher Brechungsindexsprung zwischen Halbleiterkörper und Hohlraum vorhanden. Dieser hohe Brechungsindexsprung führt dazu, dass für elektromagnetische Strahlung, die an die Grenzfläche zwischen Halbleiterkörper und Hohlraum tritt, ein besonders niedriger Winkel für die Totalreflexion erreicht wird. Die Grenzfläche zwischen Halbleiterkörper und Hohlraum dient daher aufgrund des hohen Brechungsindexunterschieds als Spiegel. Der derart gebildete „Gasspiegel“ ermöglicht daher eine verbesserte Reflektion für flache Winkel. Elektromagnetische Strahlung, die unter steilen Winkeln einfällt wird durch die Spiegelschicht, die metallische ist und / oder als Bragg-Spiegel ausgebildet ist, reflektiert.

**[0025]** Elektromagnetische Strahlung, die im aktiven Bereich erzeugt wird und in Richtung Hohlraum abgestrahlt wird, kann mittels Totalreflexion an der Grenzfläche reflektiert und in Richtung einer Strahlungsaustrittsfläche oder eines aktiven Bereichs des Halbleiterkörpers umgelenkt werden. Gleiches gilt für elektromagnetische Strahlung, welche im aktiven Bereich detektiert werden soll. Elektromagnetische Strahlung, die nicht total reflektiert wird, sondern die Grenzfläche zwischen Halbleiterkörper und Hohlraum durchdringt, trifft im weiteren Verlauf auf die Kontaktstellen und/oder die Spiegelschicht und wird von diesen Elementen in Richtung einer Strahlungsaustrittsfläche und/oder in Richtung des aktiven Bereichs des optoelektronischen Halbleiterchips reflektiert.

**[0026]** Durch die Befüllung des Hohlraums mit einem Gas, das heißt die Bildung eines Hohlraums zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht aufgrund der Kontaktstellen, ist die Effizienz des optoelektronischen Halbleiterchips also erhöht. Darüber hinaus erweist sich die Befüllung des Hohlraums mit einem Gas auch als besonders vorteilhaft für eine verbesserte Wärmeabfuhr. Bei Betrieb im optoelektronischen Halbleiterchip erzeugte Wärme kann durch im Hohlraum eingebrachtes Gas besonders gut vom Halbleiterkörper an die Spiegelschicht und von dort beispielsweise an einen Träger abgegeben werden. Zur verbesserten Wärmeabfuhr eignen sich besonders gut Füllungen des Hohlraums mit Helium oder mit Wasserstoff (H<sub>2</sub>). Es sind jedoch auch andere Gase wie Stickstoff oder Argon vorstellbar.

**[0027]** Der Gas gefüllte Hohlraum ersetzt also ein dielektrisches Material, beispielsweise eine dielektrische Spiegelschicht. Er zeichnet sich gegenüber einer solchen durch verbesserte optische und thermische Eigenschaften aus. Insgesamt trägt der Gas gefüllte Hohlraum damit zu einer verbesserten Effizienz des optoelektronischen Halbleiterchips bei.

**[0028]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips bildet zumindest eine der Kontaktstellen eine geschlossene Bahn. Das heißt, zumindest eine der Kontaktstellen weist einen beispielsweise rahmenförmigen Verlauf auf. Diese Kontaktstelle verläuft also kontinuierlich und umschließt einen Bereich zwischen der Spiegelschicht und dem Halbleiterkörper.

**[0029]** Mit anderen Worten umschließt die Kontaktstelle zumindest einen Bereich zwischen der Spiegelschicht und dem Halbleiterkörper rahmenartig, wobei „rahmenartig“ kein Hinweis auf die Geometrie dieser Kontaktstelle ist. Beispielsweise kann die Kontaktstelle nach Art eines runden, rechteckigen oder ovalen Rahmens ausgebildet sein. Die als eine geschlossene Bahn ausgebildete Kontaktstelle ist vorzugsweise im Randbereich des optoelektronischen Halbleiterchips angeordnet.

**[0030]** Das heißt beispielsweise, am Rand des Halbleiterkörpers ist auf der der Spiegelschicht zugewandten Seite des Halbleiterkörpers eine rahmenförmig ausgebildete Kontaktstelle angeordnet, die als geschlossene Bahn entlang des Randes des Halbleiterkörpers verläuft. Die Kontaktstelle kann sich dabei in direktem Kontakt mit der Spiegelschicht und/oder dem Halbleiterkörper befinden. Eine solche Kontaktstelle, die eine geschlossene Bahn bildet, eignet sich besonders gut, um einen besonders großen Hohlraum zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper zu bilden, der mit dem Gas befüllt ist. Durch diese Kontaktstelle ist das Gas dann auch hermetisch dicht im durch die Kontaktstelle, der Spiegelschicht und dem Halbleiterkörper gebildeten Hohlraum eingeschlossen.

**[0031]** Im durch die als geschlossene Bahn ausgebildete Kontaktstelle abgeschlossenen Hohlraum sind vorzugsweise zahlreiche weitere Kontaktstellen angeordnet, die als Pfosten oder Säulen ausgebildet sein können. Durch eine kontinuierlich am Rand verlaufende, als geschlossene Bahn ausgebildete Kontaktstelle kann also beim Verbinden von Halbleiterkörper und Spiegelschicht ein gut thermisch leitendes Gas im optoelektronischen Halbleiterchip dicht eingeschlossen werden.

**[0032]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips ist der zumindest eine Hohlraum mit einem Passivierungsmaterial versiegelt. Beispielsweise kann das Passivierungsmaterial im Randbereich des optoelektronischen Halbleiterchips um den optoelektronischen Halbleiterchip herum aufgebracht sein. Das Passivierungsmaterial kann alternativ oder zusätzlich zu einer Kontaktstelle, welche als geschlossene Bahn ausgebildet ist, Einsatz finden. Das Passivierungsmaterial kann zum Beispiel für im Hohlraum zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper eingeschlossenes Gas

dicht sein. Das Passivierungsmaterial bildet dann eine Versiegelung für das Gas. Das Passivierungsmaterial kann daher zusätzlich oder alternativ zu einer als geschlossene Bahn ausgebildeten Kontaktstelle Einsatz finden.

**[0033]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Gas mit einem Druck kleiner als der Normaldruck in zumindest einem der Hohlräume eingeschlossen. Wenn der zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper gebildete Hohlraum durch eine als geschlossene Bahn ausgebildete Kontaktstelle und/oder ein Passivierungsmaterial versiegelt ist, ist es möglich, das Gas mit diesem Druck zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper einzubringen, der kleiner ist als der normale Außendruck. Ein mit Unterdruck eingebrachtes Gas verbessert dabei die thermischen Eigenschaften des Gases im Hohlraum. Das heißt, die Wärmeableitung durch das Gas im Hohlraum ist in diesem Fall weiter verbessert. Bevorzugt wird das Gas mit einem Druck zwischen 0,9 und 1,1 bar im Hohlraum versiegelt. Es ist aber auch möglich, dass Gas mit Überdruck im Hohlraum zu versiegeln. Insbesondere sind Druckbereiche zwischen 1 mbar und 5 bar vorstellbar.

**[0034]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips beträgt der Abstand zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper mindestens 10 nm und vorzugsweise höchstens 10 µm. Der Abstand wird dabei durch die Kontaktstellen vermittelt. Das heißt, die Kontaktstellen weisen vorzugsweise eine Höhe von mindestens 10 nm und höchstens 10 µm auf. Beispielsweise beträgt der Abstand zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper zwischen 100 nm und 1 µm. Der angegebene Bereich für den Abstand zwischen Spiegelschicht und Halbleiterkörper hat sich dabei als optimal hinsichtlich der Wärmeableitung ergeben, die aufgrund des Gases in zumindest einem Hohlkörper vom Halbleiterkörper hin zur Spiegelschicht erfolgt.

**[0035]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips enthalten Kontaktstellen und Spiegelschicht zumindest ein gemeinsames Metall. Das heißt, Kontaktstellen und Spiegelschicht können jeweils zumindest ein Metall enthalten. Zumindest eines der Metalle, die Kontaktstelle und Spiegelschicht enthalten, haben sie dabei gemeinsam. Beispielsweise enthalten sowohl Kontaktstellen als auch Spiegelschicht Silber, Aluminium oder Gold.

**[0036]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips bestehen die Kontaktstellen und die Spiegelschicht aus dem gleichen Material. Beispielsweise bestehen Kontaktstellen und Spiegelschicht aus Aluminium, Silber oder aus Gold.

**[0037]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterchips enthalten die Kontaktstellen zumindest ein Lotmaterial. Beispielsweise enthalten die Kontaktstellen dabei zumindest eines der folgenden Lotmaterialien: Zinn, Indium, Gallium, Wismuth. Diese Lotmaterialien zeichnen sich durch einen besonders niedrigen Schmelzpunkt aus. Kontaktstellen, die zumindest eines dieser Lotmaterialien enthalten, können besonders gut mittels Lötens auf den Halbleiterkörper und die Spiegelschicht aufgebracht werden.

**[0038]** Beispielsweise kann für die Kontaktstellen eine Silber-Zinn- oder Silber-Indium-Verbindung als Lot Verwendung finden. Die Kontaktstellen können bei der Herstellung des Halbleiterchips auf den Halbleiterkörper aufgebracht werden, wobei die Kontaktstellen auch Sperr- oder Haftvermittlungsschichten enthalten können, welche dem Halbleiterkörper zugewandt sind. Diese Schichten können beispielsweise eine Haftung der Kontaktstellen an den Halbleiterkörper verbessern oder eine Diffusion von Metall wie beispielsweise Silber aus den Kontaktstellen in den Halbleiterkörper verhindern.

**[0039]** Der Halbleiterkörper mit den Kontaktstellen wird dann auf die Spiegelschicht gebondet, die beispielsweise auf einen Träger aufgebracht ist. Dabei bildet sich beispielsweise eine Ag-Sn-Phase oder eine Ag-In-Phase aus, welche die Temperaturbeständigkeit des Halbleiterchips bei der weiteren Verarbeitung - beispielsweise beim Auflöten auf eine Leiterplatte - gewährleistet. Das heißt, das Bonden geschieht vorzugsweise mittels isothermen Erstarrens. Die gebildeten Phasen weisen einen Wiederaufschmelzpunkt auf, der höher ist, als die Bondtemperatur. Dies bringt Vorteile bei der Weiterprozessierung des Chips nach dem Bonden und beim Betreiben des Chips mit sich, da die Wahrscheinlichkeit für ein unerwünschtes Lösen der Bondverbindung reduziert ist.

**[0040]** Es wird darüber hinaus ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips angegeben. Vorzugsweise eignet sich das Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips nach zumindest einer der hier aufgeführten Ausführungsformen. Das heißt, ein hier beschriebener optoelektronischer Halbleiterchip ist mit dem beschriebenen Verfahren herstellbar oder wird mit dem beschriebenen Verfahren hergestellt. Sämtliche in Verbindung mit dem optoelektronischen Halbleiterchip offenbaren Merkmale sind daher auch in Verbindung mit dem Verfahren offenbart.

**[0041]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens umfasst das Verfahren die folgenden Schritte:

Zunächst wird ein Halbleiterkörper bereitgestellt, der zumindest einen aktiven Bereich aufweist, der beispielsweise zur Strahlungserzeugung oder -detektion vorgesehen sein kann. Zudem wird ein Träger bereitgestellt, auf den eine Spiegelschicht aufgebracht ist. Zwischen Träger und Spiegelschicht kann beispielsweise auch eine Schicht oder Schichtenfolge angeordnet sein, die als Diffusionssperre für Material aus der Spiegelschicht dient. Der Halbleiterkörper wird im nachfolgenden Verfahrensschritt mit seiner Unterseite auf die Oberseite der Spiegelschicht, welche dem Träger abgewandt ist, aufgebracht. Dazu werden zunächst Kontaktstellen auf der Oberseite der Spiegelschicht aufgebracht und/oder auf der Unterseite des Halbleiterkörpers. Das heißt, die Kontaktstellen können auf die Spiegelschicht, auf den Halbleiterkörper oder auf beide der genannten Elemente aufgebracht werden. In einem abschließenden Verfahrensschritt werden Halbleiterkörper und Spiegelschicht durch die Kontaktstellen miteinander verbunden, indem eine Thermokompression erfolgt. Durch diese Thermokompression erfolgt eine mechanisch feste Verbindung der Kontaktstellen mit dem Halbleiterkörper und der Spiegelschicht.

**[0042]** Die Thermokompression erfolgt vorzugsweise bei Temperaturen zwischen 150 °C und 450 °C. Der Druck wird zwischen 0,4 MPa und 15 MPa eingestellt. Die Thermokompression erfolgt - je nach Temperatur und Druck - für eine Dauer zwischen 2 Minuten und 10 Stunden, wobei die Thermokompression umso länger dauert je niedriger Temperatur und Druck eingestellt sind.

**[0043]** Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens bestehen die Kontaktstellen aus dem gleichen Material wie die Spiegelschicht. Beispielsweise besteht die Spiegelschicht dabei aus einer Silberschicht, die zum Beispiel mittels PVD (physikalische Gasphasenabscheidung) abgeschieden ist. Kontaktstellen aus Silber werden dann zwischen die Spiegelschicht und den Halbleiterkörper eingebracht. Beispielsweise können die Kontaktstellen mittels eines Druckverfahrens wie Siebdruck oder Tintenstrahldruck (Ink-Jet), mittels PVD oder als vorgeformte Teilchen, insbesondere als Kügelchen, aufgebracht werden.

**[0044]** Im Folgenden wird der hier beschriebene optoelektronische Halbleiterchip sowie das hier beschriebene Verfahren anhand von Ausführungsbeispielen und den zugehörigen Figuren näher erläutert.

**Fig. 1A** zeigt einen hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Schnittdarstellung,

**Fig. 1B** zeigt den optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Draufsicht auf die Spiegelschicht,

**Fig. 2A** zeigt einen hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Schnittdarstellung,

**Fig. 2B** zeigt den optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Draufsicht auf die Spiegelschicht,

**Fig. 3A** zeigt einen hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Schnittdarstellung,

**Fig. 3B** zeigt den optoelektronischen Halbleiterchip gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel in einer schematischen Draufsicht auf die Spiegelschicht 2.

**[0045]** Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

**[0046]** Die schematische Schnittdarstellung der **Fig. 1A** zeigt einen hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchip gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel. Der Halbleiterchip umfasst einen Halbleiterkörper 1.

**[0047]** Der Halbleiterkörper 1 ist beispielsweise epitaktisch hergestellt. Ein ursprünglich auf der Oberseite 1a des Halbleiterkörpers 1 angeordnetes Aufwuchssubstrat ist vom Halbleiterkörper 1 entfernt. Beim optoelektronischen Halbleiterchip handelt es sich daher um einen so genannten Dünnschichtchip. Der Halbleiterkörper 1 umfasst einen aktiven Bereich 10. Der aktive Bereich ist beispielsweise zur Strahlungserzeugung oder -detektion vorgesehen. Der Halbleiterkörper 1 ist an seiner Unterseite 1b der Oberseite 2a der Spiegelschicht 2 zugewandt. Die Spiegelschicht besteht beispielsweise aus Silber, Gold oder Aluminium. Kommt für die Spiegelschicht Aluminium zur Verwendung, so wird dieses vor der Verbindung der Spiegelschicht 2 mit dem Halbleiterkörper 1 vorzugsweise mit einem Flussmittel behandelt, das die Oxidschicht von der Oberseite 2a der Spiegelschicht 2 entfernt.

**[0048]** Halbleiterkörper 1 und Spiegelschicht 2 sind mittels Kontaktstellen 3, die beispielsweise als Pfosten

oder Säulen ausgebildet sind, mechanisch und elektrisch miteinander verbunden.

**[0049]** Die Kontaktstellen 3 können aus einem Lotsystem gebildet sein, welches das Material der Spiegelschicht 2 sowie zumindest ein niederschmelzendes Lotmaterial wie Zinn, Indium, Gallium oder Wismuth enthält. Besteht die Spiegelschicht beispielsweise aus Silber, so enthalten die Kontaktstellen 3 vorzugsweise ein Silber-Zinn- oder ein Silber-Indium-Lot. Besteht die Kontaktschicht 2 aus Gold, so enthalten die Kontaktstellen 3 vorzugsweise ein Gold-Indium-Lot. Besteht die Spiegelschicht 2 aus Aluminium, so sind die Kontaktstellen 3 vorzugsweise mit einem Aluminium-Gallium-Lot gebildet. Die Kontaktstellen 3 können dabei vorzugsweise an ihrer dem Halbleiterkörper 1 zugewandten Seite Sperr- und Haftvermittlerschichten aufweisen.

**[0050]** Die Sperrschicht kann zum Beispiel zumindest eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: Ni, Pd, Pt, Ti, TiW, TiN, TiW:N.

**[0051]** Die Haftvermittlerschicht kann zum Beispiel zumindest eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: Cr, Ni, Pd, Pt, Ti.

**[0052]** Alternativ zu einem Lotmaterial können die Kontaktstellen 3 auch aus demselben Material wie die Spiegelschicht 2 gebildet sein. In diesem Fall sind der Halbleiterkörper 1 und die Spiegelschicht 2 vorzugsweise mittels Thermokompression miteinander verbunden.

**[0053]** Die Kontaktstellen 3 stellen einen Abstand D zwischen Halbleiterkörper 1 und Spiegelschicht 2 ein. Aufgrund dieses Abstandes D entsteht zwischen Halbleiterkörper 1 und Spiegelschicht 2 zumindest ein Hohlraum 4. Im vorliegenden Ausführungsbeispiel entsteht genau ein Hohlraum 4, in welchem zahlreiche Kontaktstellen 3 angeordnet sind (vergleiche dazu auch die schematische Draufsicht auf die Spiegelschicht 2 der **Fig. 1B**). Der Hohlraum ist dabei mit einem Gas 40, vorliegend mit Luft, gefüllt. Als optimaler Abstand hat sich ein Abstand von wenigstens 100 nm und höchstens 1500 nm, vorzugsweise 1000 nm, herausgestellt.

**[0054]** Der Halbleiterchip umfasst ferner einen Träger 7, auf welchen die Spiegelschicht 2 aufgebracht ist. Dabei kann zwischen Träger 7 und Spiegelschicht 2 eine Sperrschicht 6 angeordnet sein, welche eine Diffusion von Metall aus der Spiegelschicht 2 zum Träger 7 hin unterbindet.

**[0055]** Der Träger 7 kann dabei ein Metall enthalten oder aus einem Metall bestehen. Zum Beispiel kann der Träger durch eine Molybdän-Folie gebildet sein.

Ferner ist es möglich, dass der Träger ein keramisches Material wie Aluminiumoxid enthält oder aus einem solchen besteht. Schließlich kann der Träger ein Halbleitermaterial enthalten oder aus einem solchen bestehen. Zum Beispiel bieten sich dafür die folgenden Materialien an: Silizium, Germanium, GaAs.

**[0056]** Die Sperrschicht **6** kann beispielsweise zumindest eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: Ni, Pd, Pt, Ti, TiW, TiN, TiW:N. Die Kontaktstellen **3** leiten den elektrischen Strom vom Träger **7** zum Halbleiterkörper **1** sowie einen Teil des Wärmestroms vom Halbleiterkörper **1** zum Träger **7**. Die Dichte und Größe der Kontaktpunkte, das heißt der Kontaktstellen **3**, muss dabei so klein gehalten werden wie möglich, um die Wirksamkeit der Spiegelschicht **2** sowie des Brechungsindexsprungs am Hohlraum **4** so hoch wie möglich zu halten. Zugleich muss die Dichte und die Größe der Kontaktpunkte ausreichend groß sein, damit der Chip elektrisch und thermisch belastbar ist und dabei mechanisch stabil bleibt. Dabei hat sich eine Größe der Kontaktstellen **3**, das heißt ein Durchmesser, von wenigstens 1 µm und höchstens 50 µm als vorteilhaft herausgestellt. Die Dichte der Kontaktstellen **3** entspricht bevorzugt einer Flächenbelegung der Spiegelschicht **2** von 0,5 % bis 50 %.

**[0057]** Die Kontaktpunkte können beispielsweise an den Gitterpunkten eines regelmäßigen Gitters - beispielsweise eines Rechteckgitters oder Dreieckgitters - angeordnet sein. Kontaktstellen **3** können mittels PVD, einem Druckverfahren oder als vorgeformte Teilchen zwischen die Spiegelschicht **2** und den Halbleiterkörper **1** eingebracht oder auf diese Komponenten aufgebracht sein.

**[0058]** Um den Gasspiegel mit den Kontaktstellen **3** gegen verschiedene Ätzschritte zu schützen, ist es ferner denkbar, eine Opferschicht für die Zeit der Prozessierung mit einzubinden.

**[0059]** Das heißt, es wird eine Opferschicht auf die Seitenflächen des Chips aufgebracht, welche eine Weiterprozessierung des Chips erlaubt, ohne dass die Kontaktstellen **3** angeätzt werden können. Diese Opferschicht kann nach Abschluss des Herstellungsverfahrens entfernt werden und zum Beispiel eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: negativer Photolack, positiver Photolack, Siliziumnitrid, Siliziumoxid.

**[0060]** In Verbindung mit den **Fig. 2A** und **Fig. 2B** ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips näher erläutert. In Ergänzung zum in Verbindung mit den **Fig. 1A** und **Fig. 1B** beschriebenen Ausführungsbeispiel ist in diesem Ausführungsbeispiel ein Passivierungsmaterial **5** rahmenförmig um den Hohlkörper zwischen Halbleiterkörper **1** und Spiegelschicht

**2** herum angeordnet. Das Passivierungsmaterial **5** schließt den Hohlraum **4** hermetisch ab. Auf diese Weise kann ein anderes Gas **40** als Luft in den Hohlraum **4** eingebracht werden. Beispielsweise finden dazu Helium oder Wasserstoff H<sub>2</sub> Verwendung, welche sich durch eine besonders hohe Wärmeleitfähigkeit auszeichnen. Das Gas kann dabei auch mit einem Druck kleiner als der Normaldruck zwischen Halbleiterkörper **1** und Spiegelschicht **2** eingebracht sein, wodurch sich die Wärmeleitfähigkeit weiter erhöht. Beispielsweise kann das Passivierungsmaterial **5** eines der folgenden Materialien enthalten oder aus einem der folgenden Materialien bestehen: Siliziumnitrid, Siliziumoxid, Silikon, Bisbenzocyclobuten.

**[0061]** In Verbindung mit den **Fig. 3A** und **Fig. 3B** ist ein drittes Ausführungsbeispiel eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterchips näher erläutert. In diesem Ausführungsbeispiel ist im Unterschied zum Ausführungsbeispiel der **Fig. 1A** und **Fig. 1B** eine Kontaktstelle **3** als geschlossene Bahn ausgeführt. Diese Kontaktstelle **3** umschließt weitere Kontaktstellen **3** rahmenförmig. Die als geschlossene Bahn ausgeführte Kontaktstelle **3** ist im Randbereich des Chips angeordnet. Neben ihren elektrischen und optischen Eigenschaften dient die Kontaktstelle **3** auch zur hermetischen Versiegelung des Hohlraums **4** zwischen Halbleiterkörper und Spiegelschicht. Auf diese Weise kann ein Gas **40** unter einem Druck kleiner als der Normaldruck im optoelektronischen Halbleiterchip versiegelt werden.

**[0062]** Eine solche rahmenförmige Kontaktschicht erweist sich als besonders vorteilhaft bei optoelektronischen Halbleiterchips mit großer Fläche der Spiegelschicht **2**, bei der die am Rand auftretende Absorption in der Kontaktstelle **3** weniger ins Gewicht fällt als bei kleineren Chips. Kommt die als geschlossene Bahn ausgeführte Kontaktstelle **3** bei kleineren Chips zur Verwendung, so bietet sich an, die Kontaktstelle **3** aus Silber auszubilden, das eine hohe Reflektivität aufweist. Auf diese Weise treten dann kaum Absorptionsverluste an der als geschlossene Bahn ausgeführten Kontaktstelle **3** auf. Als große Chips werden dabei Chips mit einer Kantenlänge größer als 500 µm bezeichnet. Kleine Chips sind entsprechend kleiner.

**[0063]** Die Kontaktierung der hier beschriebenen Halbleiterchips kann auf unterschiedlichen Weisen erfolgen: Es können ein strukturierter Oberseitenkontakt - wie zum Beispiel ein Bondpad - und ein ganzflächiger Unterseitenkontakt zum Einsatz kommen. Darüber hinaus können zwei strukturierte Oberseitenkontakte - zum Beispiel zwei Bondpads - zum Einsatz kommen. Ferner können zwei strukturierte Unterseitenkontakte zum Einsatz kommen - der Halbleiterchip kann dann zum Beispiel wie ein Flipchip montiert und elektrisch angeschlossen werden.

**Patentansprüche**

1. Optoelektronischer Halbleiterchip mit
  - einem Halbleiterkörper (1), der einen aktiven Bereich (10) enthält,
  - einer Spiegelschicht (2), und
  - Kontaktstellen (3), die zwischen Halbleiterkörper (1) und Spiegelschicht (2) angeordnet sind und einen Abstand (D) zwischen Halbleiterkörper (1) und Spiegelschicht (2) vermitteln, wodurch zumindest ein Hohlraum (4) zwischen Spiegelschicht (2) und Halbleiterkörper (1) gebildet ist, wobei
    - der zumindest eine Hohlraum (4) ein Gas (40) enthält, und
    - das Gas (40) mit einem Druck kleiner als der Normaldruck in zumindest einem der Hohlräume (4) eingeschlossen ist.
2. Optoelektronischer Halbleiterchip nach dem vorherigen Anspruch, bei dem zumindest eine Kontaktstelle (3) eine geschlossene Bahn bildet.
3. Optoelektronischer Halbleiterchip nach dem vorherigen Anspruch, bei dem zumindest über eine der Kontaktstellen (3) im Betrieb des optoelektronischen Halbleiterchips ein elektrischer Strom in den aktiven Bereich (10) eingepreßt wird.
4. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der zumindest eine Hohlraum (4) mit einem Passivierungsmaterial (5) versiegelt ist.
5. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem sich die Kontaktstellen (3) in direktem Kontakt mit dem Halbleiterkörper (1) befinden.
6. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem der Abstand (D) zwischen Spiegelschicht (2) und Halbleiterkörper (1) mindesten 10 nm und höchsten 10 µm beträgt.
7. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Kontaktstellen (3) und die Spiegelschicht (2) zumindest ein gemeinsames Metall enthalten.
8. Optoelektronischer Halbleiterchip nach dem vorherigen Anspruch, bei dem die Kontaktstellen (3) und die Spiegelschicht (2) aus dem gleichen Material bestehen.
9. Optoelektronischer Halbleiterchip nach einem der vorherigen Ansprüche, bei dem die Kontaktstellen (3) zumindest eines der folgenden Lotmaterialien enthalten: Sn, In, Ga, Bi.
10. Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleiterchips mit den folgenden Schritten:

- Bereitstellen eines Halbleiterkörpers (1) mit zumindest einem aktiven Bereich (10),
- Bereitstellen eines Trägers (7) mit einer Spiegelschicht (2),
- Aufbringen von Kontaktstellen (3) auf der Oberseite (2a) der Spiegelschicht (2) und/oder der Unterseite (1b) des Halbleiterkörpers (1),
- Verbinden von Halbleiterkörper (1) und Spiegelschicht (2) durch die Kontaktstellen (3) mittels Thermokompression,
- Ausbilden zumindest eines Hohlraumes (4) zwischen Spiegelschicht (2) und Halbleiterkörper (1), und
- einschließen eines Gases (40) mit einem Druck kleiner als der Normaldruck in zumindest einem der Hohlräume (4).

11. Verfahren nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Kontaktstellen (3) aus dem gleichen Material wie die Spiegelschicht (2) bestehen.

12. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Kontaktstellen (3) mittels eines Druckverfahrens aufgebracht werden.

13. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Kontaktstellen (3) mittels Aufdampfens aufgebracht werden.

14. Verfahren nach Anspruch 10 oder 11, wobei die Kontaktstellen (3) als Teilchen, insbesondere als Kügelchen, aufgebracht werden.

Es folgen 3 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

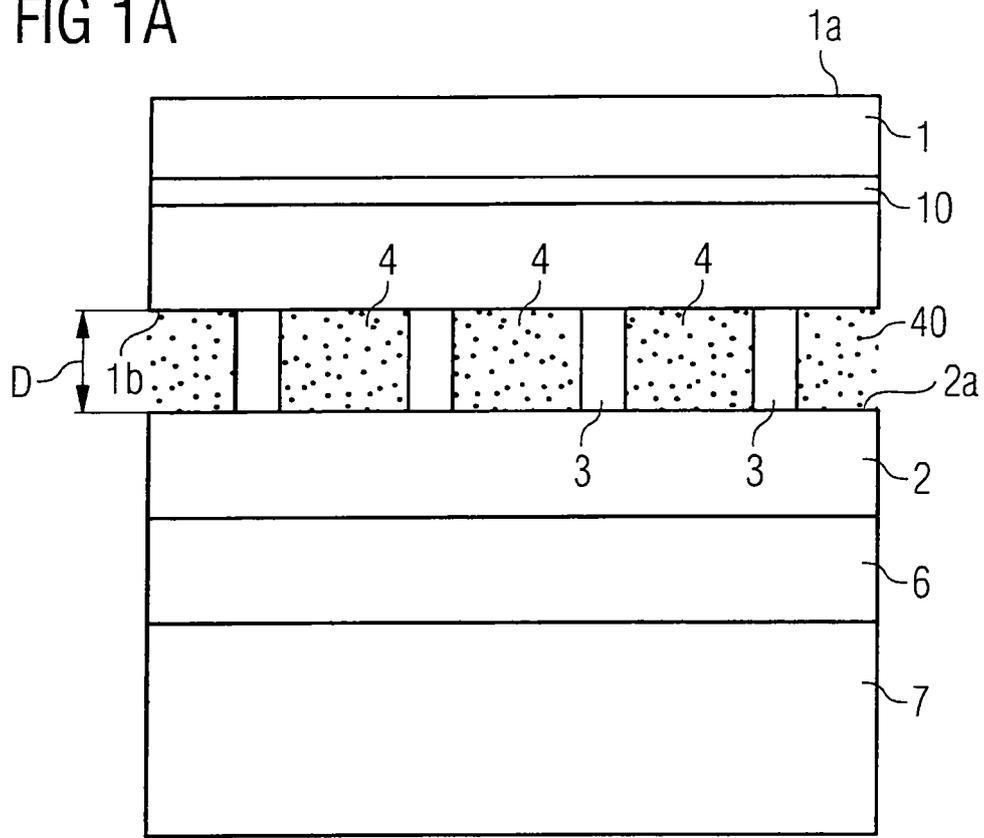


FIG 1B

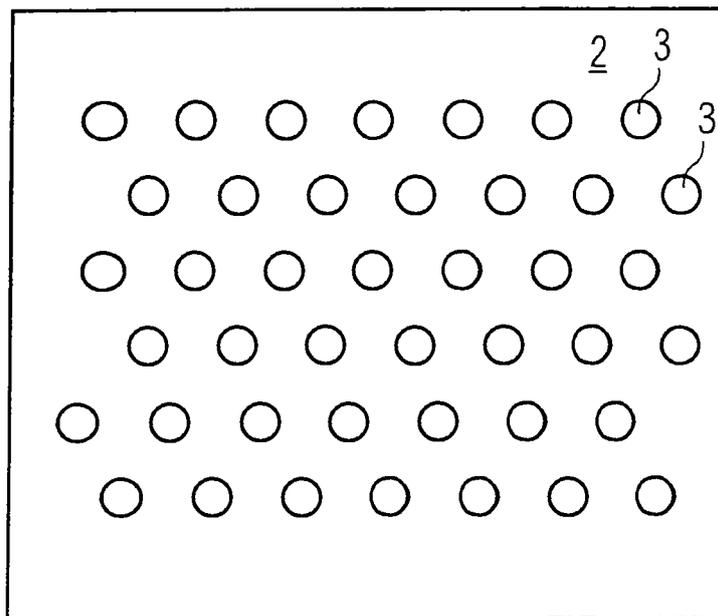


FIG 2A

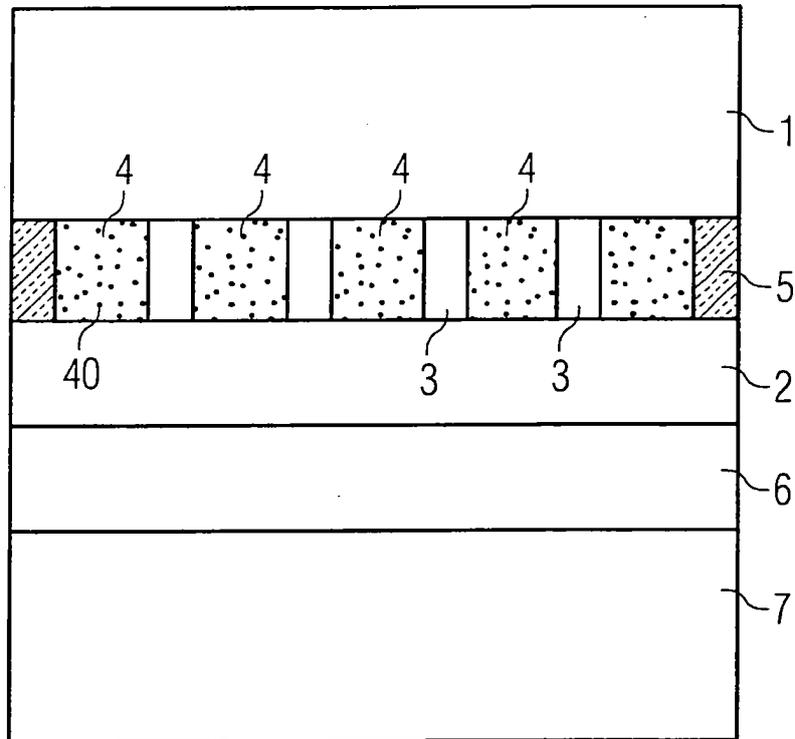


FIG 2B

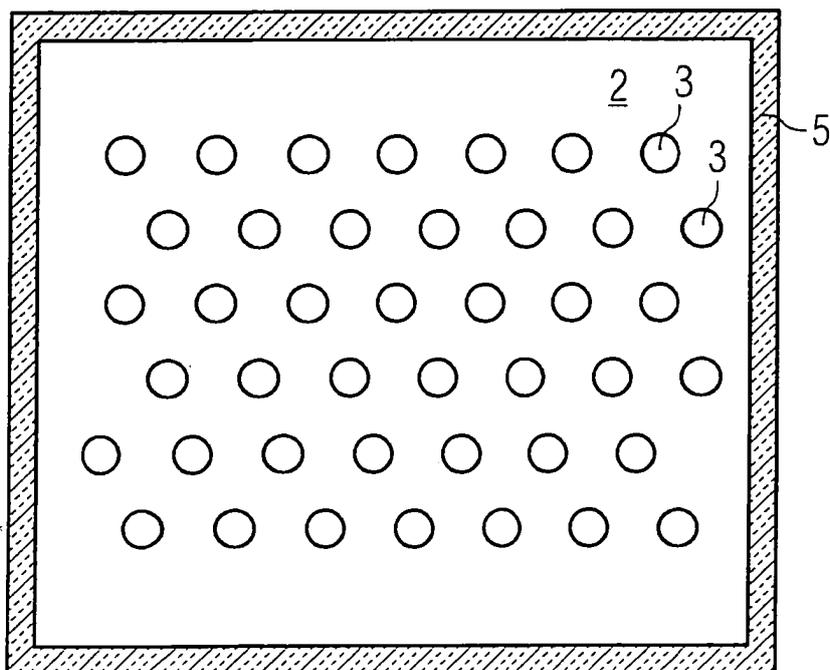


FIG 3A

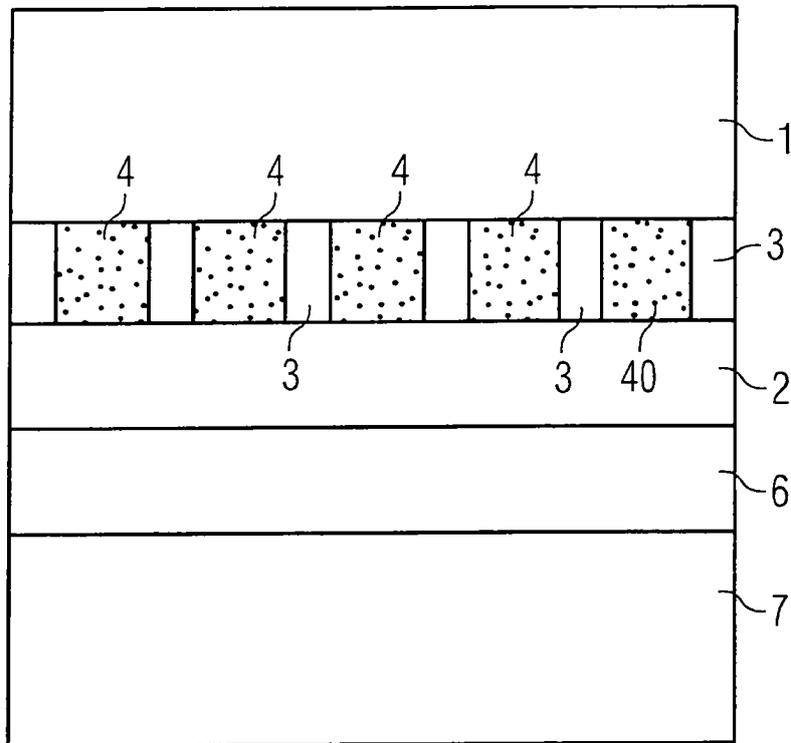


FIG 3B

