



(19)
Bundesrepublik Deutschland
Deutsches Patent- und Markenamt

(10) DE 10 2007 039 291 A1 2009.02.26

(12)

Offenlegungsschrift

(21) Aktenzeichen: 10 2007 039 291.7

(22) Anmeldetag: 20.08.2007

(43) Offenlegungstag: 26.02.2009

(51) Int Cl.⁸: H01L 33/00 (2006.01)

H01L 51/52 (2006.01)

H01L 31/02 (2006.01)

H01L 31/18 (2006.01)

H01S 5/022 (2006.01)

F21S 8/10 (2006.01)

(71) Anmelder:

OSRAM Opto Semiconductors GmbH, 93055
Regensburg, DE

(74) Vertreter:

Epping Hermann Fischer,
Patentanwaltsgeellschaft mbH, 80339 München

(72) Erfinder:

Köhler, Steffen, Dr., 93049 Regensburg, DE; Engl,
Moritz, Dr., 93055 Regensburg, DE; Singer, Frank,
93128 Regenstauf, DE; Grötsch, Stefan, 93077 Bad
Abbach, DE; Zeiler, Thomas, 93152 Nittendorf, DE;
Weiss, Mathias, 93047 Regensburg, DE

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

DE10 2004 025735 A1

DE10 2004 025775 A1

DE10 2004 025661 A1

EP 17 29 350 A2

US2002/00 18 911 A1

DE 102 19 951 A1

EP 03 05 112 B1

DE 199 63 550 A1

DE10 2004 045947 A1

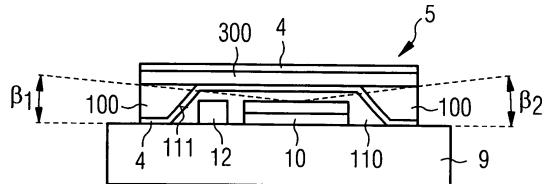
EP 07 31 509 A1

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

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

(54) Bezeichnung: Optoelektronisches Halbleitermodul und Verfahren zur Herstellung eines solchen

(57) Zusammenfassung: Es wird ein optoelektronisches Halbleitermodul angegeben mit einem Chipträger (9), einem auf dem Chipträger montierten lichtemittierenden Halbleiterchip (10) und einem Abdeckelement (5), das eine zumindest teilweise lichtdurchlässige Abdeckplatte (300), die auf der von dem Chipträger abgewandten Seite des Halbleiterchips angeordnet ist, und ein Rahmenteil (100) aufweist, wobei das Rahmenteil den Halbleiterchip seitlich umgibt, fügeschichtlos mit der Abdeckplatte verbunden ist und an seiner von der Abdeckplatte entfernten Seite mit dem Chipträger verbunden ist. Weiter wird ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleitermoduls angegeben.



Beschreibung

[0001] Die Erfindung betrifft ein optoelektronisches Halbleitermodul und ein Verfahren zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleitermoduls

[0002] Es ist eine Aufgabe der Erfindung, ein optoelektronisches Halbleitermodul anzugeben, das besonders gute optische Eigenschaften aufweist.

[0003] Diese Aufgabe wird durch ein optoelektronisches Halbleitermodul und ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Halbleitermoduls gemäß den nebengeordneten Ansprüchen gelöst. Vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Halbleitermoduls und des Verfahrens sind in den abhängigen Ansprüchen angegeben. Der Offenbarungsgehalt der Patentansprüche wird hiermit explizit durch Rückbezug in die Beschreibung mit aufgenommen.

[0004] Ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß der Erfindung weist einen Chipträger auf, auf dem ein lichtemittierender Halbleiterchip montiert ist.

[0005] Der Chipträger enthält beispielsweise ein keramisches Material, zum Beispiel Aluminiumnitrid. Bei einer Ausgestaltung weist der Chipträger eine Leiterbahnstruktur zur elektrischen Kontaktierung des lichtemittierenden Halbleiterchips auf. Bei einer Weiterbildung hat der Chipträger eine Mehrlagenstruktur und weist eine Leiterbahnstruktur auf, die stellenweise im Inneren des Chipträgers verläuft. Beispielsweise ist der Chipträger eine Metallkernplatine. So wird insbesondere eine Leiterbahnstruktur erzielt, die zwei Leiterbahnen aufweist, die sich in Draufsicht auf die Hauptstreckungsebene des Chipträgers überschneiden und/oder kreuzen und die elektrisch voneinander isoliert sind.

[0006] Bei dem lichtemittierenden Halbleiterchip handelt es sich vorzugsweise um eine Leuchtdiode (LED, light emitting diode). Alternativ kann es sich um eine organische Leuchtdiode (OLED, organic light emitting diode) oder eine Laserdiode handeln.

[0007] Das optoelektronische Halbleitermodul ist im Folgenden in Verbindung mit einem lichtemittierenden Halbleiterchip beschrieben. Alternativ kann jedoch statt einem lichtemittierenden auch ein lichtempfängernder Halbleiterchip wie eine Fotodiode oder ein lichtemittierender und -empfängernder Halbleiterchip verwendet sein.

[0008] Unter „lichtemittierend“ bzw. „lichtempfängernd“ wird im vorliegenden Zusammenhang verstanden, dass der Halbleiterchip elektromagnetische Strahlung im infraroten, sichtbaren und/oder ultravioletten Spektralbereich aussendet und/oder detektiert.

[0009] Der lichtemittierende Halbleiterchip weist insbesondere eine aktive Halbleiterschichtenfolge auf, die einen pn-Übergang, eine Doppelheterostruktur, einen Einfach-Quantentopf oder eine Mehrfach-Quantentopfstruktur (MQW) zur Lichterzeugung und/oder zum Lichtempfang umfasst.

[0010] Die Bezeichnung Quantentopfstruktur entfällt hierbei keine Bedeutung hinsichtlich der Dimensionalität der Quantisierung. Sie umfasst somit u. a. Quantentröge, Quantendrähte und Quantenpunkte und jede Kombination dieser Strukturen. Beispiele für MQW-Strukturen sind in den Druckschriften WO 01/39282, US 5,831,277, US 6,172,382 B1 und US 5,684,309 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0011] Bei einer Ausgestaltung ist der Halbleiterchip ein Dünnfilm-Halbleiterchip.

[0012] Ein Dünnfilm-Halbleiterchip zeichnet sich insbesondere durch mindestens eines der folgenden charakteristischen Merkmale aus:

- an einer zu einem Epitaxieträgerelement hin gewandten ersten Hauptfläche einer epitaktischen aktiven Halbleiterschichtenfolge ist eine reflektierende Schicht aufgebracht oder ausgebildet, die zumindest einen Teil des in der aktiven Halbleiterschichtenfolge erzeugten Lichts in diese zurückreflektiert;
- der Dünnfilm-Halbleiterchip umfasst ein Epitaxieträgerelement, bei dem es sich nicht um das Wachstumssubstrat handelt, auf dem die aktive Halbleiterschichtenfolge epitaktisch gewachsen wurde, sondern um ein separates Epitaxieträgerelement, das nachträglich an der epitaktischen aktiven Halbleiterschichtenfolge befestigt wurde,
- das Wachstumssubstrat der epitaktischen aktiven Halbleiterschichtenfolge ist von der epitaktischen aktiven Halbleiterschichtenfolge entfernt oder derart gedünnt, dass es zusammen mit der epitaktischen aktiven Halbleiterschichtenfolge alleine nicht frei tragend ist, oder
- die epitaktische aktive Halbleiterschichtenfolge weist eine Dicke im Bereich von 20 µm oder weniger, insbesondere im Bereich von 10 µm oder weniger auf.

[0013] Das Epitaxieträgerelement ist bevorzugt durchlässig für eine von dem Halbleiterchip emittierte Strahlung ausgebildet.

[0014] Weiterhin enthält die epitaktische aktive Halbleiterschichtenfolge bevorzugt mindestens eine Halbleiterschicht mit zumindest einer Fläche, die eine Durchmischungsstruktur aufweist, die im Idealfall zu einer annähernd ergodischen Verteilung des Lichtes in der epitaktischen Epitaxieschichtenfolge führt, d. h. sie weist ein möglichst ergodisch stochastisches

Streuverhalten auf.

[0015] Ein Grundprinzip eines Dünnfilm-Leuchtdiodenchips ist beispielsweise in I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, S. 2174–2176 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird. Beispiele für Dünnfilm-Leuchtdioden-Chips sind in den Druckschriften EP 0905797 A2 und WO 02/13281 A1 beschrieben, deren Offenbarungsgehalt insofern hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

[0016] Ein Dünnfilm-Leuchtdioden-Chip ist in guter Näherung ein Lambert'scher Oberflächenstrahler und eignet sich von daher besonders gut für die Anwendung in einem Scheinwerfer.

[0017] Bei einer Ausgestaltung weist der Halbleiterchip eine Lumineszenzkonversionsschicht auf, die auf die aktive Halbleiterschichtenfolge aufgebracht ist.

[0018] Die Lumineszenzkonversionsschicht weist mindestens einen Leuchtstoff, insbesondere einen anorganischen Leuchtstoff auf. Bei dem Leuchtstoff handelt es sich zum Beispiel um Yttrium-Aluminat-Granat, das mit einem Selten-Erd-Material wie Cer dotiert ist. Auch andere Granat-Leuchtstoffe und weitere Leuchtstoffe wie Aluminate und/oder Orthosilikate sind denkbar.

[0019] Die Lumineszenzkonversionsschicht konvertiert die Wellenlänge von der aktiven Halbleiterschichtenfolge in einem ersten Spektralbereich emittierten Lichts in einen zweiten, von dem ersten verschiedenen Spektralbereich. Bei einer Ausgestaltung sendet der Halbleiterchip Mischlicht aus, das unkonvertiertes Licht des ersten Spektralbereichs (Primärstrahlung) und konvertiertes Licht des zweiten Spektralbereichs (Sekundärstrahlung) enthält. Beispielsweise erzeugt das von dem Halbleiterchip mit Lumineszenzkonversionsschicht ausgesandte Licht einen weißen Farbeindruck.

[0020] Weiter wird ein Abdeckelement für ein optoelektronisches Halbleiterbauelement angegeben. Das optoelektronische Halbleitermodul weist ein solches Abdeckelement auf. Das Abdeckelement weist eine Abdeckplatte und ein Rahmenteil auf. Die Abdeckplatte ist zumindest teilweise für das von dem Halbleiterchip emittierte und/oder empfangene Licht durchlässig. Bei einer Ausgestaltung ist die Abdeckplatte transparent. Das Rahmenteil ist bei einer Ausgestaltung lichtundurchlässig oder zumindest für von dem Halbleiterchip emittiertes Licht undurchlässig.

[0021] Das Abdeckelement, insbesondere die Abdeckplatte, weist bei einer Ausgestaltung ein keramisches Material und/oder ein Glasmaterial auf. Das Rahmenteil weist bei einer Ausgestaltung ein Halblei-

termaterial auf.

[0022] Mit Vorteil sind keramische Materialien, Glasmaterialien und/oder Halbleitermaterialien sind besonders gut für Scheinwerferanwendungen geeignet, bei denen beispielsweise oft hohe Betriebstemperaturen und, insbesondere bei Scheinwerfern für Kraftfahrzeuge, große und/oder häufige Temperaturschwankungen auftreten. Insbesondere hat das optoelektronische Halbleitermodul eine hohe Lebensdauer.

[0023] Vorteilhafterweise haben Abdeckelemente mit keramischen Materialien, Glasmaterialien und/oder Halbleitermaterialien gute optische Eigenschaften, insbesondere wird eine präzise Strahlformung erzielt. Das optoelektronische Halbleitermodul ist daher beispielsweise besonders gut zur Verwendung in einer Projektionsvorrichtung geeignet, insbesondere zur Darstellung einer Information, die beispielsweise eine Mehrzahl von Bildpunkten aufweist.

[0024] Mittels des Abdeckelements wird die Gefahr einer Verschmutzung und/oder einer mechanischen Beschädigung des Halbleiterchips und gegebenenfalls eines Bonddrahts, mit dem der Halbleiterchip elektrisch mit dem Chipträger kontaktiert ist, verringert.

[0025] Auf eine Einbettung des Halbleiterchips in eine Vergussmasse kann mit Vorteil verzichtet werden. Stattdessen erfolgt die Auskopplung und/oder Einkopplung des von dem Halbleiterchip emittierten und/oder empfangenen Lichts gegen Luft.

[0026] Mit anderen Worten ist vorzugsweise ein von dem Abdeckelement und dem Chipträger umschlossener Bereich, der den Halbleiterchip enthält, frei von einer den Halbleiterchip verkapselnden Vergussmasse.

[0027] Mit Vorteil ist die Effizienz der Auskopplung auf diese Weise bei einem lichtemittierenden Dünnfilm-Halbleiterchip zum Beispiel um etwa 15% und bei einem Halbleiterchip mit einer Lumineszenzkonversionsschicht beispielsweise um etwa 25% gegenüber einer Auskopplung in eine Vergussmasse erhöht.

[0028] Die Abdeckplatte des Abdeckelements ist auf der von dem Chipträger abgewandten Seite des Halbleiterchips angeordnet. Das Rahmenteil des Abdeckelements umgibt den Halbleiterchip seitlich.

[0029] Bei einer Ausführungsform umschließt das Rahmenteil den Halbleiterchip in Draufsicht auf den Chipträger vollständig. Bei einer Weiterbildung dieser Ausgestaltung umschließen das Abdeckelement und der Chipträger einen Innenraum, der den Halbleiterchip enthält, vollständig. Mit Vorteil ist der Halbleiter-

chip so beispielsweise gegen Staub und/oder Feuchtigkeit geschützt.

[0030] Bei einer alternativen Ausführungsform enthält das Rahmeneil zumindest einen Durchbruch. Beispielsweise besteht das Rahmeneil aus einer Mehrzahl von einzelnen, voneinander beabstandeten Teilstücken wie Stegen und/oder Pfosten. Auf diese Weise wird eine gute Dissipation von Verlustwärme, welche im Betrieb des Halbleiterchips erzeugt wird, erzielt. Diese Ausführungsform ist auch vorteilhaft, wenn das Abdeckelement, der Chipträger und/oder gegebenenfalls eine Befestigungsschicht, mittels welcher das Abdeckelement mit dem Chipträger verbunden ist, einen insbesondere gasförmigen Stoff absondert, bei dem die Gefahr besteht, dass er sich in einem vollständig abgeschlossenen Innenraum anreichert und die Effizienz und/oder die Lebensdauer des Halbleitermoduls beeinträchtigt.

[0031] Das Rahmeneil ist fügeschichtlos mit der Abdeckplatte verbunden und vorzugsweise an seiner von der Abdeckplatte entfernten Seite mit dem Chipträger verbunden, insbesondere mechanisch stabil befestigt.

[0032] Unter einer fügeschichtlosen Verbindung zwischen der Abdeckplatte und dem Rahmeneil wird im vorliegenden Zusammenhang eine mechanisch stabile Verbindung verstanden, die nicht mittels einer separaten, auf das Rahmeneil und/oder die Abdeckplatte aufgebrachten Haftvermittlungsschicht – wie etwa einer Klebstoffschicht – hergestellt ist. Mit anderen Worten ist die Verbindung klebstofffrei hergestellt. Bevorzugt weist das Abdeckelement keine zwischen dem Rahmeneil und der Abdeckplatte angeordnete Verbindungsschicht auf. Vielmehr grenzen die Abdeckplatte und das Rahmeneil insbesondere direkt aneinander an. Es handelt sich, anders ausgedrückt, vorzugsweise um eine stoffschlüssige Verbindung zwischen der Abdeckplatte und dem Rahmeneil. Insbesondere ist die Verbindung unlösbar, also nur durch Zerstörung der Abdeckplatte und/oder des Rahmeneils lösbar.

[0033] Fügeschichten und/oder überschüssiges Fügeschichtmaterial, etwa Klebstoffkehlen, sind oft Quellen für unerwünschtes Streulicht und/oder für unerwünschte Reflexionen. Mit der fügeschichtlosen Verbindung von Abdeckplatte und Rahmeneil wird vorteilhafterweise die Gefahr verringert, dass das Abdeckelement unerwünschtes Streulicht und/oder unerwünschte Reflexionen verursacht. Das optoelektronische Halbleitermodul weist so besonders gute optische Eigenschaften, insbesondere einen hohen Kontrast und/oder eine scharfe Begrenzung der leuchtenden Fläche, auf.

[0034] Bei einer Ausgestaltung sendet das optoelektronische Halbleitermodul im Betrieb Lichtstrahlen

aus, die mit der Hauptstreckungsebene des Chipträgers einen Winkel von kleiner oder gleich 10°, bevorzugt von kleiner oder gleich 8°, besonders bevorzugt von kleiner oder gleich 6° einschließen. Derart flache Abstrahlwinkel werden vorteilhafterweise aufgrund der vermittelten fügeschichtlosen Verbindung zwischen Abdeckplatte und Rahmeneil besonders geringen Toleranzen des Abdeckelements erzielt. Auf diese Weise beleuchtet das Halbleitermodul beispielsweise mit Vorteil einen besonders großen Raumwinkelbereich.

[0035] Bei einer Ausgestaltung weist das Rahmeneil mindestens eine dem Halbleiterchip zugewandte schräge Seitenfläche auf. Anders ausgedrückt verläuft mindestens eine Innenfläche des Rahmeneils in einem Winkel zur Hauptstreckungsebene des Rahmeneils, der von einem rechten Winkel abweicht. Die Hauptstreckungsebene des Rahmeneils ist insbesondere parallel zur Hauptstreckungsebene der Abdeckplatte.

[0036] Handelt es sich bei der Seitenfläche nicht um eine ebene Fläche, sondern beispielsweise um eine Rotationsfläche, so ist unter dem Winkel zwischen der schrägen Seitenfläche und der Hauptstreckungsebene derjenige Winkel zu verstehen, den die schräge Seitenfläche und die Hauptstreckungsebene in einer Schnittebene miteinander einschließen, welche auch das Lot auf die Hauptstreckungsebene des Rahmeneils enthält.

[0037] Bei einer Ausführungsform schließt die schräge Seitenfläche mit der Hauptstreckungsebene des Rahmeneils einen Winkel von zwischen 40° und 70°, beispielsweise zwischen 50° und 60°, bevorzugt zwischen 53° und 56°, besonders bevorzugt von etwa 54,7° ein. Die Grenzen der Winkelbereich sind hierbei jeweils eingeschlossen. Der Winkel weicht insbesondere um 0,5° oder weniger von 54,7° ab. Bei einer anderen Ausführungsform ist der Winkel größer oder gleich 80°.

[0038] Alternativ oder zusätzlich zu einer schrägen Seitenfläche kann der Rahmen auch eine dem Halbleiterchip zugewandte, gekrümmte verlaufende Seitenfläche aufweisen.

[0039] Bei einer anderen Ausführungsform verkleinert sich ein lateraler Abstand zwischen der schrägen oder gekrümmten Seitenfläche und dem Halbleiterchip im Verlauf von dem Chipträger zur Abdeckplatte hin. Anders ausgedrückt verringert sich ein lateraler Abstand zwischen einer Außenkante der Abdeckplatte und der schrägen Innenfläche des Rahmeneils im Verlauf von der Abdeckplatte weg.

[0040] Mit Vorteil schattet die schräge oder gekrümmte Seitenfläche bei dieser Ausführungsform einen definierten Teil des von dem lichtemittierenden

Halbleiterchip im Betrieb emittierten Lichts ab. Die der Abdeckplatte benachbarte – und insbesondere an diese angrenzende – Kante der schrägen oder gekrümmten Seitenfläche stellt mit Vorteil eine scharfe Grenze für den abgeschatteten Teil, eine sogenannte „Shutterkante“ dar. Dies ist insbesondere für die Verwendung des Halbleitermoduls in einem Scheinwerfer, beispielsweise in einem Kraftfahrzeugscheinwerfer, von Vorteil.

[0041] Von dem Halbleiterchip emittiertes Licht, das auf die schräge Innenfläche auftrifft, wird bei dieser Ausführungsform vorteilhafterweise nicht oder nur zu einem geringen Teil direkt durch die Abdeckplatte hindurch aus dem Halbleitermodul ausgekoppelt. Dies ist insbesondere von Vorteil, wenn das Halbleitermodul in einem Scheinwerfer verwendet ist. Beispielsweise wird auf diese Weise eine hohe Homogenität der Leuchtdichte über die lichtemittierende Fläche des Halbleitermoduls erzielt.

[0042] Bei einer senkrecht auf der Haupterstreckungsebene des Rahmenteils stehenden Seitenfläche oder einer Seitenfläche, deren lateraler Abstand zum Halbleiterchip sich im Verlauf von dem Chipträger zur Abdeckplatte hin vergrößert, besteht dagegen eine größere Gefahr, dass das Rahmenteil im Betrieb des Halbleitermoduls mitleuchtet. Dies ist bei Scheinwerferanwendungen oft nicht erwünscht.

[0043] Bei einer alternativen Ausführungsform vergrößert sich ein lateraler Abstand zwischen der schrägen oder gekrümmten Seitenfläche und dem Halbleiterchip im Verlauf von dem Chipträger zur Abdeckplatte hin.

[0044] Auf diese Weise wird mit Vorteil ein besonders hoher Anteil des unter flachen Winkeln aus dem Halbleiterchip emittierten Lichts in Richtung der Abdeckplatte umgelenkt und aus dem Halbleitermodul ausgekoppelt. Das optoelektronische Halbleitermodul ist in dieser Ausführungsform besonders gut für die Allgemeinbeleuchtung, beispielsweise für die Verwendung in Leuchten, insbesondere zur Beleuchtung von Innenräumen wie Büroräumen oder Flugzeugkabinen geeignet.

[0045] Bei einer vorteilhaften Ausgestaltung sind die thermischen Wärmeausdehnungskoeffizienten der Abdeckplatte und des Rahmenteils und/oder die Wärmeausdehnungskoeffizienten des Rahmenteils und des Chipträgers aufeinander abgestimmt. Insbesondere unterscheiden sich die Wärmeausdehnungskoeffizienten der Abdeckplatte, des Rahmenteils und des Chipträgers um $2 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder weniger, vorzugsweise um $1,5 \times 10^{-6} \text{ } 1/\text{ }^{\circ}\text{C}$ oder weniger. Der Wärmeausdehnungskoeffizient gibt dabei an, um welchen Betrag im Verhältnis zur gesamten Länge, sich ein fester Körper bei einer Temperaturänderung von einem Grad Kelvin beziehungsweise einem Grad Celsius vergrößert oder verkleinert. Vorteilhafterweise verringern aufeinander abgestimmte Wärmeausdehnungskoeffizienten mechanische Belastungen bei Temperaturschwankungen, so dass das Abdeckelement und das optoelektronische Halbleitermodul auch bei häufigen Temperaturwechseln eine hohe Lebensdauer aufweisen. Dies ist beispielsweise für die Verwendung bei der Kraftfahrzeugbeleuchtung besonders vorteilhaft.

Celsius vergrößert oder verkleinert. Vorteilhafterweise verringern aufeinander abgestimmte Wärmeausdehnungskoeffizienten mechanische Belastungen bei Temperaturschwankungen, so dass das Abdeckelement und das optoelektronische Halbleitermodul auch bei häufigen Temperaturwechseln eine hohe Lebensdauer aufweisen. Dies ist beispielsweise für die Verwendung bei der Kraftfahrzeugbeleuchtung besonders vorteilhaft.

[0046] Bei einer Ausgestaltung des optoelektronischen Halbleitermoduls ist die Abdeckplatte mit einer Antireflex-Schicht versehen. Die Antireflex-Schicht verringert insbesondere den Reflexionskoeffizienten der Abdeckplatte für von dem Halbleiterchip emittiertes Licht. Die Abdeckplatte ist auf der dem Halbleiterchip zugewandten und/oder auf der vom Halbleiterchip abgewandten Seite mit der Antireflex-Schicht versehen.

[0047] Bei einer weiteren Ausgestaltung ist das Rahmenteil an einer von der Abdeckplatte abgewandten und insbesondere dem Chipträger zugewandten Seite mit einer elektrischen Isolationsschicht versehen. Beispielsweise bei einem elektrisch leitfähigen Rahmenteil isoliert die elektrische Isolationsschicht das Rahmenteil mit Vorteil elektrisch von mindestens einer Leiterbahn der Leiterbahnstruktur des Chipträgers.

[0048] Alternativ oder zusätzlich zu einer schrägen Seitenwand des Rahmenteils einen definierten Teil des von dem lichtemittierenden Halbleiterchip im Betrieb emittierten Lichts abschattet, ist bei einer anderen Ausgestaltung die Abdeckplatte stellenweise mit einer reflektierenden und/oder absorbierenden Schicht versehen. Die reflektierende und/oder absorbierende Schicht reflektiert bzw. absorbiert von dem Halbleiterchip emittiertes Licht und schattet so vorteilhafterweise einen weiteren definierten Teil des von dem lichtemittierenden Halbleiterchip im Betrieb emittierten Lichts ab. Insbesondere transmittiert die reflektierende und/oder absorbierende Schicht weniger als 15%, bevorzugt weniger als 5%, besonders bevorzugt weniger als 2% des Lichts, mit welchem sie von dem Halbleiterchip beleuchtet wird.

[0049] Beispielsweise wird mittels der reflektierenden und/oder absorbierenden Schicht eine asymmetrische Geometrie des Lichtauskoppelbereichs der Abdeckplatte erzielt, also desjenigen Bereichs der Abdeckplatte, durch den hindurch Licht aus dem Halbleitermodul ausgekoppelt wird. Ein asymmetrischer Lichtauskoppelbereich ist beispielsweise bei der Verwendung des optoelektronischen Halbleitermoduls für einen Abblendlicht-Scheinwerfer eines Kraftfahrzeugs vorteilhaft. Die reflektierende und/oder absorbierende Schicht enthält beispielsweise ein Tantalnitrid wie TaN, Silizium und/oder Chrom oder besteht aus einem dieser Materialien.

[0050] Bei einer anderen Ausgestaltung weist die Abdeckplatte ein Strahlformungselement auf. Das Strahlformungselement ist vorzugsweise mit der Abdeckplatte integriert ausgebildet, insbesondere weist die Abdeckplatte einen Vorsprung und/oder eine Vertiefung auf. Beispielsweise enthält die Abdeckplatte ein Linsenelement und/oder ein Prismenelement, an welchem durch die Abdeckplatte tretendes Licht gebrochen und/oder reflektiert wird.

[0051] Bei einer weiteren Ausgestaltung ist die Abdeckplatte mit einem Leuchtstoff versehen. Als Leuchtstoffe sind beispielsweise die in Zusammenhang mit der Lumineszenzkonversionsschicht des Halbleiterchips beschriebenen Leuchtstoffe geeignet. Der Leuchtstoff kann auf die Abdeckplatte aufgebracht sein, zum Beispiel mittels eines Aufdampf- oder eines Pulverbeschichtungsverfahrens. Alternativ oder zusätzlich kann der Leuchtstoff oder ein weiterer Leuchtstoff in der Abdeckplatte enthalten sein. Zum Beispiel ist der Leuchtstoff oder der weitere Leuchtstoff in die Abdeckplatte eingeschmolzen.

[0052] Bei einer weiteren Ausgestaltung ist das Rahmenteil an den Chipträger gelötet. Insbesondere bei einem Rahmenteil, das in Draufsicht auf seine Haupterstreckungsebene den Halbleiterchip vollständig umschließt, wird so eine besonders gute Dichtigkeit des von dem Abdeckelement und dem Chipträger umschlossenen Innenraums erzielt.

[0053] Bei einer Ausgestaltung enthält das Rahmenteil Silizium. Bei einer weiteren Ausgestaltung enthält die Abdeckplatte Borsilikatglas, bei dem es sich insbesondere um ein Floatglas handelt. Beispielsweise weist das Borsilikatglas etwa 80–81% SiO₂, etwa 13% B₂O₃, etwa 2–2,5% Al₂O₃ und etwa 4% Na₂O und/oder K₂O auf. Derartiges Borsilikatglas ist beispielsweise unter den Markennamen „Pyrex“ oder „Borofloat 33“ (BF33) erhältlich. Bei einer vorteilhaften Weiterbildung weist die Abdeckplatte Borsilikatglas und das Rahmenteil Silizium auf. Mit Vorteil weichen die Wärmeausdehnungskoeffizienten von Borsilikatglas und Silizium nur geringfügig voneinander ab, sie sind also aufeinander abgestimmt. Bei einer weiteren Ausgestaltung enthält der Chipträger Aluminiumnitrid. Vorteilhafterweise ist der Wärmeausdehnungskoeffizient von Aluminiumnitrid sowohl auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Borsilikatglas als auch auf den Wärmeausdehnungskoeffizienten von Silizium abgestimmt. Vorteilhafterweise unterscheiden sich die Werte der Wärmeausdehnungskoeffizienten von Borsilikatglas, Silizium und Aluminiumnitrid um 2×10^{-6} 1/°C oder weniger, insbesondere um $1,5 \times 10^{-6}$ 1/°C oder weniger.

[0054] Das optoelektronische Halbleitermodul ist zum Beispiel in einem Scheinwerfer, insbesondere einem Kraftfahrzeugscheinwerfer enthalten. Bei einer alternativen Ausführungsform ist das optoelektronische Halbleitermodul in einer Projektionsvorrichtung enthalten. Bei einer wiederum anderen Ausführungsform ist es in einer Leuchte enthalten, die insbesondere zur Allgemeinbeleuchtung, etwa zur Beleuchtung eines Innenraums wie eines Büros oder einer Flugzeugkabine, vorgesehen ist.

nische Halbleitermodul in einer Projektionsvorrichtung enthalten. Bei einer wiederum anderen Ausführungsform ist es in einer Leuchte enthalten, die insbesondere zur Allgemeinbeleuchtung, etwa zur Beleuchtung eines Innenraums wie eines Büros oder einer Flugzeugkabine, vorgesehen ist.

[0055] Ein Verfahren zum Herstellen eines Abdeckelements für ein optoelektronisches Halbleitermodul umfasst die Schritte:

- Bereitstellen eines lichtdurchlässigen Abdeckplattenwafers und eines Rahmenwafers;
- Herstellen einer Öffnung in dem Rahmenwafer;
- Fügeschichtloses Befestigen des Rahmenwafers an dem Abdeckplattenwafers;
- Abtrennen eines Abdeckelements aus dem Verbund von Rahmenwafer und Abdeckplattenwafer, wobei ein abgetrenntes Teilstück des Abdeckplattenwafers eine Abdeckplatte des Abdeckelements bildet, und ein abgetrenntes Teilstück des Rahmenwafers, das die Öffnung zumindest teilweise enthält, ein mit der Abdeckplatte verbundenes Rahmenteil des Abdeckelements bildet.

[0056] Die Öffnung hat beispielsweise eine kreisförmige, ellipsenförmige, rechteckige oder quadratische Querschnittsfläche und ist vollständig in dem Teilstück des Rahmenwafers enthalten, welches das Rahmenteil bildet.

[0057] Bei einer anderen Ausgestaltung hat die Öffnung einen streifenförmigen Querschnitt. Bei einem streifenförmigen Querschnitt hat die Länge vorzugsweise einen um einen Faktor größer oder gleich 2, besonders bevorzugt um einen Faktor größer oder gleich 5 höheren Wert als die Breite. Insbesondere enthält das Teilstück des Rahmenwafers, welches das Rahmenteil bildet, nur einen Teilbereich der Öffnung. Anders ausgedrückt wird bei dieser Ausgestaltung ein Abdeckelement abgetrennt, dessen Rahmenteil zwei voneinander abstandete, disjunkte Teilstücke wie Stege aufweist. Zum Beispiel hat mindestens eines der Teilstücke mit der Abdeckplatte eine gemeinsame Kante.

[0058] Mittels der fügeschichtlosen Verbindung des Rahmenwafers und des Abdeckplattenwafers wird vorteilhafterweise eine besonders genaue Positionierung der Abdeckplatte und des Rahmenteils erzielt. Mit Vorteil wird auf diese Weise ein Abdeckelement hergestellt, das besonders geringe Fertigungstoleranzen aufweist. Auf diese Weise wird beispielsweise ein Abdeckelement mit besonders geringen Abmessungen erzielt.

[0059] Vorzugsweise wird bei dem Verfahren eine Mehrzahl von Öffnungen in dem Rahmenwafer hergestellt und der Verbund von Rahmenwafer und Abdeckplattenwafer mittels Schnitten durch den Verbund zu einer Mehrzahl von Abdeckelementen ver-

einzel.

[0060] Das Abtrennen des Abdeckelements aus dem Verbund von Rahmenwafer und Abdeckplattenwafer erfolgt bevorzugt mittels Schnitten durch den Verbund, wobei die Schnitte das Teilstück des Abdeckplattenwafers abtrennen, das die Abdeckplatte des Abdeckelements bildet, und das Teilstück des Rahmenwafers abtrennen, das die Öffnung zumindest teilweise enthält und ein mit der Abdeckplatte verbundenes Rahmenelement bildet. Die Schnitte werden vorzugsweise mittels eines Sägeverfahrens, eines Lasertrennverfahrens oder eines nass- oder trocken-chemischen Ätzverfahrens erzeugt.

[0061] Das Herstellen der fügeschichtlosen Verbindung des Rahmenwafers mit dem Abdeckplattenwafer umfasst bei einer Ausgestaltung einen anodischen Bondprozess. Bei dem anodischen Bondprozess werden der Rahmenwafer und der Abdeckplattenwafer in mechanischen Kontakt gebracht und es wird eine elektrische Spannung zwischen dem Rahmenwafer und dem Abdeckplattenwafer angelegt. Das Anlegen der elektrischen Spannung erfolgt vorzugsweise bei einer gegenüber Raumtemperatur erhöhten Temperatur. Zumindest die Fläche des Rahmenwafers die mit dem Abdeckplattenwafer in mechanischen Kontakt gebracht wird, und/oder die Fläche des Abdeckplattenwafers, die mit dem Rahmenwafer in mechanischen Kontakt gebracht wird, ist vorzugsweise poliert.

[0062] Bei einer Weiterbildung weist der Rahmenwafer Silizium auf oder besteht daraus. Insbesondere handelt es sich bei dem Rahmenwafer um einen einkristallinen Siliziumwafer in (100)-Orientierung, der vorzugsweise beidseitig poliert ist. Der Rahmenwafer hat zum Beispiel einen Durchmesser von 6 Zoll oder von 8 Zoll.

[0063] Der Abdeckplattenwafer weist beispielsweise ein keramisches Material und/oder ein Glasmaterial, insbesondere Borsilikatglas, auf oder besteht daraus. Vorzugsweise enthält das Glasmaterial Natriumoxid. Zwischen einem Abdeckplattenwafer, der Natriumoxid enthält und einem Rahmenwafer, der Silizium enthält, wird vorteilhafterweise bei dem anodischen Bondprozess eine besonders stabile mechanische Verbindung hergestellt.

[0064] Bei einer anderen Ausgestaltung umfasst das Herstellen der Öffnung ein nass- und/oder trockenchemisches Ätzverfahren, etwa mittels Kaliumhydroxid und/oder Tetramethylammoniumhydroxid, und/oder ein Sandstrahlverfahren, etwa mittels Aluminiumoxid-Pulver. Hierzu wird vorzugsweise eine strukturierte Maskenschicht auf den Rahmenwafer aufgebracht, welche die Öffnung definiert, und durch welche hindurch das Ätzen und/oder Sandstrahlen erfolgt. Für die strukturierte Maskenschicht geeignete

Materialien sind beispielsweise Lacke, Metalle, Nitride wie Siliziumnitrid und/oder Oxide wie Siliziumoxid. Nitride und Oxide sind insbesondere für Ätzverfahren geeignet. Bei dem Ätzverfahren beziehungsweise dem Sandstrahlverfahren handelt es sich insbesondere um einen anisotropen Prozess.

[0065] Die strukturierte Maskenschicht kann nach dem Herstellen der Öffnung entfernt werden. Alternativ kann sie auch auf dem Rahmenwafer verbleiben. Beispielsweise stellt der in dem Abdeckelement enthaltene Teilbereich der Maskenschicht die Isolationsschicht dar.

[0066] Vorzugsweise wird bei dem Verfahren die Öffnung, insbesondere mittels des anisotropen Ätz- und/oder Sandstrahlverfahrens, so hergestellt, dass sie schräge Seitenflächen oder mindestens eine schräge Seitenfläche aufweist. Die schräge(n) Seitenfläche(n) schließen zum Beispiel mit der Hauptstreckungsebene des Rahmenwafers einen Winkel ein, der um 0,5° oder weniger von 54,7° abweicht.

[0067] Bei einer anderen Ausgestaltung des Verfahrens wird eine Antireflex-Schicht auf den Abdeckplattenwafer aufgebracht.

[0068] Bei einer Ausführungsform wird die Antireflex-Schicht nach dem Verbinden von Rahmenwafer und Abdeckplattenwafer auf die von dem Rahmenwafer abgewandte Seite des Abdeckplattenwafers aufgebracht. Zusätzlich oder alternativ kann sie auch auf die dem Rahmenwafer zugewandte Seite des Abdeckplattenwafers aufgebracht werden. In diesem Fall wird bei einer Ausgestaltung auch der Rahmenwafer mit der Antireflex-Schicht beschichtet.

[0069] Bei einer alternativen Ausführungsform werden eine oder beide Hauptflächen des Abdeckplattenwafers vor dem Verbinden von Abdeckplattenwafer und Rahmenwafer mit der Antireflex-Schicht versehen. Wird die Antireflex-Schicht auf die erste Hauptfläche des Abdeckplattenwafers aufgebracht, die bei einem nachfolgenden Verfahrensschritt mit dem Rahmenwafer verbunden wird, wird sie vorzugsweise zumindest auf dieser Hauptfläche strukturiert aufgebracht. Besonders bevorzugt wird das Verfahren so durchgeführt, dass diejenigen Stellen der ersten Hauptfläche, die in mechanischen Kontakt mit Rahmenwafer gebracht werden, von der Antireflex-Schicht unbedeckt sind. Anders ausgedrückt ist die Antireflex-Schicht auf dem Bereich der ersten Hauptfläche aufgebracht, die in der Verbindungsebene von Abdeckplattenwafer und Rahmenwafer mit der Öffnung des Rahmenwafers überlappt. Diese Ausführungsform ist insbesondere für eine Ausgestaltung des Abdeckelements vorteilhaft, bei der sich die Öffnung im Verlauf von der Abdeckplatte weg verjüngt.

[0070] Das strukturierte Aufbringen umfasst dabei zum Beispiel einen fotolithografischen Prozess, etwa unter Verwendung eines Negativ-Fotolacks. Beispielsweise wird die Hauptfläche zunächst mit einer strukturierten Fotolackschicht versehen, anschließend die Antireflex-Schicht auf den Abdeckplattenwafer und die Fotolackschicht aufgebracht und nachfolgend die Fotolackschicht mit dem darauf aufgebrachten Teil der Antireflex-Schicht wieder entfernt.

[0071] Bei einer anderen Ausgestaltung des Verfahrens wird das Teilstück des Abdeckplattenwafers, welches die Abdeckplatte bildet, vor oder nach dem Abtrennen des Abdeckelements stellenweise mit einer reflektierenden und/oder absorbierenden Schicht versehen.

[0072] Bei einer weiteren Ausgestaltung weist das Teilstück des Abdeckplattenwafers, welches die Abdeckplatte bildet, ein Strahlformungselement auf.

[0073] Ein Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Halbleitermoduls umfasst zusätzlich die Schritte:

- Montieren eines lichtemittierenden und/oder -empfangenden Halbleiterchips auf einem Chipträger;
- Befestigen des Rahmenteils an dem Chipträger, derart, dass das Rahmenteil den Halbleiterchip lateral umgibt und er Halbleiterchip zwischen der Abdeckplatte und dem Chipträger angeordnet ist.

[0074] Weitere Vorteile und vorteilhafte Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Abdeckelements, des optoelektronischen Halbleitermoduls und des Verfahrens ergeben sich aus den folgenden, in Zusammenhang mit den [Fig. 1](#) bis [Fig. 19](#) dargestellten Ausführungsbeispielen.

[0075] Es zeigen:

[0076] [Fig. 1](#)–[Fig. 5](#), schematische Querschnitte von verschiedenen Stadien eines Verfahrens zum Herstellen eines Abdeckelements für ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem ersten Ausführungsbeispiel,

[0077] [Fig. 6](#), einen schematischen Querschnitt durch eine Variante des Abdeckelements gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel bei dem Verfahrensstadium der [Fig. 3](#),

[0078] [Fig. 7A](#)–[Fig. 7C](#), schematische Draufsichten auf verschiedene Varianten von Abdeckelementen,

[0079] [Fig. 8](#)–[Fig. 12](#), schematische Querschnitte von verschiedenen Stadien eines Verfahrens zum Herstellen eines Abdeckelements für ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem zweiten Ausführungsbeispiel,

[0080] [Fig. 13](#), schematischer Querschnitt durch ein Abdeckelement bei einem Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Halbleitermoduls,

[0081] [Fig. 14](#), schematischer Querschnitt durch ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel,

[0082] [Fig. 15](#), schematische Draufsicht auf das optoelektronische Halbleitermodul der [Fig. 14](#),

[0083] [Fig. 16A](#), schematischer Querschnitt durch ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einer Variante des dritten Ausführungsbeispiels,

[0084] [Fig. 16B](#), schematische Draufsicht auf das Abdeckelement der [Fig. 16A](#),

[0085] [Fig. 17](#), schematischer Querschnitt durch ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem vierten Ausführungsbeispiel,

[0086] [Fig. 18](#), schematischer Querschnitt durch ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem fünften Ausführungsbeispiel, und

[0087] [Fig. 19](#), Diagramm mit Wärmeausdehnungskoeffizienten verschiedener Materialien.

[0088] In den Ausführungsbeispielen und Figuren sind gleiche oder gleich wirkende Bestandteile mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente sind grundsätzlich nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente, wie zum Beispiel Schichten, zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß oder dick dargestellt sein.

[0089] In den [Fig. 1](#) bis [Fig. 5](#) sind verschiedene Stadien eines ersten Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur Herstellung eines Abdeckelements für ein optoelektronisches Halbleitermodul in schematischen Querschnitten dargestellt.

[0090] [Fig. 1](#) zeigt einen ersten Verfahrensschritt des Verfahrens. Es wird ein lichtundurchlässiger Rahmenwafer **1** bereitgestellt, der mit einer Maskenschicht **2** aus Siliziumoxid- oder Siliziumnitrid beschichtet wird. Bei dem Rahmenwafer handelt es sich bei dem vorliegenden Ausführungsbeispiel um einen beidseitig polierten Si-Wafer in (100)-Orientierung mit einem Durchmesser von 6 Zoll oder 8 Zoll.

[0091] Auf einer ersten Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** wird die Maskenschicht **2** strukturiert aufgebracht, vorliegend weist sie Aussparungen **210** auf, die in Draufsicht die Form eines Rechtecks haben. Auf einer zweiten, der ersten gegenüberliegenden Hauptfläche **102** wird die Maskenschicht **2** voll-

flächig aufgebracht. Das Aufbringen der Maskenschicht **2** erfolgt beispielsweise mittels eines thermischen Oxidationsprozesses oder mittels eines, insbesondere plasmaunterstützten Verdampfungsprozesses wie physikalischer Gasphasenabscheidung (PVD, physical vapor deposition).

[0092] Wie in [Fig. 2](#) gezeigt, werden in dem Rahmenwafer **1** anschließend Öffnungen **110** hergestellt. Die Öffnungen werden durch Ätzen des Rahmenwafers **1** mit Kaliumhydroxid (KOH) oder Tetramethylammoniumhydroxid (TMAH) durch die Aussparungen **210** der Maskenschicht **2** hindurch erzeugt.

[0093] KOH beziehungsweise TMAH ätzen den Si-Wafer **1** in Bezug auf die <100> und <111> Ebene unterschiedlich stark. Die Seitenflächen **111** der Öffnungen **110** schließen mit der Haupterstreckungsebene des Rahmenwafers **1** bei diesem Ätzverfahren einen Winkel α von etwa 54,7° ein. Die Haupterstreckungsebene des Rahmenwafers **1** ist zumindest im Wesentlichen parallel zu den Hauptflächen seiner Oberfläche, also zur ersten und zweiten Hauptfläche **101, 102**. Eine mögliche Abweichung des Winkels α von einem Wert von 54,7° beruht üblicherweise im Wesentlichen auf einer Verkippung der Hauptflächen **101, 102** des Rahmenwafers **1** zur <100> Ebene. Die Verkippung hat vorzugsweise einen Wert von 0,5° oder weniger, so dass der Winkel α bevorzugt um 0,5° oder weniger von 54,7° abweicht. Die Öffnungen **110** verjüngen sich in Richtung von der ersten Hauptfläche **101** zur zweiten Hauptfläche **102** des Rahmenwafers.

[0094] In einem nachfolgenden Verfahrensschritt (siehe [Fig. 3](#)) wird die Maskenschicht **2** von dem Rahmenwafer **1** entfernt, zum Beispiel mit Hilfe einer gepufferten Fluorwasserstoff-Lösung. Alternativ kann die strukturierte Maskenschicht **2** auch als Isolationschicht auf der ersten Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** verbleiben.

[0095] Mit der ersten Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** wird anschließend eine erste Hauptfläche **301** eines Abdeckplattenwafers **3** mittels eines anodischen Bondprozesses verbunden. Der Abdeckplattenwafer **3** ist vorliegend transparent und besteht aus einem Borsilikat-Floatglas, insbesondere BF33, das Natriumoxid enthält.

[0096] Zum anodischen Bonden werden die erste Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** und die erste Hauptfläche **301** des Abdeckplattenwafers **3** bei einer gegenüber Raumtemperatur erhöhten Temperatur von beispielsweise größer oder gleich 350°C und/oder kleiner oder gleich 500°C in mechanischen Kontakt gebracht. Die erste Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** und die erste Hauptfläche **301** des Abdeckplattenwafers **3** grenzen direkt aneinander an. Sie sind insbesondere in einer gemeinsamen Ver-

bindungsebene enthalten.

[0097] Anschließend wird eine elektrische Spannung zwischen dem Rahmenwafer **1** und dem Abdeckplattenwafer **3** angelegt. Die elektrische Spannung hat beispielsweise einen Wert von größer oder gleich 100 V und/oder von kleiner oder gleich 5 kV. Beispielsweise hat sie einen Wert zwischen 500 V und 2500 V, wobei die Grenzen eingeschlossen sind.

[0098] Bei dem anodischen Bondprozess werden beispielsweise Natrium-Ionen des in dem Abdeckplattenwafer **3** enthaltenen Natriumoxids frei und Sauerstoffionen des Natriumxids gehen eine Bindung mit Siliziumionen des Rahmenwafers **1** ein. Auf diese Weise wird eine mechanisch stabile und insbesondere unlösbare Verbindung zwischen dem Rahmenwafer **1** und dem Abdeckplattenwafer **3** hergestellt.

[0099] Nachfolgend wird der Abdeckplattenwafer **3** beidseitig mit einer Antireflex-Schicht **4** – etwa einer TaN-, Si- oder Cr-Schicht – beschichtet (siehe [Fig. 4](#)). Die Beschichtung der ersten Hauptfläche **301** des Abdeckplattenwafers **3** erfolgt dabei durch die Öffnungen **110** des Rahmenwafers **1** hindurch. Da sich vorliegend die Öffnungen **110** in Richtung von dem Abdeckplattenwafer **3** weg verjüngen, wird ein Teil dessen erster Hauptfläche **301** von den Öffnungen abgeschattet. Mit anderen Worten ist ein Teil der ersten Hauptfläche von dem Rahmenwafer **1** und von der Antireflex-Schicht unbedeckt.

[0100] Alternativ kann der Abdeckplattenwafer **3** vor dem Verbinden mit dem Rahmenwafer **1** mit der Antireflexschicht **4** beschichtet werden. Vorzugsweise werden dabei nur diejenigen Stellen der ersten Hauptfläche **301** beschichtet, die in der Verbindungs ebene mit den Öffnungen **110** überlappen, wie im allgemeinen Teil beschrieben.

[0101] Schließlich wird der Verbund von Abdeckplattenwafer **3** und Rahmenwafer **1** zu einzelnen Abdeckelementen **5** vereinzelt. Dies erfolgt mit Schnitten **6** durch den Verbund, etwa mittels Sägen oder Lasertrennen. Der Verbund ist hierzu vorzugsweise auf einer in [Fig. 5](#) nicht gezeigten Sägefolie **6** angeordnet, welche insbesondere in einem Halterahmen gespannt ist.

[0102] Jedes der abgetrennten Abdeckelemente **5** weist eine Abdeckplatte **300** und ein Rahmenteil **100** auf. Die Abdeckplatte **300** ist ein Teilstück des Abdeckplattenwafers **3**. Das Rahmenteil **100** ist ein Teilstück des Rahmenwafers **1**, welches eine der Öffnungen **110** zumindest teilweise, vorliegend jedoch vollständig, enthält.

[0103] [Fig. 6](#) zeigt ein Stadium einer Variante des Verfahrens gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel,

das dem Stadium der [Fig. 3](#) entspricht, in einem schematischen Querschnitt. Bei der Variante des Verfahrens wird anstelle der ersten Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** dessen zweite Hauptfläche **102** mit dem Abdeckplattenwafer **3** verbunden. Auf diese Weise werden Abdeckelemente **5** erzielt, bei denen sich die Querschnittsfläche der Öffnung **110** im Verlauf von der Abdeckplatte **300** weg vergrößert.

[0104] In den [Fig. 7A–Fig. 7C](#) sind verschiedene Varianten der Geometrie von Öffnungen **110** in schematischen Draufsichten auf die Abdeckplatten **300** von Abdeckelementen **5** dargestellt.

[0105] [Fig. 7A](#) zeigt ein Abdeckelement **5** mit rechteckiger oder quadratischer Grundfläche. Insbesondere haben die Abdeckplatte **300** und das Rahmenelement **100** in Draufsicht auf ihre Haupterstreckungsebenen eine rechteckige oder quadratische Grundfläche und sind vorzugsweise deckungsgleich angeordnet, das heißt derart angeordnet, dass ihre Außenkanten in Draufsicht zusammenfallen.

[0106] Die Öffnung **110** hat eine kreisförmige oder elliptische Querschnittsfläche. Die Querschnittsfläche verkleinert sich im Verlauf von der Abdeckplatte **300** weg. Die Öffnung **110** weist also die Form eines Kegelstumpfs auf.

[0107] Bei dem Abdeckelement **5** gemäß [Fig. 7B](#) hat die Abdeckplatte **300** eine rechteckige Grundfläche. Das Rahmenelement **100** weist zwei Durchbrüche **120** auf. Genauer besteht es aus zwei Teilstücken, welche die Form von Stegen haben und parallel zu zwei gegenüberliegenden Kanten der Abdeckplatte **300** verlaufen. Zwischen den beiden Stegen erstreckt sich die streifenförmige Öffnung **110**. In der Richtung, in welcher die Stege verlaufen, erstreckt sich die Öffnung **110** über die gesamte Länge des Abdeckelements.

[0108] [Fig. 7C](#) zeigt eine schematische Draufsicht auf das Abdeckelement **5** der [Fig. 5](#) gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel.

[0109] In den [Fig. 8](#) bis [Fig. 12](#) ist ein zweites Ausführungsbeispiel eines Verfahrens zur Herstellung eines Abdeckelements in schematischen Querschnitten dargestellt.

[0110] Es unterscheidet sich von dem ersten Ausführungsbeispiel darin, dass zunächst der Rahmenwaber **1** und der Abdeckplattenwafer **3** fügeschichtlos verbunden werden (siehe [Fig. 8](#)). Die fügeschichtlose Verbindung wird beispielsweise wie beim ersten Ausführungsbeispiel mittels anodischem Bonden hergestellt.

[0111] Die Herstellung der Öffnungen **110** im Rahmenwaber **1** erfolgt im Gegensatz zum ersten Ausfüh-

rungsbeispiel erst nachfolgend auf die Verbindung von Rahmenwaber **1** und Abdeckplattenwafer **3**. Hierzu wird, wie im ersten Ausführungsbeispiel, eine strukturierte Maskenschicht **2** auf die erste Hauptfläche **101** des Rahmenwafers **1** aufgebracht (siehe [Fig. 9](#)). Anschließend wird der Rahmenwaber **1** durch die Aussparungen **210** hindurch geätzt, beispielsweise wiederum mittels KOH oder TMAH, wobei die Öffnungen **110** entstehen (siehe [Fig. 10](#)).

[0112] Analog zum ersten Ausführungsbeispiel erfolgt nachfolgend das optionale Entfernen der Maskenschicht **2**. Im Anschluss wird der Verbund von Rahmenwaber **1** und Abdeckplattenwafer **3** beidseitig mit einer Antireflex-Schicht **4** versehen (siehe [Fig. 11](#)) und zu einer Mehrzahl von Abdeckelementen **5** vereinzelt (siehe [Fig. 12](#)).

[0113] [Fig. 13](#) zeigt einen Verfahrensschritt eines Ausführungsbeispiels eines Verfahrens zur Herstellung eines optoelektronischen Halbleitermoduls in einer schematischen Schnittdarstellung.

[0114] Beispielsweise folgt das in [Fig. 13](#) gezeigte Stadium des Verfahrens auf das Abtrennen des Abdeckelements **5** von dem Verbund aus Rahmenwaber **1** und Abdeckplattenwafer **3**, etwa gemäß dem ersten Ausführungsbeispiel (siehe [Fig. 5](#)) oder dem zweiten Ausführungsbeispiel (siehe [Fig. 12](#)). Das Abdeckelement ist nach dem Abtrennen noch auf der Sägefolie **6** angeordnet. Vorliegend wird das Abdeckelement **5** mittels Aussteck-Spitzen **8** zumindest stellenweise von der Sägefolie **6** abgehoben, wodurch die Adhäsion zwischen Abdeckelement **5** und Sägefolie **6** vorteilhaft verringert ist.

[0115] Zur weiteren Verarbeitung wird das Abdeckelement mittels einer Saugnadel **7** von der Sägefolie **6** abgehoben.

[0116] Bei einer Ausgestaltung des Verfahrens ist die Abdeckplatte **300** der Sägefolie **3** zugewandt. Die Saugnadel **7** greift bei dieser Ausgestaltung zum Abheben des Abdeckelements von der Seite des Rahmenelements **100** her in die Öffnung **110** ein. Anschließend wird das Abdeckelement von der Saugnadel **7** an ein weiteres Werkzeug übergeben, welches das Abdeckelement **5** von der Seite der Abdeckplatte **300** her greift um es anschließend beispielsweise mit einem Chipträger **9** (siehe [Fig. 14](#)) zu verbinden.

[0117] Mit einem solchen Verfahren, bei dem das Abdeckelement von einem Werkzeug von der Sägefolie **6** abgehoben und von einem anderen Werkzeug an der gewünschten Stelle positioniert wird, werden mit Vorteil eine hohe Genauigkeit der Positionierung und/oder hohe Taktraten und somit eine geringe Montagetoleranzen und/oder eine hohe Produktionsgeschwindigkeit erzielt.

[0118] In [Fig. 14](#) ist ein optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem dritten Ausführungsbeispiel in einem schematischen Querschnitt gezeigt. Das optoelektronische Halbleitermodul enthält ein Abdeckelement 5 gemäß dem zweiten Ausführungsbeispiel.

[0119] Das Abdeckelement 5 ist mit dem Chipträger 9 verbunden. Beispielsweise ist es mit diesem verlötet. Die Öffnung 110 stellt vorliegend einen von dem Abdeckelement 5 und dem Chipträger 9 vollständig umschlossenen Innenraum dar.

[0120] In dem Innenraum ist ein lichtemittierender Halbleiterchip 10, bei dem es sich vorliegend um einen Dünnfilm-Leuchtdiodenchip handelt, auf dem Chipträger 9 montiert und elektrisch mit Leiterbahnen einer Leiterbahnstruktur (nicht dargestellt) des Chipträgers 9 elektrisch kontaktiert.

[0121] Der Chipträger 9 weist beispielsweise Aluminiumnitrid auf. In [Fig. 19](#) sind die Wärmeausdehnungskoeffizienten (cte) in Einheiten von ppm/°C, also $10^{-6}/^{\circ}\text{C}$, von Aluminiumnitrid (AlN), Silizium (Si) und Borsilikatglas (BF33) dargestellt. Die Wärmeausdehnungskoeffizienten der Abdeckplatte 300 (BF33), des Rahmenteils 100 (Si) und des Chipträgers 9 (AlN) sind aufeinander abgestimmt. Die Differenz (diff) zwischen den Wärmeausdehnungskoeffizienten ist mit weniger als $1,5 \times 10^{-6}/^{\circ}\text{C}$ sehr gering.

[0122] Das Rahmteil 100 umschließt vorliegend den Halbleiterchip 10 in Draufsicht auf den Chipträger 9 vollständig. Die Querschnittsfläche der Öffnung 110 verkleinert sich in Richtung von dem Chipträger 9 zu der Abdeckplatte 300 hin. Anders ausgedrückt nimmt ein lateraler Abstand zwischen dem Halbleiterchip 10 und einer, insbesondere jeder, der Seitenflächen 111 der Öffnung 110 in Richtung von dem Chipträger 9 zu der Abdeckplatte 300 hin ab. Die Seitenflächen 111 schatten gezielt einen definierten Teil des von dem Halbleiterchip 10 im Betrieb emittierten Lichts ab. Ein abgeschatteter Lichtstrahl 11A ist bei dem Halbleitermodul gemäß [Fig. 16](#) exemplarisch dargestellt. Insbesondere wird Licht abgeschattet, das von dem Halbleiterchip 10 unter einem Winkel zur Hauptstreckungsebene des Chipträgers 9 emittiert wird, der kleiner ist als ein Grenzwinkel β .

[0123] Vorliegend enthält der Innenraum neben dem lichtemittierenden Halbleiterchip 10 ein weiteres elektronisches Bauelement 12. Beispielsweise handelt es sich bei diesem um eine Schutzdiode, welche die Gefahr einer Beschädigung des Halbleiterbauelements durch eine elektrostatische Entladung verringert. Beispielsweise aufgrund des in dem Innenraum angeordneten elektronischen Bauelements 12 ist der Halbleiterchip 10 nicht mittig zwischen zwei Seitenwänden 111 der Öffnung 110 platziert, so dass sich zwei unterschiedliche Grenzwinkel β , nämlich die

Grenzwinkel β_1 und β_2 , auftreten, je nachdem ob der Halbleiterchip 10 Licht in Richtung weiter entfernten Seitenwand (β_1) oder der gegenüberliegenden, näher an dem Halbleiterchip angeordneten Seitenwand (β_2) emittiert. Vorliegend haben die Grenzwinkel einen Wert von $\beta_1 = 6^{\circ}$ und $\beta_2 = 8^{\circ}$.

[0124] Das Rahmteil ist vorliegend mit Vorteil so ausgeführt, dass die Seitenflanken 303 der Abdeckplatte 300 nicht von dem vom Halbleiterchip 10 emittierten Licht beleuchtet werden. Das Licht wird stattdessen durch die von dem Halbleiterchip abgewandte zweite Hauptfläche 302 der Abdeckplatte 300 aus dem Halbleitermodul ausgekoppelt. Dies ist bei dem Halbleitermodul gemäß [Fig. 16](#) durch den Lichtstrahl 11B exemplarisch dargestellt.

[0125] In [Fig. 15](#) ist eine schematische Draufsicht auf das Halbleitermodul gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel gezeigt.

[0126] Das Halbleitermodul enthält eine Mehrzahl von lichtemittierenden Halbleiterchips 10, vorliegend enthält es fünf lichtemittierende Halbleiterchips 10, die gemeinsam in der Öffnung 110 angeordnet sind. Die Halbleiterchips 10 sind beispielsweise mittels der Bonddrähte 15 in Serie geschaltet. Bei einer Ausgestaltung sind die Halbleiterchips 10 in einer Reihe angeordnet. Beispielsweise bei dieser Ausgestaltung hat der Chipträger 9 eine Breite b von 4 mm oder weniger, beispielsweise von etwa 3,6 mm. Die Halbleiterchips 10 haben beispielsweise eine Breite von etwa 2,1 mm. Die Breite ist dabei vorliegend die Abmessung quer zur Richtung der Reihe.

[0127] Jeder Halbleiterchip 10 ist auf eine Leiterbahn 13 des Chipträgers 9 gelötet. Lötbarrieren 14 auf den Leiterbahnen 13 verringern die Gefahr, dass sich beim Löten Lot über einen zu großen Bereich der Leiterbahn 13 verteilt. Insbesondere begrenzen die Lötbarrieren 14 das Lot im Wesentlichen auf den von dem Halbleiterchip 10 bedeckten Bereich der Leiterbahn 13. Die Lötbarrieren 14 weisen beispielsweise eine Schicht aus einem hydrophoben Material auf, etwa eine Cr-Schicht, oder bestehen daraus.

[0128] In den [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) ist eine Variante des optoelektronischen Halbleitermoduls gemäß dem dritten Ausführungsbeispiel schematisch im Querschnitt dargestellt.

[0129] Das Halbleitermodul gemäß den [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) unterscheidet sich von demjenigen der [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) zum einen dadurch, dass auf der vom Halbleiterchip 10 abgewandten Hauptfläche 302 der Abdeckplatte 300 stellenweise eine reflektierende Schicht 15 aufgebracht ist, die einen weiteren Teil des von dem Halbleiterchip 10 emittierten Lichts gezielt abschattet. Beispielsweise wird mittels der reflektierenden Schicht 15 eine asymmetrische Geo-

metrie des Lichtauskoppelbereichs der Abdeckplatte **300** erzielt, wie dies in [Fig. 16B](#) in Draufsicht schematisch gezeigt ist.

[0130] Zum anderen unterscheidet sich das Halbleitermodul gemäß [Fig. 16A](#) und [Fig. 16B](#) von dem der [Fig. 14](#) und [Fig. 15](#) dadurch, dass der Chipträger **9** eine Mehrschichtstruktur aufweist. Insbesondere verläuft eine den Halbleiterchip kontaktierende Leiterbahn **13** stellenweise im Inneren des Chipträgers **9**. Auf diese Weise wird eine vollständig umlaufende Befestigung des Rahmenteils **100** an dem Chipträger **9** erzielt. Eine Unterbrechung der Befestigung, um die elektrischen Anschlüsse für den Halbleiterchip **10** aus dem Innenraum **110** heraus zu führen ist mit Vorteil nicht notwendig. Der Innenraum ist daher besonders gut abgedichtet.

[0131] Die im Inneren des Chipträgers **9** verlaufende Leiterbahn **13** ist bei einer Ausführungsform seitlich vom Abdeckelement **5** wieder auf die Vorderseite des Chipträgers **9** geführt, auf dem der Halbleiterchip **5** und das Abdeckelement **5** montiert sind. Bei einer anderen Ausführungsform ist die Leiterbahn auf die der Vorderseite gegenüberliegende Rückseite geführt, wie in [Fig. 16A](#) mit gestrichelten Linien ange deutet.

[0132] Das optoelektronische Halbleitermodul gemäß dem in [Fig. 17](#) schematisch im Querschnitt dargestellten vierten Ausführungsbeispiel weist zusätzlich zu den Halbleitermodulen gemäß den vorhergehenden Ausführungsbeispielen ein Strahlformungselement **16**, vorliegend eine Linse, insbesondere eine Konvexlinse, auf. Das Strahlformungselement **16** ist beispielsweise auf die Abdeckplatte **300** geklebt.

[0133] Bei dem in [Fig. 18](#) schematisch im Querschnitt dargestellten fünften Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Halbleiterbauelements ist das Strahlformungselement als mit der Abdeckplatte integriert ausgebildetes, vorliegend konkaves Linsenelement **16** ausgeführt.

[0134] Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neuen Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

ZITATE ENTHALTEN IN DER BESCHREIBUNG

Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde automatisiert erzeugt und ist ausschließlich zur besseren Information des Lesers aufgenommen. Die Liste ist nicht Bestandteil der deutschen Patent- bzw. Gebrauchsmusteranmeldung. Das DPMA übernimmt keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.

Zitierte Patentliteratur

- WO 01/39282 [[0010](#)]
- US 5831277 [[0010](#)]
- US 6172382 B1 [[0010](#)]
- US 5684309 [[0010](#)]
- EP 0905797 A2 [[0015](#)]
- WO 02/13281 A1 [[0015](#)]

Zitierte Nicht-Patentliteratur

- I. Schnitzer et al., Appl. Phys. Lett. 63 (16), 18. Oktober 1993, S. 2174–2176 [[0015](#)]

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Halbleitermodul mit einem Chipträger, einem auf dem Chipträger montierten lichtemittierenden Halbleiterchip und einem Abdeckelement, das eine zumindest teilweise lichtdurchlässige Abdeckplatte, die auf der von dem Chipträger abgewandten Seite des Halbleiterchips angeordnet ist, und ein Rahmenelement aufweist, wobei das Rahmenelement den Halbleiterchip seitlich umgibt, fügeschichtlos mit der Abdeckplatte verbunden ist und an seiner von der Abdeckplatte entfernten Seite mit dem Chipträger verbunden ist.

2. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß Anspruch 1, bei dem das Rahmenelement mindestens eine dem Halbleiterchip zugewandte schräge Seitenfläche aufweist.

3. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß Anspruch 2, bei dem die schräge Seitenfläche mit der Haupterstreckungsebene des Rahmenelements einen Winkel einschließt, der um $0,5^\circ$ oder weniger von $54,7^\circ$ abweicht.

4. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem sich ein lateraler Abstand zwischen der schrägen Seitenfläche und dem Halbleiterchip im Verlauf von dem Chipträger zur Abdeckplatte hin verkleinert.

5. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß Anspruch 2 oder 3, bei dem sich ein lateraler Abstand zwischen der schrägen Seitenfläche und dem Halbleiterchip im Verlauf von dem Chipträger zur Abdeckplatte hin vergrößert.

6. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, bei dem die Wärmeausdehnungskoeffizienten der Abdeckplatte, des Rahmenelements und des Chipträgers aufeinander abgestimmt sind.

7. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, bei dem die Abdeckplatte mit einer Antireflex-Schicht versehen ist.

8. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, bei dem das Rahmenelement an einer dem Chipträger zugewandten Seite mit einer elektrischen Isolationsschicht versehen ist.

9. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, bei dem die Abdeckplatte stellenweise mit einer reflektierenden und/oder absorbierenden Schicht versehen ist.

10. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, bei dem die Abdeckplatte ein Strahlformungselement aufweist.

11. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 10, bei dem die Abdeckplatte mit einem Leuchtstoff versehen ist.

12. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, bei dem das Rahmenelement an den Chipträger gelötet ist.

13. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, bei dem ein von dem Abdeckelement und dem Chipträger umschlossener Bereich, der den Halbleiterchip enthält, frei von einer den Halbleiterchip verkleidenden Vergussmasse ist.

14. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, bei dem der Chipträger Aluminiumnitrid enthält.

15. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, bei dem die Abdeckplatte Borsilikatglas enthält.

16. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, bei dem das Rahmenelement Silizium enthält.

17. Optoelektronisches Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 16, das im Betrieb Lichtstrahlen aussendet und/oder empfängt, die mit der Haupterstreckungsebene des Chipträgers einen Winkel von kleiner oder gleich 10° einschließen.

18. Kraftfahrzeugscheinwerfer mit einem optoelektronischen Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17.

19. Projektionsvorrichtung mit einem optoelektronischen Halbleitermodul gemäß einem der Ansprüche 1 bis 17.

20. Verfahren zum Herstellen eines optoelektronischen Halbleitermoduls mit den Schritten:

- Bereitstellen eines lichtdurchlässigen Abdeckplattenwafers und eines Rahmenwafers;
- Herstellen einer Öffnung in dem Rahmenwafer;
- Fügeschichtloses Befestigen des Rahmenwafers an dem Abdeckplattenwafers;
- Abtrennen eines Abdeckelements aus dem Verbund von Rahmenwafer und Abdeckplattenwafers, wobei ein abgetrenntes Teilstück des Abdeckplattenwafers eine Abdeckplatte des Abdeckelements bildet, und ein abgetrenntes Teilstück des Rahmenwafers die Öffnung zumindest teilweise enthält und ein mit der Abdeckplatte verbundenes Rahmenelement des Abdeckelements bildet;
- Montieren eines lichtemittierenden Halbleiterchips auf einem Chipträger;
- Befestigen des Rahmenelements an dem Chipträger, derart, dass das Rahmenelement den Halbleiterchip lateral umgibt und er Halbleiterchip zwischen der Ab-

deckplatte und dem Chipträger angeordnet ist.

21. Verfahren nach Anspruch 20, bei dem das Befestigen des Rahmenwafers an dem Abdeckplattenwafer einen anodischen Bondprozess umfasst.

22. Verfahren nach Anspruch 20 oder 21, bei dem das Herstellen der Öffnung ein anisotropes nass- und/oder trockenchemisches Ätzverfahren und/oder ein Sandstrahlverfahren umfasst.

23. Verfahren nach einem der Ansprüche 20 bis 22, bei dem die Öffnung so hergestellt wird, dass sie mindestens eine schräge Seitenfläche aufweist.

24. Verfahren nach Anspruch 23, bei der die schräge Seitenfläche mit der Haupterstreckungsebene des Rahmenwafers einen Winkel einschließt, der um $0,5^\circ$ oder weniger von $54,7^\circ$ abweicht.

25. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 24, bei dem eine Antireflex-Schicht auf den Abdeckplattenwafer aufgebracht wird.

26. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 25, bei der das Teilstück des Abdeckplattenwafers, welches die Abdeckplatte bildet, stellenweise mit einer reflektierenden und/oder absorbierenden Schicht versehen wird.

27. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 20 bis 26, bei dem das Teilstück des Abdeckplattenwafers, welches die Abdeckplatte bildet, ein Strahlformungselement aufweist.

Es folgen 7 Blatt Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

FIG 1

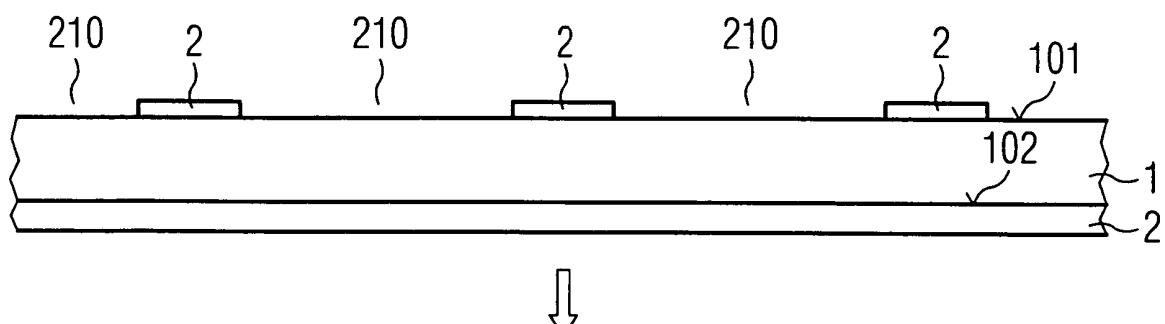


FIG 2

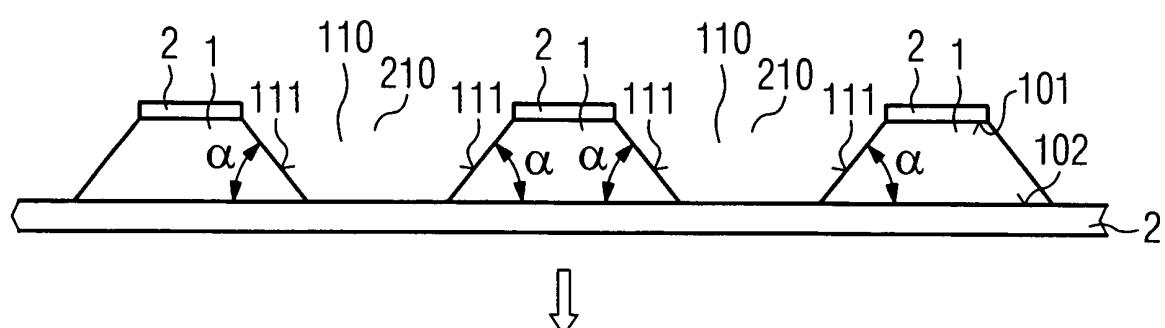


FIG 3

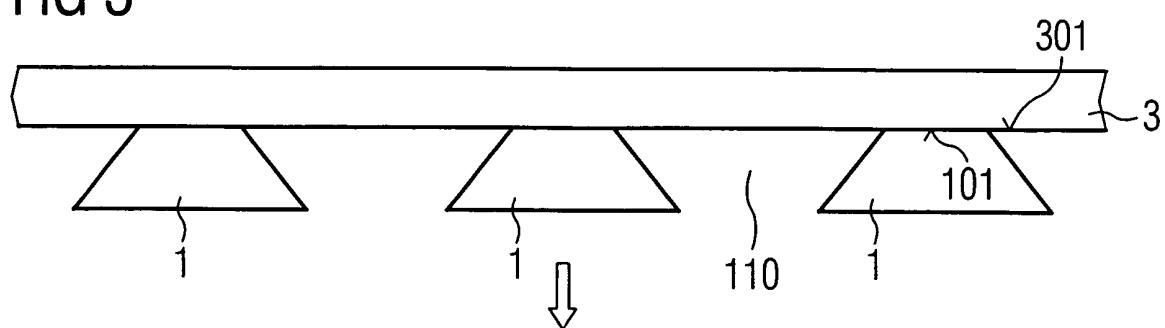


FIG 4

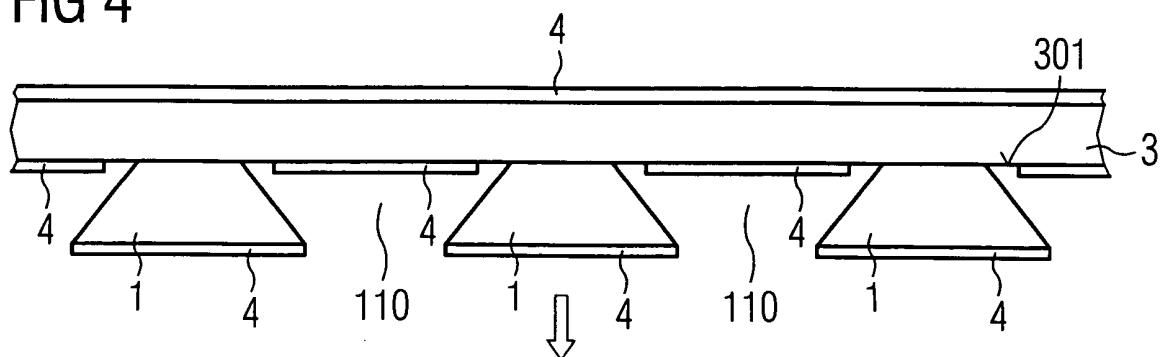


FIG 5

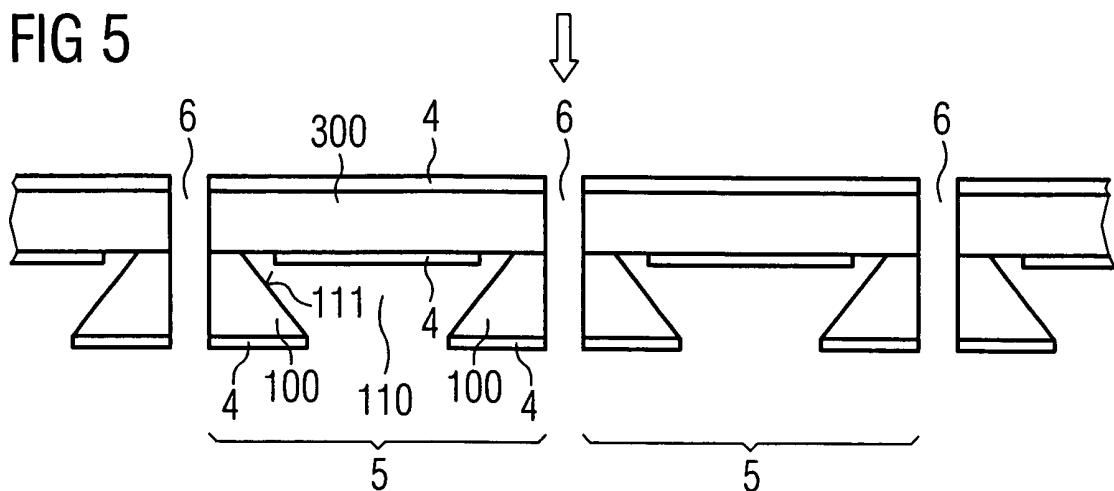


FIG 6

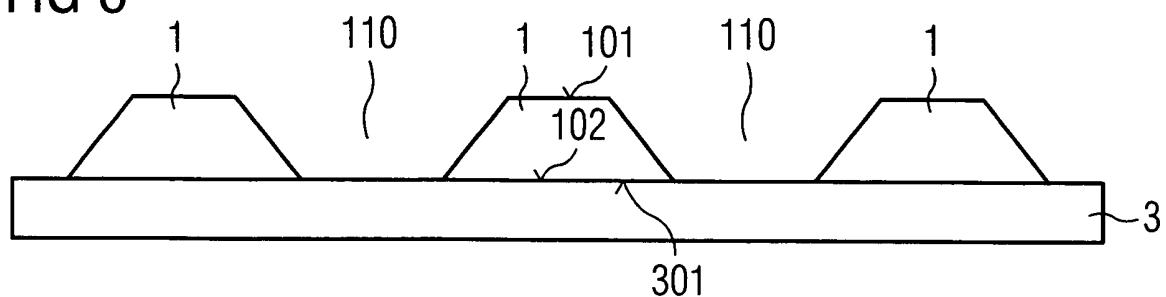


FIG 7A

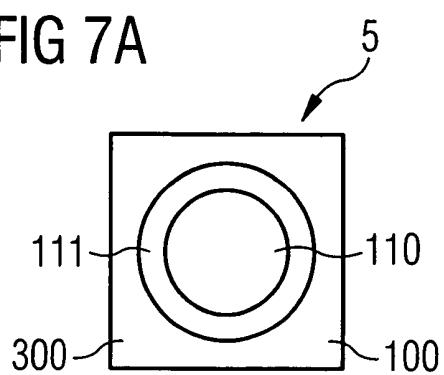


FIG 7B

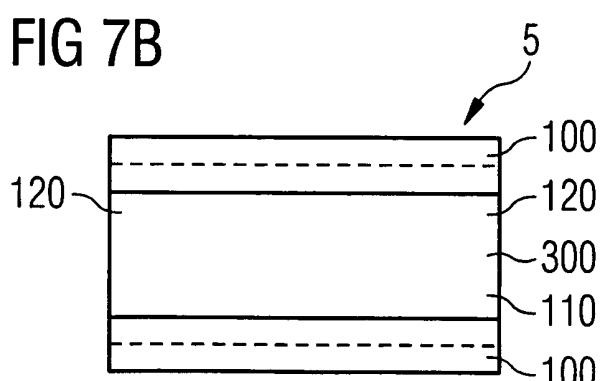


FIG 7C

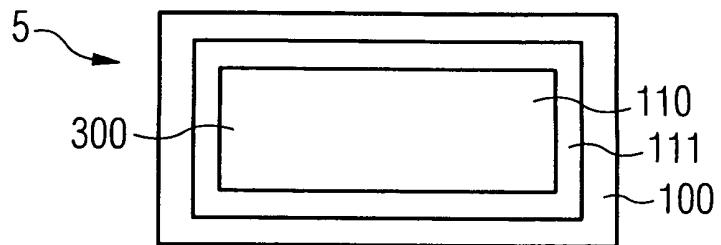


FIG 8

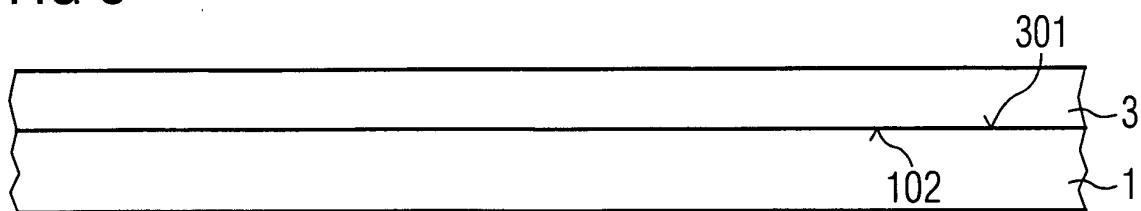


FIG 9

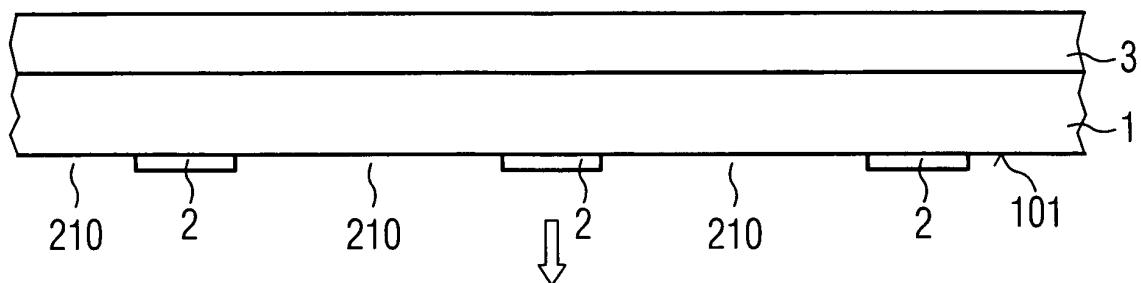


FIG 10

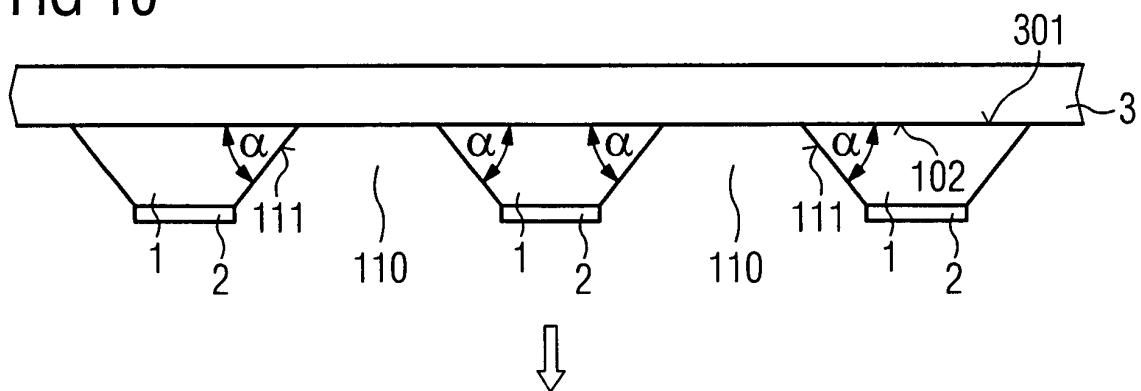


FIG 11

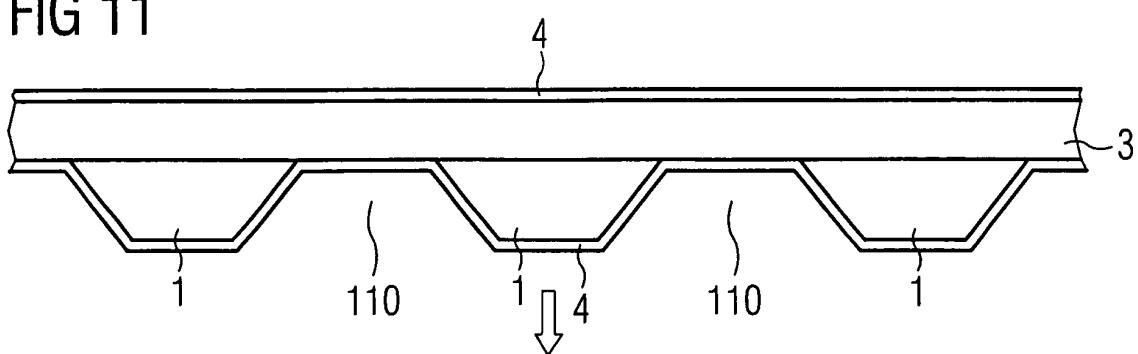


FIG 12

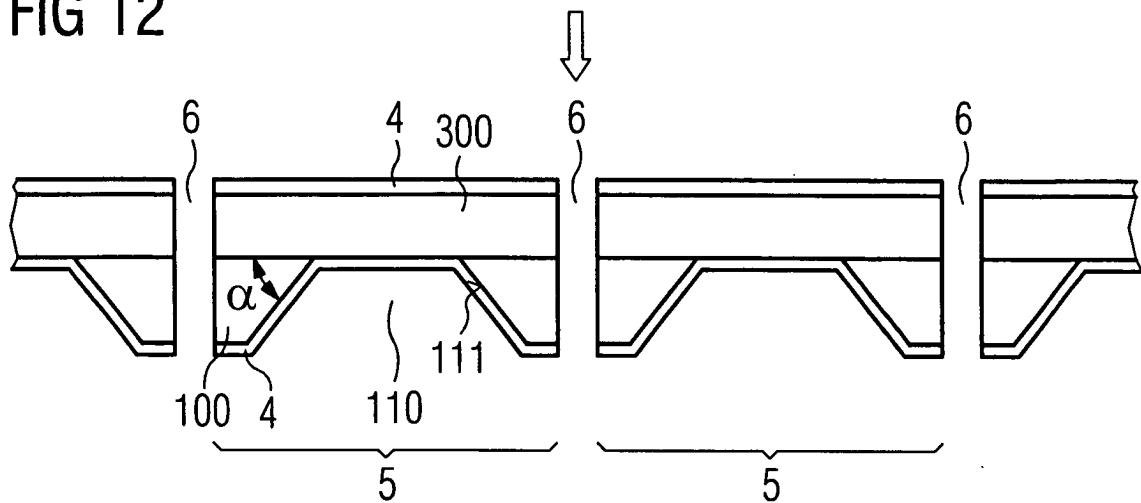


FIG 13

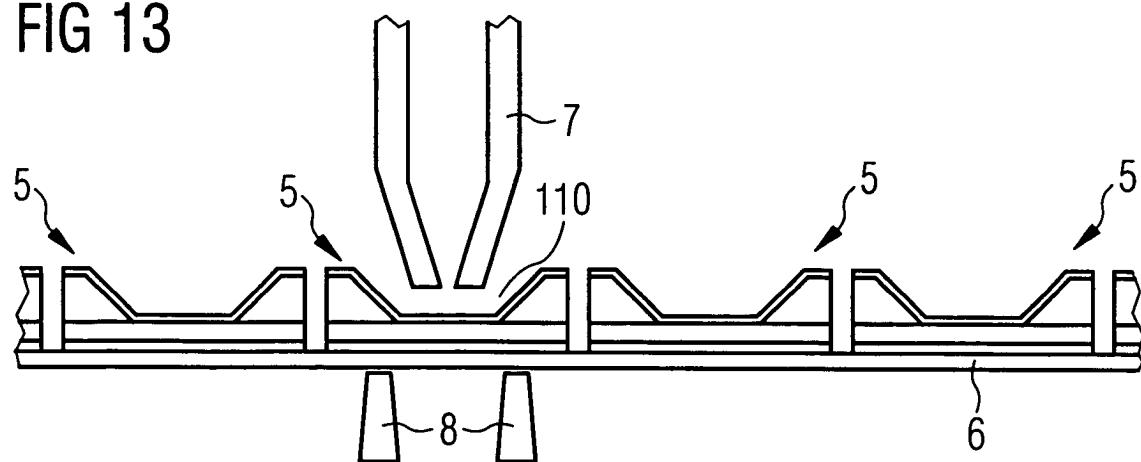


FIG 14

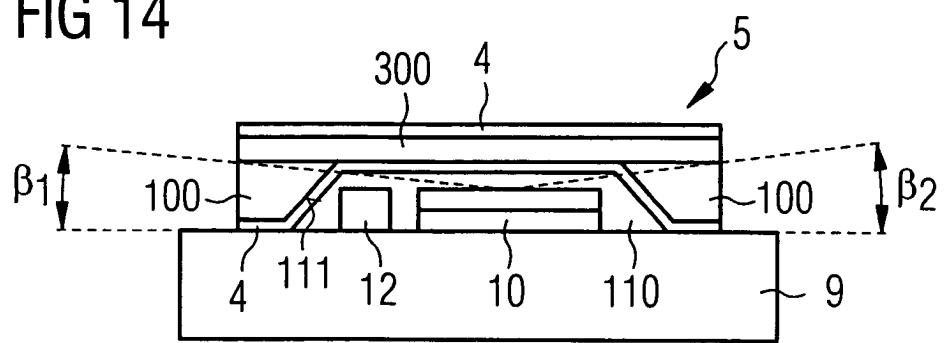


FIG 15

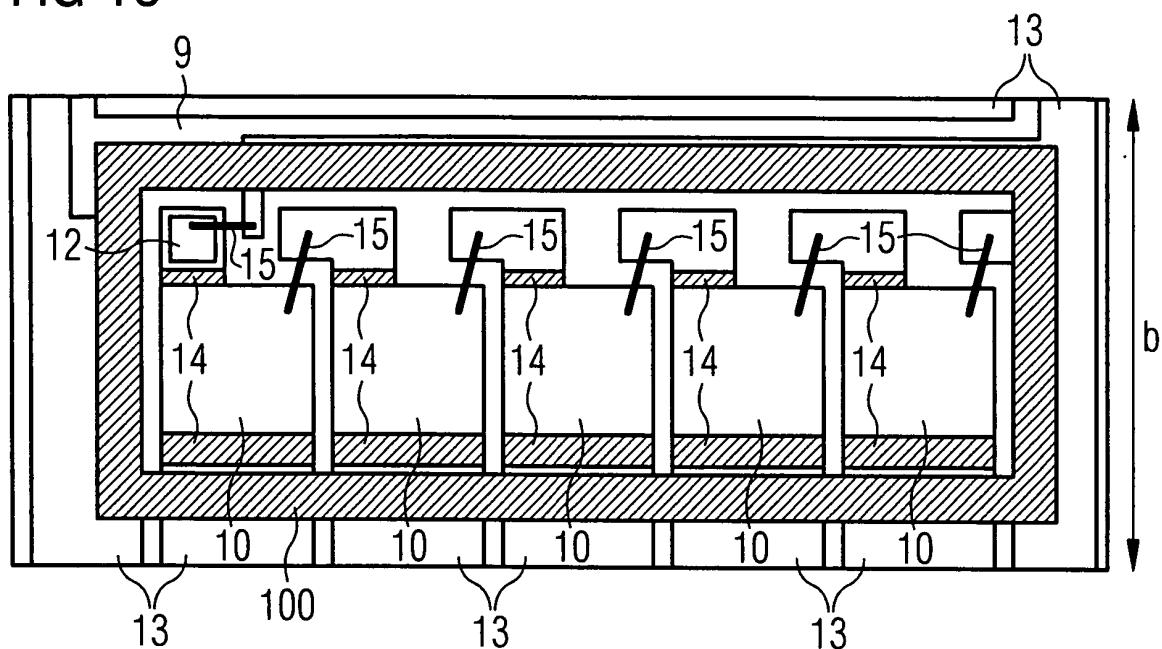


FIG 16A

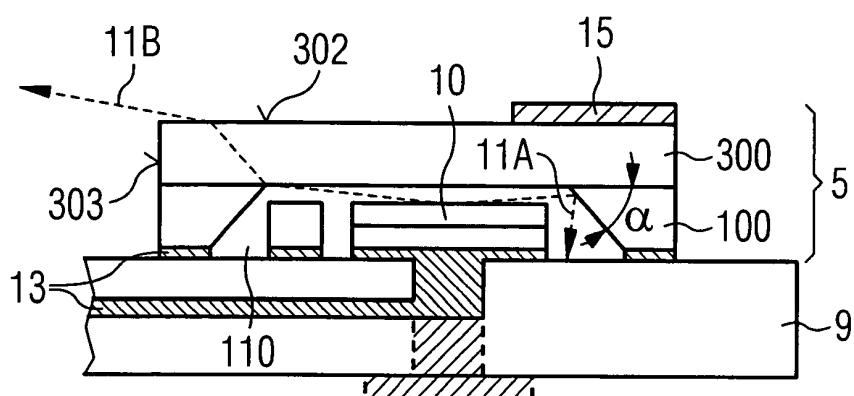


FIG 16B

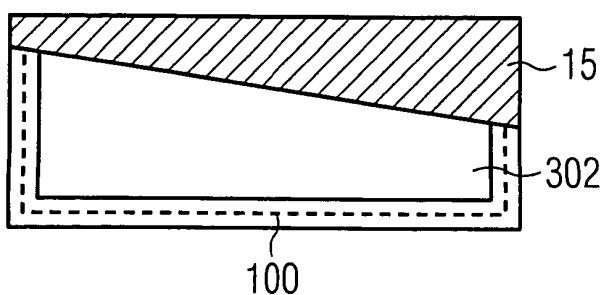


FIG 17

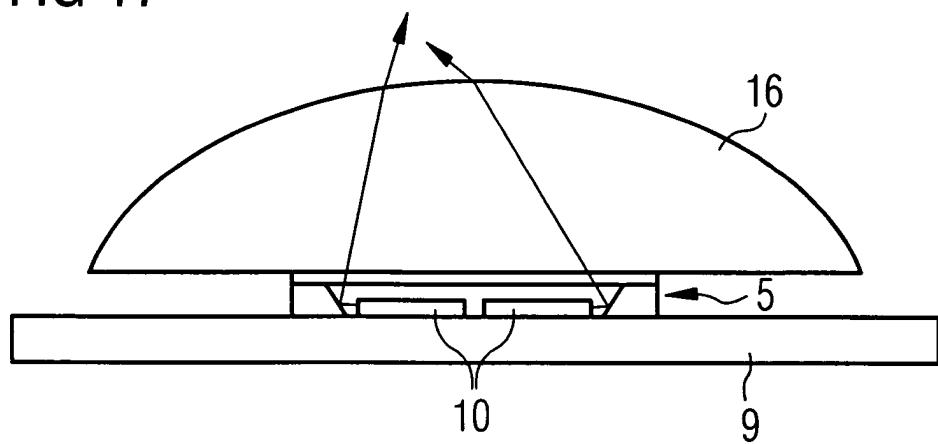


FIG 18

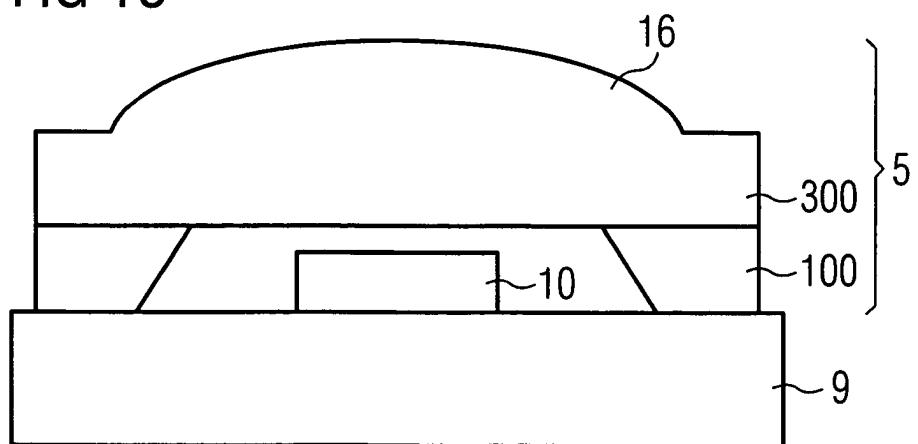


FIG 19

