



(10) **DE 10 2017 123 413 A1** 2019.04.11

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2017 123 413.6**
(22) Anmeldetag: **09.10.2017**
(43) Offenlegungstag: **11.04.2019**

(51) Int Cl.: **H01S 5/022 (2006.01)**
H01L 33/48 (2010.01)
H01L 25/075 (2006.01)

(71) Anmelder:
**OSRAM GmbH, 80807 München, DE; OSRAM
Opto Semiconductors GmbH, 93055 Regensburg,
DE**

(72) Erfinder:
**Sorg, Jörg Erich, 93053 Regensburg, DE;
Koller, Christoph, 93152 Nittendorf, DE; Dobner,
Andreas, 93173 Wenzenbach, DE**

(74) Vertreter:
**Epping Hermann Fischer
Patentanwalts-gesellschaft mbH, 80639 München,
DE**

(56) Ermittelter Stand der Technik:

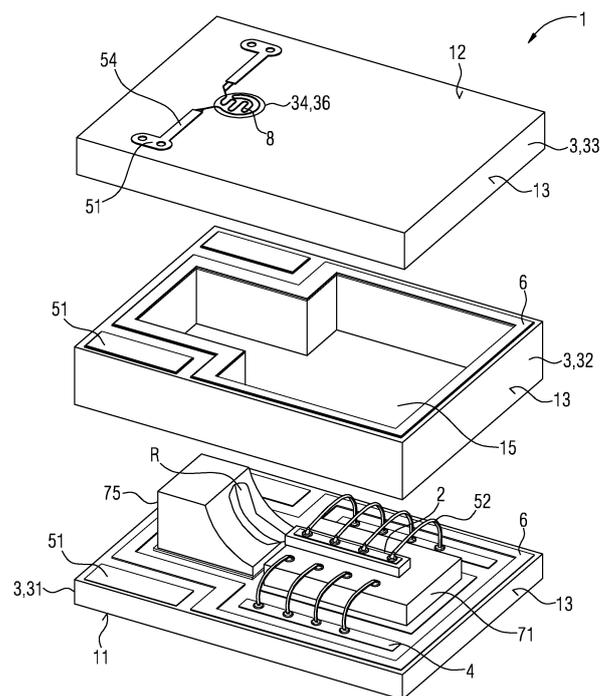
DE	101 25 374	C1
US	2012 / 0 045 183	A1
US	4 873 566	A

Rechercheantrag gemäß § 43 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen.

(54) Bezeichnung: **Optoelektronisches Halbleiterbauteil und Herstellungsverfahren für ein optoelektronisches Halbleiterbauteil**

(57) Zusammenfassung: In einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil (1) einen Halbleiterchip (2) zur Strahlungserzeugung und ein anorganisches Gehäuse (3). Der Halbleiterchip (2) ist hermetisch dicht in dem Gehäuse (3) untergebracht. Das Gehäuse (3) weist eine bevorzugt keramische Bodenplatte (31), eine Deckplatte (33) und mindestens einen bevorzugt keramischen Gehäusering (32) sowie mehrere elektrische Durchkontaktierungen (51) auf. Durch den Gehäusering (32) ist eine Ausnehmung (15) gebildet, in der sich der Halbleiterchip (2) befindet. Die Bodenplatte (31) weist an einer Bauteilunterseite (11) mehrere elektrische Anschlussflächen (35) auf. Durch die Bodenplatte (31), durch die Deckplatte (33) sowie durch den Gehäusering (32) erstrecken sich je mehrere der Durchkontaktierungen (51) hindurch. Die Bodenplatte (31), der eine Gehäusering (32) sowie die Deckplatte (33) sind über durchgehende, umlaufende anorganische Dichtrahmen (6) fest miteinander verbunden. Schließlich umfasst das Gehäuse (3) einen Strahlungsaustrittsbereich (34) zur Strahlungsemission.



Beschreibung

[0001] Es wird ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben. Darüber hinaus wird ein Herstellungsverfahren für ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben.

[0002] Die Druckschrift DE 10 2015 208 704 A1 beschreibt ein optoelektronisches Halbleiterbauteil mit einem Keramikgehäuse.

[0003] In der Druckschrift DE 10 2009 005 709 A1 ist ein optoelektronisches Halbleiterbauteil angegeben, das ein Gehäuse mit einer Keramik umfasst.

[0004] Eine zu lösende Aufgabe liegt darin, ein optoelektronisches Halbleiterbauteil mit einem hermetisch dichten Gehäuse anzugeben, das effizient herstellbar ist.

[0005] Diese Aufgabe wird unter anderem durch ein optoelektronisches Halbleiterbauteil und durch ein Herstellungsverfahren mit den Merkmalen der unabhängigen Patentansprüche gelöst. Bevorzugte Weiterbildungen sind Gegenstand der abhängigen Ansprüche.

[0006] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Halbleiterbauteil einen oder mehrere Halbleiterchips. Der mindestens eine Halbleiterchip ist zur Strahlungserzeugung vorgesehen. Bevorzugt handelt es sich bei dem Halbleiterchip um eine Laserdiode, alternativ kann der Halbleiterchip eine Leuchtdiode sein. Insbesondere ist der Halbleiterchip zur Erzeugung von nahultravioletter Strahlung, von sichtbarem Licht oder von nahinfraroter Strahlung eingerichtet. Bevorzugt erzeugt der Halbleiterchip blaues Licht.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Halbleiterbauteil ein Gehäuse. Das Gehäuse ist aus anorganischen Materialien. Das heißt bevorzugt, das Gehäuse weist keine durchgehende Verbindungslinie von innerhalb nach außerhalb des Gehäuses auf, die aus organischen Materialien wie Kunststoffen, insbesondere Epoxiden oder auf Epoxiden basierende Materialien, gebildet ist.

[0008] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Gehäuse hermetisch dicht und der Halbleiterchip hermetisch gekapselt in dem Gehäuse untergebracht. Das heißt, zwischen einem Inneren und einem Äußeren des Gehäuses findet kein signifikanter Austausch von Stoffen wie Sauerstoff oder Wasserdampf statt. Hermetisch dicht bedeutet zum Beispiel, dass eine Leck-Rate höchstens 5×10^{-9} Pa m/s beträgt, insbesondere bei Raumtemperatur.

[0009] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Gehäuse eine Bodenplatte. Durch die Bodenplatte ist eine Bauteilunterseite des Halbleiter-

bauteils gebildet. Bei der Bauteilunterseite handelt es sich bevorzugt um eine Montageseite des Halbleiterbauteils, an der das Halbleiterbauteil etwa über Oberflächenmontage an einem externen Träger anbringbar ist. Entsprechend umfasst die Bodenplatte bevorzugt mehrere elektrische Anschlussflächen, die sich an der Bauteilunterseite befinden, und über die das Halbleiterbauteil zum Beispiel über Lötens oder elektrisch leitfähiges Kleben mechanisch und/oder elektrisch anschließbar ist.

[0010] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Bodenplatte eine keramische Platte. Das heißt, die Bodenplatte besteht bevorzugt aus einer oder mehreren Keramiken wie Aluminiumnitrid, Aluminiumoxid oder Siliziumcarbid. Alternativ kann die Bodenplatte auch aus einem Glas oder einem Halbleitermaterial wie Silizium oder Germanium sein.

[0011] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Gehäuse eine Deckplatte. Durch die Deckplatte wird eine Bauteiloberseite des Halbleiterbauteils gebildet, welche der Bauteilunterseite gegenüberliegt. Die Deckplatte weist bevorzugt zumindest ein keramisches Material auf, kann jedoch auch eines oder mehrere Gläser oder ein Halbleitermaterial aufweisen oder hieraus bestehen.

[0012] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Gehäuse einen oder mehrere Gehäuseringe. Bevorzugt ist der mindestens eine Gehäusering aus mindestens einem keramischen Material, analog zur Bodenplatte. Alternativ kann der Gehäusering auch aus einem Glas oder einem Halbleitermaterial wie Silizium oder Germanium sein.

[0013] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich der oder befinden sich die Gehäuseringe zwischen der Bodenplatte und der Deckplatte. Das heißt, die Bodenplatte und die Deckplatte sind durch den mindestens einen Gehäusering voneinander beabstandet angeordnet und über den Gehäusering miteinander verbunden.

[0014] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Bodenplatte und der mindestens eine Gehäusering aus dem gleichen Material. Optional ist auch die Deckplatte aus dem gleichen Material, bevorzugt jedoch ist das Material der Deckplatte von dem Material der Bodenplatte und des mindestens einen Gehäuserings verschieden.

[0015] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Gehäuse mehrere elektrische Durchkontaktierungen auf. Dabei befinden sich die Durchkontaktierungen sowohl in der Bodenplatte als auch in der Deckplatte und dem mindestens einen Gehäusering. Es ist nicht zwingend erforderlich, dass die Durchkontaktierungen durchgehend und/oder in gerade Linie von der Bauteilunterseite bis zur Bautei-

oberseite verlaufen. Das heißt, in den Durchkontaktierungen können Stufen gebildet sein und/oder die Durchkontaktierungen verlaufen lediglich abschnittsweise von der Bauteilunterseite zur Bauteiloberseite. Bevorzugt ist mindestens eine durchgehende elektrische Verbindung von der Bauteilunterseite zur Bauteiloberseite gegeben, die durch zumindest eine der elektrischen Durchkontaktierungen realisiert ist. Die Durchkontaktierungen verlaufen mindestens zum Teil quer, insbesondere senkrecht zur Bauteilunterseite.

[0016] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist durch den mindestens einen Gehäuse ring eine Ausnehmung gebildet. Die Ausnehmung ist in lateraler Richtung bevorzugt vollständig oder im Wesentlichen vollständig von dem Gehäuse ring umgeben. Eine Bodenfläche und eine Oberseite der Ausnehmung werden bevorzugt durch die Bodenplatte sowie die Deckplatte gebildet. Der mindestens eine Halbleiterchip ist in der Ausnehmung angebracht. Aus der Ausnehmung heraus erfolgt eine elektrische Kontaktierung insbesondere des Halbleiterchips über die Durchkontaktierungen.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform verlaufen die Durchkontaktierungen oder zumindest manche der Durchkontaktierungen teilweise oder vollständig von der Ausnehmung beabstandet. Das heißt, diese Durchkontaktierungen sind bestimmungsgemäß von innerhalb der Ausnehmung nicht zugänglich. Insbesondere ist die betreffende Durchkontaktierung innerhalb der Ausnehmung nicht elektrisch mit einer elektrischen Komponente des Halbleiterbauteils wie dem Halbleiterchip verbunden. Die betreffenden, bevorzugt zwei oder mehr als zwei Durchkontaktierungen können von der Ausnehmung elektrisch isoliert sein.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Bodenplatte, der mindestens eine Gehäuse ring sowie die Deckplatte über Dichtrahmen fest miteinander verbunden. Die Dichtrahmen sind aus anorganischen Materialien, wie Metallen oder Gläsern. Bei den Dichtrahmen handelt es sich insbesondere um durchgehende, umlaufende Rahmen, die sich in einer oder in mehreren durchgehenden Bahnen in Draufsicht gesehen um einen Innenbereich der entsprechenden Bodenplatte, Deckplatte und/oder Gehäuse rings erstrecken. Insbesondere handelt es sich bei den Dichtrahmen um die einzigen Komponenten, die die Bodenplatte, die Deckplatte sowie den mindestens einen Gehäuse ring mechanisch miteinander verbinden. Die Dichtrahmen sind hermetisch dichte Verbindungselemente zwischen der Bodenplatte, der Deckplatte sowie dem mindestens einen Gehäuse ring.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Gehäuse einen oder mehrere Strah-

lungsaustrittsbereiche. Bevorzugt befindet sich der Strahlungsaustrittsbereich in der Deckplatte, kann alternativ aber auch in der Bodenplatte oder in dem Gehäuse ring angebracht sein. Ferner ist es möglich, dass sich der Strahlungsaustrittsbereich über mehrere Gehäusekomponenten hinweg erstreckt, beispielsweise über die Deckplatte und einen der Gehäuse ringe.

[0020] In mindestens einer Ausführungsform umfasst das optoelektronische Halbleiterbauteil mindestens einen Halbleiterchip zur Strahlungserzeugung und ein anorganisches Gehäuse. Der Halbleiterchip ist hermetisch dicht in dem Gehäuse untergebracht. Das Gehäuse weist eine keramische Bodenplatte, eine Deckplatte und mindestens einen keramischen Gehäuse ring zwischen der Bodenplatte und der Deckplatte sowie mehrere elektrische Durchkontaktierungen auf. Durch den Gehäuse ring ist eine Ausnehmung gebildet, in der sich der Halbleiterchip befindet. Die Bodenplatte weist an einer Bauteilunterseite mehrere elektrische Anschlussflächen zur externen elektrischen Kontaktierung des Halbleiterbauteils auf. Durch die Bodenplatte, durch die Deckplatte sowie durch den Gehäuse ring erstrecken sich in Richtung quer zur Bauteilunterseite je mehrere der Durchkontaktierungen hindurch. Diese Durchkontaktierungen oder zumindest manche dieser Durchkontaktierungen verlaufen bevorzugt von der Ausnehmung beabstandet. Die Bodenplatte, der mindestens eine Gehäuse ring sowie die Deckplatte sind über durchgehende, umlaufende anorganische Dichtrahmen fest miteinander verbunden. Schließlich umfasst das Gehäuse einen Strahlungsaustrittsbereich zur Strahlungsemission.

[0021] Optoelektronische Halbleiterbauteile zur Strahlungsemission werden zunehmend unter Umweltbedingungen eingesetzt, beispielsweise im Automobilbereich, die eine dichte Abkapselung von Halbleiterchips zum Schutz vor Umwelteinflüssen voraussetzen. Da zunehmend größere Stückzahlen solcher Halbleiterbauteile verbaut werden, zum Beispiel in Mobiltelefonen, sollen entsprechende Gehäuse massenfertigungstauglich und kostengünstig herstellbar sein.

[0022] Mit dem hier beschriebenen Halbleiterbauteil lässt sich eine hermetische Einschließung eines Halbleiterchips erreichen. Dabei ist das betreffende Gehäuse aus anorganischen Materialien gebildet. Ferner ermöglicht das Gehäuse eine dreidimensionale Führung von Leiterbahnen, insbesondere mittels der Durchkontaktierungen.

[0023] In dem Gehäuse können unterschiedliche elektrische Komponenten integriert werden, beispielsweise Halbleiterlaser, Leuchtdioden, Sensoren, integrierte Schaltkreise, kurz ICs, anwenderspezifische integrierte Schaltkreise, kurz ASICs, optische

Elemente wie optische Filter und/oder lichtkonvertierende Elemente wie Leuchtstoffe. Ferner können die hier beschriebenen Gehäuse in einem Panelprozess und/oder in einem Waferprozess parallel verarbeitet werden, sodass eine kostengünstigere Herstellung ermöglicht ist.

[0024] Weiterhin ist durch das hier beschriebene Gehäuse eine Miniaturisierung durch Integrationsmöglichkeiten von elektrischen Komponenten möglich. Neben den bereits erwähnten Laserdioden, Leuchtdioden, ICs oder ASICs können auch passive elektrische Komponenten wie Widerstände, Kapazitäten, Induktivitäten oder Einrichtungen zum Schutz vor elektrostatischen Entladungen in dem Gehäuse, insbesondere in der Ausnehmung, untergebracht werden sowie alternativ oder zusätzlich optische Elemente wie Fenster, Filter, Spiegel, Prismen und/oder Linsen.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Halbleiterbauteil mehrere der Gehäuseringe. Die Gehäuseringe sind bevorzugt übereinandergestapelt angeordnet und durch diesen Stapel aus den Gehäuseringen sind die Bodenplatte und die Deckplatte voneinander beabstandet und über diesen Stapel miteinander verbunden.

[0026] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Dichtringe im Bereich der Ausnehmung in Draufsicht gesehen voneinander verschieden geformt. Das heißt, die Ausnehmung weist an den verschiedenen Dichtringen unterschiedliche Formen auf. Alternativ ist es möglich, dass in Draufsicht gesehen alle Gehäuseringe gleich gestaltet sind und/oder deckungsgleich übereinandergestapelt sind.

[0027] Die Bodenplatte, die Deckplatte sowie der oder die Gehäuseringe können an Seitenwänden des Gehäuses bündig miteinander abschließen. Das heißt, die Bodenplatte, die Deckplatte sowie der oder die Gehäuseringe überragen einander in Richtung weg von der Ausnehmung bevorzugt nicht gegenseitig. Damit sind insgesamt glatte Seitenwände möglich.

[0028] Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei den Dichtrahmen um metallische Dichtrahmen. Das heißt, die Dichtrahmen bestehen aus einem oder, bevorzugt, aus mehreren Metallen. Insbesondere handelt es sich bei den Dichtrahmen und Lotverbindungen, beispielsweise aus den Materialsystemen Au/Sn, Au/Ge, Ni/Sn und/oder Cu/Sn. Solche Lote eignen sich insbesondere für Diffusionslötung. Als Niedertemperatursysteme sind ebenso Materialsysteme für die Dichtrahmen wie Bi/Sn/Ag, In/Sn und/oder Zn/Sn/In möglich.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die anorganischen Dichtrahmen frei oder im We-

sentlichen frei von Metallen. Dazu sind die Dichtrahmen beispielsweise aus einem Glas, aus Siliziumdioxid oder aus einem Halbleiter wie Silizium oder Germanium. Als Fügechnik findet dann beispielsweise anodisches Bonden Anwendung.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform handelt es sich bei einem der Gehäuseringe um eine Montageplattform für den Halbleiterchip. Das heißt, der Halbleiterchip ist auf diesem Gehäuse ring montiert. Alternativ kann der Halbleiterchip auf mehreren der Gehäuseringe montiert sein. Sind mehrere Halbleiterchips vorhanden, können diese an einem der Gehäuseringe angebracht sein oder die Halbleiterchips sind auf verschiedenen Gehäuse ringen montiert.

[0031] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich an dem Gehäuse ring oder an einem der Gehäuseringe oder an mehreren der Gehäuseringe oder an allen Gehäuse ringen in der Ausnehmung je mindestens eine elektrische Kontaktfläche. Die elektrische Kontaktfläche ist beispielsweise für den Halbleiterchip oder für ICs sowie für elektrische Verbindungsleitungen wie Bonddrähte vorgesehen. Die zumindest eine Kontaktfläche kann eine laterale Fortsetzung wenigstens einer zugehörigen Durchkontaktierung sein.

[0032] Es ist möglich, dass die elektrischen Kontaktflächen parallel zur Bauteilunterseite orientiert sind, beispielsweise mit einer Toleranz von höchstens 20° oder 10° oder 5°. Alternativ können diese Kontaktfläche oder manche dieser Kontaktflächen quer zur Bauteilunterseite orientiert sein, beispielsweise mit einer Toleranz von höchstens 20° oder 10° oder 5° senkrecht zur Bauteilunterseite.

[0033] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befinden sich in der Ausnehmung an der Bodenplatte und/oder an der Deckplatte mehrere elektrische Kontaktflächen. Einige oder alle dieser Kontaktflächen sind direkt oder indirekt mit dem Halbleiterchip elektrisch verbunden. Eine indirekte elektrische Verbindung bedeutet beispielsweise, dass sich zwischen der betreffenden Kontaktfläche und dem Halbleiterchip etwa ein IC und/oder ein Treiber befindet.

[0034] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich in der Ausnehmung eine oder mehrere der folgenden Komponenten: ein Treiber für den Halbleiterchip, ein integrierter Schaltkreis, eine Monitordiode für die zu erzeugende Strahlung, ein Regelkreis zur Leistungsregelung oder Leistungsnachregelung des Halbleiterchips, eine Kontrolleinheit für den Strahlungsaus trittsbereich. Bevorzugt liegen mehrere dieser Komponenten kombiniert in der Ausnehmung vor. Insbesondere ist es möglich, dass sich alle elektronischen Komponenten des Halbleiterbauteils

in der Ausnehmung hermetisch gekapselt innerhalb des Gehäuses befinden.

[0035] Gemäß zumindest einer Ausführungsform nimmt der Strahlungsausstrittsbereich in Draufsicht gesehen höchstens 20 % oder 10 % oder 5 % einer Grundfläche der Deckplatte ein. Mit anderen Worten ist der Strahlungsausstrittsbereich dann auf einen kleinen Bereich der Deckplatte beschränkt. Insbesondere ist der Strahlungsausstrittsbereich in diesem Fall von einem für die zu erzeugende Strahlung undurchlässigen Material der Deckplatte ringsum umgeben, in Draufsicht gesehen.

[0036] Alternativ ist es möglich, dass die gesamte Deckplatte oder ein Großteil der Deckplatte durchlässig für die zu erzeugende Strahlung ist. In diesem Fall kann sich der Strahlungsausstrittsbereich über einen Großteil oder über die ganze oder im Wesentlichen über die ganze Deckplatte hinweg erstrecken.

[0037] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst die Deckplatte ein oder mehrere keramische Materialien. Beispielsweise ist ein Teil der Deckplatte aus Aluminiumnitrid und ein anderer Teil der Deckplatte aus Aluminiumoxid. Etwa in dem Bereich mit Aluminiumoxid können sich ein oder mehrere Leuchtstoffe befinden.

[0038] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst der Strahlungsausstrittsbereich, der insbesondere ein Bestandteil der Deckplatte ist, einen oder mehrere Leuchtstoffe. Über den mindestens einen Leuchtstoff wird die von dem Halbleiterchip im Betrieb erzeugte Strahlung teilweise oder vollständig in eine andere Strahlung mit einer bevorzugt größeren Wellenlänge umgewandelt.

[0039] Insbesondere wird einer oder werden mehrere der folgenden Leuchtstoffe verwendet: Eu^{2+} -dotierte Nitride wie $(\text{Ca}, \text{Sr})\text{AlSiN}_3:\text{Eu}^{2+}$, $\text{Sr}(\text{Ca}, \text{Sr})\text{Si}_2\text{Al}_2\text{N}_6:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Sr}, \text{Ca})\text{AlSiN}_3^*\text{Si}_2\text{N}_2\text{O}:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Ca}, \text{Ba}, \text{Sr})_2\text{Si}_5\text{N}_8:\text{Eu}^{2+}$, $(\text{Sr}, \text{Ca})[\text{LiAl}_3\text{N}_4]:\text{Eu}^{2+}$; Granate aus dem allgemeinen System $(\text{Gd}, \text{Lu}, \text{Tb}, \text{Y})_3(\text{Al}, \text{Ga}, \text{D})_5(\text{O}, \text{X})_{12}:\text{RE}$ mit $\text{X} =$ Halogenid, N oder zweiwertiges Element, $\text{D} =$ dreiwertiges oder vierwertiges Element und $\text{RE} =$ Seltenerdmetalle wie $\text{Lu}_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$, $\text{Y}_3(\text{Al}_{1-x}\text{Ga}_x)_5\text{O}_{12}:\text{Ce}^{3+}$; Eu^{2+} -dotierte Sulfide wie $(\text{Ca}, \text{Sr}, \text{Ba})\text{S}:\text{Eu}^{2+}$; Eu^{2+} -dotierte SiONE wie $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca})\text{Si}_2\text{O}_2\text{N}_2:\text{Eu}^{2+}$; SiAlONE etwa aus dem System $\text{Li}_x\text{M}_y\text{Ln}_z\text{Si}_{12-(m+n)}\text{Al}_{(m+n)}\text{O}_n\text{N}_{16-n}$; beta-SiAlONE aus dem System $\text{Si}_{6-x}\text{Al}_x\text{O}_y\text{N}_{8-y}:\text{RE}_z$ mit $\text{RE} =$ Seltenerdmetalle; Nitrido-Orthosilikate wie $\text{AE}_{2-x}\text{RE}_x\text{Eu}_a\text{SiO}_{4-x}\text{N}_x$ oder $\text{AE}_{2-x}\text{RE}_x\text{Eu}_a\text{Si}_{1-y}\text{O}_{4-x-2y}\text{N}_x$ mit $\text{RE} =$ Seltenerdmetall und $\text{AE} =$ Erdalkalimetall oder wie $(\text{Ba}, \text{Sr}, \text{Ca}, \text{Mg})_2\text{SiO}_4:\text{Eu}^{2+}$; Chlorosilikate wie $\text{Ca}_8\text{Mg}(\text{SiO}_4)_4\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$; Chlorophosphate wie $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca}, \text{Mg})_{10}(\text{PO}_4)_6\text{Cl}_2:\text{Eu}^{2+}$; BAM-Leuchtstoffe aus dem $\text{BaO-MgO-Al}_2\text{O}_3$ -System wie $\text{BaMgAl}_{10}\text{O}_{17}:\text{Eu}^{2+}$; Ha-

lophosphate wie $\text{M}_5(\text{PO}_4)_3(\text{Cl}, \text{F}) : (\text{Eu}^{2+}, \text{Sb}^{2+}, \text{Mn}^{2+})$; SCAP-Leuchtstoffe wie $(\text{Sr}, \text{Ba}, \text{Ca})_5(\text{PO}_4)_3\text{Cl}:\text{Eu}^{2+}$. Außerdem können auch sogenannte Quantenpunkte als Konvertermaterial eingebracht werden. Quantenpunkte in der Form nanokristalliner Materialien, welche eine Gruppe II-VI-Verbindung und/oder eine Gruppe III-V-Verbindungen und/oder eine Gruppe IV-VI-Verbindung und/oder Metall-Nanokristalle beinhalten, sind hierbei bevorzugt.

[0040] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist an dem Strahlungsausstrittsbereich eine Prüfvorrichtung angebracht, zum Beispiel an einer dem mindestens einen Gehäusering abgewandten Seite des Strahlungsausstrittsbereichs oder alternativ in der Ausnehmung. Die Prüfvorrichtung ist dazu eingerichtet zu bestimmen, ob der Strahlungsausstrittsbereich intakt ist. Die Prüfvorrichtung arbeitet insbesondere elektrisch, beispielsweise über deren elektrischen Widerstand oder auch induktiv oder kapazitiv.

[0041] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Prüfvorrichtung durch eine für die im Betrieb erzeugte Strahlung durchlässiges Widerstandselement wie eine elektrische Leiterbahn gebildet. Alternativ kann die Prüfvorrichtung durch zumindest eine Spule und/oder zumindest einen Kondensator gebildet sein. Beispielsweise ist die Prüfvorrichtung in Draufsicht gesehen vollständig oder zum Teil mäanderförmig, spiralförmig, flächig segmentförmig, antennenförmig, rund oder eckig gewellt und/oder sinusförmig.

[0042] Der Strahlungsausstrittsbereich ist dabei bevorzugt in der Deckplatte oder an der Deckplatte angebracht. Die Prüfvorrichtung ist beispielsweise durch mehrere Schleifen aus einem transparenten leitfähigen Oxid gebildet, die sich über den Strahlungsausstrittsbereich schlängeln.

[0043] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist die Prüfvorrichtung, insbesondere falls als Leiterbahn gebildet, über eine oder über mehrere der Durchkontaktierungen elektrisch mit einer oder mit mehreren der elektrischen Anschlussflächen an der Bauteilunterseite verbunden. Hierdurch ist es möglich, dass über diese elektrischen Anschlussflächen von außerhalb des Halbleiterbauteils festgestellt wird, ob der Strahlungsausstrittsbereich und/oder die Prüfvorrichtung intakt sind.

[0044] Alternativ ist es möglich, dass die Prüfvorrichtung über die Durchkontaktierungen elektrisch mit der Kontrolleinheit im Inneren der Ausnehmung verbunden ist. Im letztgenannten Fall kann es sein, dass das Halbleiterbauteil nur zur Strahlungsemission eingerichtet ist, solange die Prüfvorrichtung und damit der Strahlungsausstrittsbereich intakt sind.

[0045] Gemäß zumindest einer Ausführungsform befindet sich in der Ausnehmung eine Umlenkoptik

für die von dem Halbleiterchip erzeugte Strahlung. Bei der Umlenkoptik kann es sich um einen Spiegel handeln. Der Spiegel kann planar gestaltet sein oder gleichzeitig als lichtsammelnder Spiegel etwa zur Kollimation oder Fokussierung der von dem Halbleiterchip erzeugten Strahlung eingerichtet sein. Bevorzugt ist die Umlenkoptik an der Bodenplatte befestigt, alternativ kann die Umlenkoptik ebenso an einem oder an mehreren der Gehäuseringen oder an der Deckplatte angebracht sein.

[0046] Gemäß zumindest einer Ausführungsform emittiert der Halbleiterchip im bestimmungsgemäßen Gebrauch im Betrieb die Strahlung, insbesondere Laserstrahlung, parallel zur Bodenplatte, beispielsweise mit einer Toleranz von höchstens 30° oder 15° oder 5° . Dieser Winkel gilt bevorzugt für eine optische Achse und/oder für eine Richtung maximaler Intensität der erzeugten Strahlung. Alternativ wird die Strahlung von dem Halbleiterchip quer, beispielsweise senkrecht oder näherungsweise senkrecht zur Bodenplatte emittiert.

[0047] Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die von dem Halbleiterchip im Betrieb erzeugte Strahlung von der Umlenkplatte in Richtung senkrecht zur Bodenplatte umgelenkt, beispielsweise mit einer Toleranz von höchstens 30° oder 15° oder 5° , bezogen auf die optische Achse der Strahlung und/oder auf deren Richtung maximaler Intensität.

[0048] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Bodenplatte und/oder die Deckplatte durch durchgehende, planparallele Platten gebildet. Alternativ kann diejenige Platte, in der sich der Strahlungsaustrittsbereich befindet, insbesondere die Deckplatte, auch gekrümmt verlaufen und beispielsweise in einem Zentralbereich sich näher an der Bodenplatte befinden als in einem Randbereich, in dem der mindestens eine Gehäusering liegt.

[0049] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist der Gehäusering oder weisen die Gehäuseringe um die Ausnehmung herum eine gleichbleibende Dicke auf, insbesondere in Richtung senkrecht zur Bauteilunterseite. Das heißt bevorzugt, die einzelnen Gehäuseringe umrunden die Ausnehmung mit einer gleichbleibenden Höhe bezogen auf die Bauteilunterseite.

[0050] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Seitenflächen des Gehäuses frei von elektrisch leitfähigen Materialien. Insbesondere befinden sich an den Seitenflächen keine Durchkontaktierungen. Hierdurch ist es möglich, eventuelle Kurzschlüsse zwischen benachbarten Halbleiterbauteilen, die auf einer Leiterplatte dicht nebeneinander angeordnet werden können, zu vermeiden.

[0051] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Gehäuse quaderförmig oder würfelförmig. Alternativ kann das Gehäuse prismatisch geformt sein, beispielsweise als dreieckiges Prisma oder als insbesondere regelmäßiges Sechskantprisma. Bodenflächen und Oberseiten entsprechender Prismen sind in diesem Fall bevorzugt durch die Bodenplatte sowie durch die Deckplatte gebildet.

[0052] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Bodenplatte, die Deckplatte und/oder der mindestens eine Gehäusering eine Dicke von mindestens 0,1 mm oder 0,25 mm auf. Alternativ oder zusätzlich liegen diese Dicken bei höchstens 1,5 mm oder 0,8 mm. Alternativ oder zusätzlich weist das Gehäuse Kantenlängen auf, insbesondere in Draufsicht gesehen, die bei mindestens 1 mm oder 1,5 mm oder 3 mm und/oder bei höchstens 8 mm oder 5 mm oder 4 mm liegen.

[0053] Gemäß zumindest einer Ausführungsform sind die Bodenplatte, die Deckplatte und/oder der mindestens eine Gehäusering aus einem Material mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit von mindestens 20 W/m·K oder 70 W/m·K oder 150 W/m·K oder 170 W/m·K oder 220 W/m·K oder 400 W/m·K. Solche relativ hohen spezifischen Wärmeleitfähigkeiten lassen sich insbesondere durch Keramiken erreichen. Es ist möglich, dass die Bodenplatte aus einem Material mit einer höheren spezifischen Wärmeleitfähigkeit ist als die Deckplatte und/oder der mindestens eine Gehäusering.

[0054] Gemäß zumindest einer Ausführungsform unterscheiden sich thermische Ausdehnungskoeffizienten der Bodenplatte, der Deckplatte und/oder des mindestens einen Gehäuserings um höchstens 1×10^{-5} 1/K oder 5×10^{-6} 1/K voneinander. Hierdurch ist vermeidbar, dass bei einem Zusammenfügen der Bodenplatte, der Deckplatte und des mindestens einen Gehäuserings zu große thermische Verspannungen verhindert werden. Beispielsweise bei einer Kombination von AlN mit Aluminiumoxid für die Komponenten des Gehäuses liegt dieser unterschied um 4×10^{-6} 1/K und bei einer Kombination aus Aluminiumoxid und Quarz oder Glas um 7×10^{-6} 1/K.

[0055] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weisen die Dichtrahmen beim Zusammenfügen der Gehäuseteile eine um mindestens 20°C oder 40°C oder 60°C niedrigere Verarbeitungstemperatur auf als fertige elektrische Verbindungsmittel, mit denen der Halbleiterchip und/oder optionale weitere elektrische Komponenten in der Ausnehmung befestigt sind. Das heißt, die Dichtrahmen können durch niedrigschmelzende Lote oder in fertig verarbeiteter Zustand hochschmelzende Materialsysteme gebildet sein, wohingegen das elektrische Verbindungsmittel bevorzugt durch ein höher schmelzendes Lot oder durch ein fertig verarbeitetes Materialsystem mit

höherem Schmelzpunkt gebildet ist. Dadurch lässt sich vermeiden, dass sich beim Zusammenfügen der Dichtrahmen die elektrischen Komponenten wie der Halbleiterchip oder Bonddrähte lösen.

[0056] Gemäß zumindest einer Ausführungsform ist das Halbleiterbauteil mittels Oberflächenmontage, kurz SMT oder Surface Mount Technology, befestigbar. Das heißt etwa, dass das Halbleiterbauteil bei einer Temperatur von 220 °C oder 260 °C für mindestens 30 s oder 60 s stabil ist, sodass die Dichtrahmen und die elektrischen Verbindungsmittel bei dem SMT-Prozess nicht beschädigt werden.

[0057] Darüber hinaus wird ein Herstellungsverfahren für ein solches optoelektronisches Halbleiterbauteil, wie in Verbindung mit einer oder mehrerer der oben genannten Ausführungsformen beschrieben, angegeben. Merkmale des Herstellungsverfahrens sind daher auch für das Halbleiterbauteil offenbart und umgekehrt.

[0058] In mindestens einer Ausführungsform umfasst das Herstellungsverfahren die folgenden Schritte, bevorzugt in der angegebenen Reihenfolge:

A) Bereitstellen der Bodenplatte, des mindestens einen Gehäuserings und der Deckplatte übereinander gestapelt, wobei die Bodenplatte an einer der Deckplatte zugewandten Seite und die Deckplatte an einer der Bodenplatte zugewandten Seite sowie der mindestens eine Gehäusering beidseitig mit den Dichtrahmen oder mit Komponenten für die Dichtrahmen versehen sind, und

B) Verbinden der Bodenplatte, des mindestens einen Gehäuserings und der Deckplatte fest miteinander durch gleichzeitiges Verbinden aller benachbarten Dichtrahmen miteinander.

[0059] Gleichzeitiges Verbinden bedeutet, dass das Verbinden in einem einzigen Arbeitsschritt erfolgt. Das heißt, es ist nicht notwendig, dass die verschiedenen Dichtrahmen exakt zeitgleich verarbeitet werden und/oder aufschmelzen, sondern es können innerhalb des gleichen Arbeitsschrittes geringfügige Zeitverzögerungen auftreten, beispielsweise bedingt durch Verzögerungen beim Aufwärmen der Komponenten des Gehäuses insbesondere aufgrund der endlichen Wärmeleitfähigkeit der Gehäusematerialien.

[0060] Es ist möglich, dass die Dichtrahmen in ihrer finalen Materialzusammensetzung erst durch das Verbinden gebildet werden. Ist der fertige Dichtrahmen beispielsweise aus AuSn, so ist es möglich, dass die zuvor angebrachten Dichtrahmen der zusammenzufügenden Komponenten aus einer Goldschicht einerseits und aus einer Zinnschicht andererseits gebildet sind. Die gewünschte Legierung oder Mischung

für den Dichtrahmen wird dann erst durch Mischen der beteiligten Metalle beim Erwärmen im Rahmen des Verbindens gebildet. Zu diesem Zweck ist es möglich, dass einer der oder beide der zusammenzufügenden Dichtrahmen aus Mehrschichtsystemen zusammengesetzt sind, etwa aus abwechselnd aufeinanderfolgenden Goldschichten und Zinnschichten oder aus Kupferschichten und Zinnschichten.

[0061] Gemäß zumindest einer Ausführungsform werden die Schritte A) und B) im Waferverbund oder im Panelverbund durchgeführt. Das heißt, eine große Anzahl von Gehäusen wird parallel erstellt. Dazu erstrecken sich bevorzugt die Bodenplatte, die Deckplatte und/oder die Gehäuseringe durchgehend während der Schritte A) und B) über eine Vielzahl der späteren, fertigen optoelektronischen Halbleiterbauteile hinweg.

[0062] Gemäß zumindest einer Ausführungsform umfasst das Verfahren einen Schritt C), in dem ein Vereinzeln zu den Halbleiterbauteilen erfolgt. Der Schritt C) folge bevorzugt den Schritten A) und B) nach. Bei dem Schritt C) kann es sich um ein Sägen und/oder ein Brechen, etwa entlang von Sollbruchstellen, handeln. Ebenso ist eine Separation über ein Schneiden, wie ein Laserschneiden, möglich.

[0063] Nachfolgend werden ein hier beschriebenes optoelektronisches Halbleiterbauteil und ein hier beschriebenes Herstellungsverfahren unter Bezugnahme auf die Zeichnung anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert. Gleiche Bezugszeichen geben dabei gleiche Elemente in den einzelnen Figuren an. Es sind dabei jedoch keine maßstäblichen Bezüge dargestellt. Vielmehr können einzelne Elemente zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0064] Es zeigen:

Fig. 1 schematische perspektivische Darstellungen eines Ausführungsbeispiels eines hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteils,

Fig. 2 bis Fig. 4 schematische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteilen,

Fig. 5 bis Fig. 8 schematische Darstellungen von Verfahrensschritten zur Herstellung von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteilen, und

Fig. 9 und Fig. 10 schematische perspektivische Schnittdarstellungen von Ausführungsbeispielen von hier beschriebenen optoelektronischen Halbleiterbauteilen.

[0065] In **Fig. 1** ist ein Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen Halbleiterbauteils **1** perspektivisch dargestellt, siehe die Explosionszeichnung in **Fig. 1A**, die teiltransparente Schemazeichnung in **Fig. 1B**, die Schnittdarstellung in **Fig. 1C** sowie die Detailansicht in **Fig. 1D**.

[0066] Das Halbleiterbauteil **1** weist ein Gehäuse **3** auf, das aus einer Bodenplatte **31**, einem Gehäuse- ring **32** sowie einer Deckplatte **33** zusammengesetzt ist. Diese drei Komponenten **31**, **32**, **33** liegen deckungsgleich übereinandergestapelt vor. Ferner sind diese drei Komponenten **31**, **32**, **33** über bevorzugt metallische Dichtrahmen **6** mechanisch und hermetisch dicht miteinander verbunden.

[0067] Bei der Bodenplatte **31** und der Deckplatte **33** handelt es sich um planparallele Platten. Durch den ringsum gleich hohen Gehäuse- ring **32** ist eine Ausnehmung **15** definiert. In der Ausnehmung **15** befindet sich an elektrischen Anschlussflächen **4** ein Treiber **71** für einen Halbleiterchip **2**. Bei dem Halbleiterchip **2** handelt es sich um eine Laserdiode, die zur Erzeugung einer Strahlung **R** eingerichtet ist. Bei der Strahlung **R** handelt es sich bevorzugt um blaues Licht. Der Halbleiterchip **2** ist auf dem Treiber **71** angebracht, sodass der Treiber **71** ein sogenanntes Submount für den Halbleiterchip **2** darstellt. Eine elektrische Anbindung des Halbleiterchips **2** sowie des Treibers **71** erfolgt über mehrere Bonddrähte **52**.

[0068] Alternativ zu einem Treiber **71** kann auch ein Submount als Abstandshalter und/oder Wärmesenke zwischen der Bodenplatte **31** und dem zumindest einen Halbleiterchip **2** verwendet werden. Ein solches Submount ist beispielsweise aus AlN, SiC oder Siliziumnitrid und weist bevorzugt Metallisierungen für den Halbleiterchip **2** und optional für Bonddrähte **52** auf. Zudem kann der Treiber **71** oder das Submount elektrische Durchkontaktierungen aufweisen, die insbesondere von der Bodenplatte her bis an eine dem Halbleiterchip zugewandte Seite reichen. Sind solche Durchkontaktierungen vorhanden, so ist es möglich, dass Bonddrähte entfallen. Entsprechendes gilt auch für alle anderen Ausführungsbeispiele, wobei nachfolgend vereinfachend immer nur von Treiber die Rede ist.

[0069] Dem Halbleiterchip **2** ist optisch eine Umlenkoptik **75** nachgeordnet. Durch die Umlenkoptik **75** wird die Strahlung **R** in Richtung senkrecht zu einer Bauteilunterseite **11** hin zu einer Bauteiloberseite **12** gelenkt. Zur Auskopplung der Strahlung befindet sich in der Deckplatte **33** ein Strahlungsausstrittsbereich **34**, der in Draufsicht gesehen kreisförmig gestaltet sein kann. Die Umlenkoptik **75**, der Treiber **71** und der Halbleiterchip **2** sind aneinander sowie an den Anschlussflächen **4** angelötet, bevorzugt mit einem vergleichsweise hochschmelzenden Lot.

[0070] Außerdem sind mehrere elektrische Durchkontaktierungen **51** vorhanden, die sich von der Bauteilunterseite **11** bis zur Bauteiloberseite **12** erstrecken. Dabei liegen zwei der Durchkontaktierungen **51** außerhalb der Ausnehmung **15** an einem Rand des Gehäuses **3**. Die übrigen Durchkontaktierungen zur unmittelbaren elektrischen Anbindung des Halbleiterchips **2** erstrecken sich von der Bauteilunterseite **11** in die Ausnehmung **15**.

[0071] Die metallischen Dichtrahmen **6** weisen beim Zusammenfügen der Gehäusekomponenten **31**, **32**, **33** eine niedrigere Verarbeitungstemperatur auf als fertige elektrische Verbindungsmittel zum Befestigen der Bonddrähte **52** sowie des Halbleiterchips **2** und des Treibers **71**. Damit bleiben die elektrischen Verbindungen beim Zusammenfügen der Komponenten **31**, **32**, **33** des Gehäuses **3** intakt. Die Dichtrahmen **6** werden etwa aus einer silberbasierten Sinterpaste erzeugt, zum Beispiel bei einer Temperatur von ungefähr 190 °C, die fertigen Dichtrahmen **6** sind dann im Wesentlichen aus Silber und temperaturstabil bis um 960 °C. Alternativ werden die Dichtrahmen **6** aus einem Schichtverbund aus Au und Sn oder aus Cu und Sn erzeugt, wobei die Schichten bei relativ niedrigen Temperaturen durchreagieren und die fertigen Dichtrahmen **6** vergleichsweise temperaturstabil sind.

[0072] Die Durchkontaktierungen **51** können innerhalb der Komponenten **31**, **32**, **33** eine andere Gestalt aufweisen als an Hauptseiten dieser Komponenten **31**, **32**, **33**, siehe insbesondere **Fig. 1B**. Beispielsweise sind die Durchkontaktierungen **51** innerhalb der Komponenten **31**, **32**, **33** durch elektrisch leitfähig ausgefüllte, zylinderförmige Löcher gebildet. An den Hauptflächen der Komponenten **31**, **32**, **33** dagegen sind die Durchkontaktierungen **51** flächig gestaltet, um ein Aneinanderfügen der Durchkontaktierungen **51** zu vereinfachen.

[0073] An einer Außenseite des Strahlungsausstrittsbereichs **34** kann sich eine nicht gezeichnete Linse befinden, beispielsweise aus einem Glas, aus Saphir oder auch aus einem Kunststoff wie einem Epoxid, einem Silikon oder einem Silikon-Epoxid-Hybridmaterial.

[0074] Gemäß **Fig. 1** sind die Dichtrahmen **6** elektrisch jeweils nicht angeschlossen und liegen somit auf keinem definierten elektrischen Potential, sind insbesondere elektrisch neutral. Dies ist nicht zwingend erforderlich. So ist es auch möglich, dass die Dichtrahmen **6** definiert auf ein elektrisches Potential gebracht werden und beispielsweise elektrisch leitend mit einer der Durchkontaktierungen **51** verbunden sind oder selbst einen Teil der Durchkontaktierungen **51** bilden, insbesondere an den Hauptseiten der Komponenten **31**, **32**, **33**. Entsprechendes gilt für alle anderen Ausführungsbeispiele.

[0075] Die Bodenplatte **31** ist beispielsweise aus einer AlN-Keramik, ebenso wie der Gehäusering **32**. Die Deckplatte **33** ist beispielsweise aus Aluminiumoxid. Der Lichtaustrittsbereich **34** ist bevorzugt durch einen Leuchtstoff wie YAG:Ce in Glas, englisch phosphor in glass oder kurz PIG, gebildet. Dieser PIG kann bündig mit den Hauptseiten der Deckplatte **6** abschließen. Über den Leuchtstoff **36** in dem Strahlungsausstrittsbereich **34** wird die von dem Halbleiterchip **2** erzeugte Laserstrahlung bevorzugt lediglich teilweise in längerwelliges Licht umgewandelt, sodass das Halbleiterbauteil **1** insgesamt weißes Mischlicht emittieren kann.

[0076] Optional befindet sich insbesondere an der Bauteiloberseite **12** eine Prüfvorrichtung **8**. Über die Prüfvorrichtung **8** ist feststellbar, ob der Strahlungsausstrittsbereich **34** mit dem Leuchtstoff **36** zumindest an der Bauteiloberseite **12** unbeschädigt ist. Beispielsweise würde das Halbleiterbauteil **1** ohne den intakten Leuchtstoff **36** in die Laserschutzklasse **4** fallen, mit Leuchtstoff **36** jedoch lediglich in die Laserschutzklasse **2**. Entsprechend sind, abhängig vom Zustand des Strahlungsausstrittsbereichs **34**, unterschiedliche Sicherungsmaßnahmen erforderlich. Beispielsweise darf das Halbleiterbauteil **1** nur betrieben werden, wenn der Strahlungsausstrittsbereich **34** bestimmungsgemäß vorhanden ist.

[0077] Dazu ist die Prüfvorrichtung **8** gemäß **Fig. 1D** aus einem mäanderförmigen, gewundenen Leiterband gebildet, beispielsweise aus ITO, welches für die zu erzeugende Strahlung **R** durchlässig ist. Die Windungen der Prüfvorrichtung **8** erstrecken sich im Wesentlichen über alle Gebiete des Strahlungsausstrittsbereichs **34** hinweg. Steigt der Widerstand der Prüfvorrichtung **8** signifikant an oder ist die Leiterbahn der Prüfvorrichtung **8** unterbrochen, so ist dies ein Indiz dafür, dass der Strahlungsausstrittsbereich **34** beschädigt ist. Entsprechend wird der Betrieb des Halbleiterbauteils **1** eingeschränkt oder das Halbleiterbauteil **1** wird nicht mehr betrieben.

[0078] Die Prüfvorrichtung **8** ist über Leiterbahnen **54** an der Bauteiloberseite **12** mit den Durchkontaktierungen **51** seitlich neben der Ausnehmung **15** verbunden. Damit ist die Prüfvorrichtung **8** elektrisch über die Bauteiloberseite **12** und die Durchkontaktierungen **51** hinweg mit elektrischen Kontaktflächen **35** an der Bauteilunterseite **11** verbunden.

[0079] Typische Abmessungen des Halbleiterbauteils **1** liegen beispielsweise bei 3,5 mm × 2,5 mm × 1,6 mm. Die genannten Maße gelten beispielsweise mit einer Toleranz von 50 %. Das Halbleiterbauteil **1** wird insbesondere als Blitzlicht verwendet, zum Beispiel in mobilen Bildaufnahmegeräten wie Mobiltelefonen. Alternativ ist es möglich, dass das Halbleiterbauteil **1** etwa im Automobilbereich eingesetzt wird. Entsprechendes gilt für alle anderen Ausführungsbeispiele.

[0080] Das hier beschriebene Halbleiterbauteil **1** umfasst also ein Gehäuse **3**, das aus anorganischen Materialien ist, das den Halbleiterchip **2** hermetisch abdichtet und das eine integrierte dreidimensionale Verschaltung aufweist. Ferner wird eine hohe Strahlungsstabilität erreicht.

[0081] In **Fig. 1** ist gezeigt, dass jeweils nur ein Dichtrahmen **6** zwischen benachbarten Komponenten **31**, **32**, **33** vorhanden ist. Alternativ können mehrere Dichtrahmen **6** als geschlossene umlaufende Ringe vorhanden sein, um eine hohe Sicherheit beim Abdichten zu gewährleisten, selbst wenn einzelne Dichtrahmen **6** fehlerhaft wären.

[0082] Gehäuseseitenflächen **13** sind bevorzugt ausschließlich durch die Materialien der Komponenten **31**, **32**, **33** gebildet und damit frei von elektrisch leitfähigen Materialien. Insbesondere reichen die Durchkontaktierungen **51** und die Dichtrahmen **6** nicht bis an die Gehäuseseitenflächen **13** heran.

[0083] Ebenso wie in allen anderen Ausführungsbeispielen ist es abweichend von der Darstellung der **Fig. 1** möglich, dass sich der Strahlungsausstrittsbereich **34** mit dem Leuchtstoff **36** in der Bodenplatte **31** befindet, sodass die Strahlung **R** durch eine nicht gezeichnete Montageplattform für das Halbleiterbauteil **1**, etwa eine gedruckte Leiterplatte, hindurch emittiert werden kann.

[0084] Die Umlenkoptik **75** kann alternativ an der Deckplatte **33** angebracht sein. Weiterhin, abweichend von den Darstellungen, kann der Strahlungsausstrittsbereich **34** etwa in Verbindung mit dem Weglassen der Umlenkoptik **75** auch an dem Gehäusering **32** liegen.

[0085] Die Komponenten **31**, **32**, **33** weisen bevorzugt ähnliche thermische Ausdehnungskoeffizienten auf, sodass beim Zusammenfügen dieser Komponenten **31**, **32**, **33** nur kleine unterschiedliche Längenausdehnungen erfolgen, die im Design kompensiert werden sollen. Bevorzugt wird für alle Komponenten **31**, **32**, **33** daher das gleiche Material gewählt, beispielsweise ausgewählt aus der Gruppe Al₂O₃, AlN, SiC, SiO₂, Glas, Silizium.

[0086] Darüber hinaus sind auch metallische Paneele mit Oberflächenpassivierung denkbar, beispielsweise in Form von Nanokeramik, gebildet durch einen Aluminiumkern mit vollflächiger oder partieller Al₂O₃-Passivierung. Das heißt, die Komponenten **31**, **32**, **33** können auch nur zum Teil durch eine Keramik gebildet sein. Entsprechendes gilt in allen anderen Ausführungsbeispielen.

[0087] Beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 2** ist illustriert, dass die Umlenkoptik **75** gleichzeitig als Sammellinse nahe an dem Halbleiterchip **2** und als Spie-

gel, beispielsweise totalreflektierender Spiegel, an einer dem Halbleiterchip **2** abgewandten Seite gestaltet ist. Die Umlenkoptik **75** ist bevorzugt über ein hochschmelzendes elektrisches Verbindungsmittel **53** an die Bodenplatte **31** angebunden, wie dies bevorzugt ebenso für den Halbleiterchip **2** und den Treiber **71** gilt.

[0088] Die Dichtrahmen **6** liegen bevorzugt jeweils auf den Hauptseiten der zugehörigen Komponenten **31**, **32**, **33** auf, insbesondere flach, ebenso wie dies bei den Erweiterungen der Durchkontaktierungen **52** an den Hauptseiten der Fall sein kann. Alternativ können die Dichtrahmen **6** auch teilweise oder vollständig in den zugehörigen Komponenten **31**, **32**, **33** versenkt sein, sodass ein Abstand zwischen den Komponenten **31**, **32**, **33** dann kleiner ist als eine Dicke der Dichtrahmen **6** oder benachbarte Komponenten **31**, **32**, **33** berühren sich, insbesondere flächig. Es sind Mischformen zwischen aufliegenden und mindestens zum Teil versenkten Dichtrahmen **6** möglich. Gleiches gilt für alle anderen Ausführungsbeispiele.

[0089] In **Fig. 3** ist gezeigt, dass sich in der Ausnehmung **15** zusätzlich zu dem Halbleiterchip **2** und dem Treiber **71** noch weitere elektrische Komponenten befinden, wie ein integrierter Schaltkreis **72**, ein Regelkreis **74** und eine Kontrolleinheit **76** für den Strahlungsausstrittsbereich **34**. Dazu sind mehrere der elektrischen Anschlussflächen **4** vorhanden, die über die Leiterbahnen **54** miteinander verbunden sein können, unterstützt durch Bonddrähte **52**. Optional kann eine Monitordiode **73** vorhanden sein, in **Fig. 3** lediglich schematisch als Strichlinie gezeichnet.

[0090] Der Halbleiterchip **2** ist auf einem der Gehäuseringe **32a** angebracht, der sich näher an der Bodenplatte **31** befindet. Der weitere Gehäusering **32b** an der Deckplatte **33** dient als Abstandshalter und weist eine andere Form an der Ausnehmung **15** auf als der Gehäusering **32a**.

[0091] Der Treiber **71** befindet sich an der Bodenplatte **31**, die elektronischen Komponenten **72**, **74**, **76** sind an den Anschlussflächen **4** an der Deckplatte **33** angebracht. Dazu kann eine der Durchkontaktierungen **51** bis an die Bauteiloberseite **12** geführt werden, von der Bauteilunterseite **11** her, dann über die Leiterbahn **54** an der Bauteiloberseite **12** weiter verlaufen und über eine weitere Durchkontaktierung **51** durch die Deckplatte **33** hindurch zurück zu diesen elektronischen Komponenten **72**, **74**, **76** verlaufen.

[0092] Beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 3** ist der Strahlungsausstrittsbereich **34** im Querschnitt gesehen wie ein symmetrisches Trapez geformt und erweitert sich in Richtung weg von der Bodenplatte **31**. Der Leuchtstoff **36**, insbesondere in Form einer Leuchtstoffkeramik, befindet sich an einer Innenseite

der Deckplatte **33**. Gleiches ist in allen anderen Ausführungsbeispielen möglich.

[0093] Beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 4** befindet sich die Monitordiode **73** mit dem Regelkreis **74** auf dem Gehäusering **32a** an der Bodenplatte **31**. Der Halbleiterchip **2** strahlt die Strahlung **R** schräg zur Bauteilunterseite **11** ab. Der Leuchtstoff **36** wird in Reflexion betrieben. Die gesamte Deckplatte **33** ist aus einem für die erzeugte Strahlung durchlässigen Material, sodass sich der Strahlungsausstrittsbereich **34** im Wesentlichen über die gesamte Deckplatte **33** hinweg erstreckt. Demgemäß erstreckt sich die optionale Prüfvorrichtung **8** bevorzugt über die gesamte Deckplatte **33** hinweg.

[0094] Optional und durch eine Strichlinie symbolisiert, kann sich an einer Innenseite der Deckplatte **33** eine Optik **77** in Form einer Sammellinse befinden, alternativ auch an einer Außenseite. Anstatt einer sphärischen Sammellinse kann auch eine asphärische Linse, eine Freiformlinse, eine Zylinderlinse oder eine Fresnel-Linse verwendet werden. Entsprechendes ist in allen Ausführungsbeispielen möglich.

[0095] Beim Verfahrensschritt zur Herstellung des Halbleiterbauteils **1**, wie in der perspektivischen Darstellung in **Fig. 5** gezeichnet, handelt es sich bei der Deckplatte **33** um eine durchgehende, unterbrechungsfreie und für die Strahlung durchlässige planparallele Platte. An einer der Bauteiloberseite **12** abgewandten Seite wird der Leuchtstoff **36** angebracht, beispielsweise über Kleben oder Löten. Dazu kann insbesondere ein metallischer Dichtrahmen **6** an dem Leuchtstoff **36** verwendet werden.

[0096] Es ist möglich, dass sich der Leuchtstoff **36** nur in dem Strahlungsausstrittsbereich **34** befindet, sodass im Bereich des Dichtrahmens **6** kein Leuchtstoff **36** vorhanden ist, sondern beispielsweise nur eine Keramik.

[0097] Gemäß der Schnittdarstellung in **Fig. 6A** und der perspektivischen Draufsicht in **Fig. 6B** handelt es sich bei dem Leuchtstoff **36** um eine Leuchtstoffkeramikplatte, die über den Dichtrahmen **6** außen an der Bauteiloberseite **12** an der Deckplatte **33** angebracht ist.

[0098] In **Fig. 7** sind Herstellungsschritte für das hermetisch dichte Einbringen des Leuchtstoffs **36** etwa in die Deckplatte **33** gezeigt. Gemäß der Schnittdarstellung der **Fig. 7A** wird eine Rohmasse **9** mit dem Leuchtstoff **36** sowie optional mit einem Bindemittel und einem Matrixmaterial in die Ausnehmung für den Strahlungsausstrittsbereich **34** eingebracht. Nachfolgend erfolgt ein Aushärten und/oder Aufschmelzen der Rohmasse **9** zu dem Bereich mit dem Leuchtstoff **6**.

[0099] Daraufhin wird bevorzugt eine Planarisierung durchgeführt, siehe **Fig. 7B**, sodass der Bereich mit dem Leuchtstoff **36** bündig mit den Hauptseiten der Deckplatte **33** und damit auch bündig mit der Bauteiloberseite **12** abschließt.

[0100] Weitere perspektivische Darstellungen zu Verfahrensschritten zur Herstellung des Halbleiterbauteils **1** sind in **Fig. 8** illustriert. Gemäß **Fig. 8A** werden mehrere Panele **31'**, **32'**, **33'** mit je einer Mehrzahl der Komponenten **31**, **32**, **33** bereitgestellt. Die Panele **31'**, **32'**, **33'** werden übereinandergestapelt angeordnet, gemeinsam aufgeheizt und somit gleichzeitig über die jeweiligen Dichtrahmen **6** miteinander verbunden.

[0101] Nachfolgend wird ein Vereinzeln zu den fertigen Bauteilen **1** durchgeführt, siehe **Fig. 8B**.

[0102] In **Fig. 8A** ist angedeutet, dass die Dichtrahmen **6** bis an die Seitenflächen **13** der Gehäuse **3** heranreichen können, anders als etwa in **Fig. 1** gezeigt. Dabei werden die Dichtrahmen **6** bevorzugt nur mit einem leiterbahnähnlichen Fortsatz bis an die Seitenflächen **13** geführt. Somit ist es möglich, dass die Dichtrahmen **6** an den noch nicht vereinzelteten Paneelen **31'**, **32'**, **33'** insgesamt eine zusammenhängende Struktur bilden, ebenso wie dies an den Hauptseiten der Panele **31'**, **32'**, **33'** für die Durchkontaktierungen gelten kann, in **Fig. 8A** nicht gezeichnet. Dadurch können die Dichtrahmen **6** und/oder die Durchkontaktierungen an den Paneelen **31'**, **32'**, **33'** durch galvanisches Abscheiden erzeugt oder verdickt werden. Durch das Vereinzeln werden die die Dichtrahmen **6** und/oder die Durchkontaktierungen dann zerlegt, sodass innerhalb der fertigen Bauteile **1** keine unerwünschten Kurzschlüsse insbesondere hinsichtlich der Durchkontaktierungen auftreten.

[0103] Beim Ausführungsbeispiel der **Fig. 9** ist die planparallele Deckplatte **33** insgesamt aus einem lichtdurchlässigen Material, etwa aus Quarzglas. Damit ist die Ausnehmung **15** von außerhalb des Halbleiterbauteils **1** einsehbar. Ferner kann der Leuchtstoff **36** direkt an der Umlenkoptik **75** angebracht sein und nicht an der Deckplatte **33**. Zur Vereinfachung der Darstellung sind die Durchkontaktierungen in **Fig. 9** nicht gezeichnet, ebenso wenig wie in **Fig. 10**.

[0104] Eine der **Fig. 9** ähnliche Anordnung ist in der perspektivischen Explosionszeichnung der **Fig. 10** illustriert. Abweichend von **Fig. 9** kann der Leuchtstoff **36**, beispielsweise aufgebaut, wie in **Fig. 5** veranschaulicht, direkt an der Deckplatte **33** angebracht sein. Die Deckplatte **33** kann wiederum eine planparallele, lichtdurchlässige Platte sein.

[0105] Die in den Figuren gezeigten Komponenten folgen, sofern nicht anders kenntlich gemacht, bevor-

zugt in der angegebenen Reihenfolge jeweils unmittelbar aufeinander. Sich in den Figuren nicht berührende Schichten sind bevorzugt voneinander beabstandet. Soweit Linien parallel zueinander gezeichnet sind, sind die entsprechenden Flächen bevorzugt ebenso parallel zueinander ausgerichtet. Ebenfalls, soweit nicht anders kenntlich gemacht, sind die relativen Positionen der gezeichneten Komponenten zueinander in den Figuren korrekt wiedergegeben.

[0106] Die hier beschriebene Erfindung ist nicht durch die Beschreibung anhand der Ausführungsbeispiele beschränkt. Vielmehr umfasst die Erfindung jedes neue Merkmal sowie jede Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Patentansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Patentansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

1	optoelektronisches Halbleiterbauteil
11	Bauteilunterseite
12	Bauteiloberseite
13	Gehäuseseitenfläche
15	Ausnehmung
2	Halbleiterchip
3	Gehäuse
31	Bodenplatte
32	Gehäusering
33	Deckplatte
34	Strahlungsausstrittsbereich
35	elektrische Kontaktfläche
36	Leuchtstoff
4	elektrische Anschlussfläche
51	elektrische Durchkontaktierung
52	Bonddraht
53	elektrisches Verbindungsmittel
54	Leiterbahn
6	metallischer Dichtrahmen
71	Treiber/Submount
72	integrierter Schaltkreis
73	Monitorodiode
74	Regelkreis
75	Umlenkoptik
76	Kontrolleinheit für den Strahlungsausstrittsbereich

- 77 Optik
- 8 Prüfvorrichtung
- 9 Rohmasse
- R Strahlung

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

- DE 102015208704 A1 [0002]
- DE 102009005709 A1 [0003]

Patentansprüche

1. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) mit mindestens einem Halbleiterchip (2) zur Strahlungserzeugung und einem anorganischen Gehäuse (3), wobei

- der Halbleiterchip (2) hermetisch dicht in dem Gehäuse (3) untergebracht ist,
- das Gehäuse (3) eine Bodenplatte (31), eine Deckplatte (33) und mindestens einen Gehäusering (31) zwischen der Bodenplatte (31) und der Deckplatte (33) sowie mehrere elektrische Durchkontaktierungen (51) aufweist,
- durch den Gehäusering (32) eine Ausnehmung (15) gebildet ist, in der sich der Halbleiterchip (2) befindet,
- die Bodenplatte (31) an einer Bauteilunterseite (11) mehrere elektrische Anschlussflächen (4) aufweist,
- sich durch die Bodenplatte (31), durch die Deckplatte (33) sowie durch den Gehäusering (32) in Richtung quer zur Bauteilunterseite (11) je mehrere der Durchkontaktierungen (51) hindurch erstrecken,
- die Bodenplatte (31), der mindestens einen Gehäusering (32) sowie die Deckplatte (33) über durchgehende, umlaufende anorganische Dichtrahmen (6) fest miteinander verbunden sind, und
- das Gehäuse (3) einen Strahlungsausstrittsbereich (34) zur Strahlungsemission umfasst.

2. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, das mehrere der Gehäuseringe (32) umfasst, wobei die Gehäuseringe (32) übereinander gestapelt angeordnet sind und im Bereich der Ausnehmung (15) in Draufsicht gesehen voneinander verschieden geformt sind und durch die metallischen Dichtrahmen (6) fest miteinander verbunden sind, wobei zumindest zwei der Durchkontaktierungen (51) von der Ausnehmung (15) beabstandet verlaufen und/oder von der Ausnehmung (15) elektrisch isoliert sind, und wobei die Bodenplatte (31) und die Gehäuseringe (32) je aus einer Keramik sind und die Deckplatte (33) eine Keramik und/oder ein Glas umfasst oder hieraus besteht.

3. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem zumindest einer der Gehäuseringe (32) eine Montageplattform für den Halbleiterchip (2) ist, sodass der Halbleiterchip (2) auf diesem Gehäusering (32) montiert ist.

4. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der Ansprüche 2 oder 3, bei dem an jedem der Gehäuseringe (32) in der Ausnehmung (15) mindestens eine elektrische Kontaktfläche (35) angebracht ist, wobei diese elektrischen Kontaktflächen (35) parallel zur Bauteilunterseite (11) orientiert sind.

5. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich in der Ausnehmung (15) sowohl an der Bodenplatte (31) als auch an der Deckplatte (33) jeweils mehrere elektrische Kontaktflächen (35) befinden, die direkt oder indirekt mit dem Halbleiterchip (2) elektrisch verbunden sind.

6. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich in der Ausnehmung (15) eine oder mehrere der folgenden Komponenten befinden: ein Treiber (71) für den Halbleiterchip (2), ein integrierter Schaltkreis (72), eine Monitordiode (73), ein Regelkreis (74) zur Leistungsnachregelung des Halbleiterchips (2), eine Kontrolleinheit (76) für den Strahlungsausstrittsbereich (34).

7. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahlungsausstrittsbereich (34) in Draufsicht gesehen höchstens 10 % einer Grundfläche der Deckplatte (33) einnimmt, wobei der Strahlungsausstrittsbereich (34) von der Deckplatte (33) umfasst ist.

8. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem der Strahlungsausstrittsbereich (34) einen oder mehrere Leuchtstoffe (36) zur teilweisen oder vollständigen Umwandlung einer von dem Halbleiterchip (2) im Betrieb erzeugten Strahlung (R) umfasst, wobei der Halbleiterchip (2) eine Laserdiode ist.

9. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem an einer dem mindestens einen Gehäusering (32) abgewandten Seite des Strahlungsausstrittsbereichs (34) eine Prüfvorrichtung (8) angebracht ist, die dazu eingerichtet ist zu bestimmen, ob der Strahlungsausstrittsbereich (34) intakt ist, wobei die Prüfvorrichtung (8) elektrisch arbeitet.

10. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem sich der Strahlungsausstrittsbereich (34) in der Deckplatte (33) befindet, wobei die Prüfvorrichtung (8) durch eine mäanderförmige, für die im Betrieb erzeugte Strahlung durchlässige elektrische Leiterbahn gebildet ist, und wobei diese Leiterbahn über wenigstens eine der Durchkontaktierungen (51) elektrisch mit zumindest einer der elektrischen Anschlussflächen (4) an der Bauteilunterseite (11) verbunden ist.

11. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem in der Ausnehmung (15) eine Umlenkoptik (75) untergebracht ist,

wobei der Halbleiterchip (2) im Betrieb die Strahlung mit einer Toleranz von höchstens 30° in Richtung parallel zur Bodenplatte (31) emittiert und die Umlenkoptik (75) Strahlung (R) in Richtung senkrecht zur Bodenplatte (31) umlenkt.

wobei die Schritte A) und B) im Waferverbund durchgeführt werden und in einem nachfolgenden Schritt C) ein Vereinzeln zu den Halbleiterbauteilen (1) erfolgt.

Es folgen 9 Seiten Zeichnungen

12. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bodenplatte (31) und die Deckplatte (33) durchgehende, planparallele Platten sind und der mindestens eine Gehäusering (32) um die Ausnehmung (15) herum eine gleichbleibende Dicke senkrecht zur Bauteilunterseite (11) aufweist, wobei die Dichtrahmen (6) eines oder mehrere der folgenden Metalle aufweisen oder aus einem oder mehrerer dieser Metalle bestehen: Ag, Au, Bi, Cu, In, Ni, Sn, Zn.

13. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Seitenflächen (13) des Gehäuses (3) frei von elektrisch leitfähigen Materialien sind, wobei das Gehäuse (3) quaderförmig ist, und wobei die Bodenplatte (31) und die Deckplatte (33) je eine Dicke zwischen einschließlich 0,1 mm und 1,5 mm aufweisen und aus einem Material mit einer spezifischen Wärmeleitfähigkeit von mindestens 20 W/m·K sind.

14. Optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem sich thermische Ausdehnungskoeffizienten der Bodenplatte (31), der Deckplatte (33) und des mindestens einen Gehäuserings (31) um höchstens 1×10^{-5} 1/K voneinander unterscheiden, und wobei die Dichtrahmen (6) und ein elektrisches Verbindungsmittel (53), mit dem der Halbleiterchip (2) befestigt ist, bei einer Temperatur von 260 °C für mindestens 30 s thermisch stabil sind, sodass das Halbleiterbauteil (1) mittels Oberflächenmontagetechnologie befestigbar ist.

15. Herstellungsverfahren für ein optoelektronisches Halbleiterbauteil (1) nach einem der vorherigen Ansprüche mit den Schritten:

A) Bereitstellen der Bodenplatte (31), des mindestens einen Gehäuserings (32) und der Deckplatte (33) übereinander gestapelt, wobei die Bodenplatte (31) an einer der Deckplatte (33) zugewandten Seite und die Deckplatte (33) an einer der Bodenplatte (31) zugewandten Seite sowie der mindestens eine Gehäusering (32) beidseitig mit den Dichtrahmen (6) versehen sind, und

B) Verbinden der Bodenplatte (31), des mindestens einen Gehäuserings (32) und der Deckplatte (33) fest miteinander durch gleichzeitiges Verbinden aller benachbarten Dichtrahmen (6) miteinander.

16. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch,

Anhängende Zeichnungen

FIG 1A

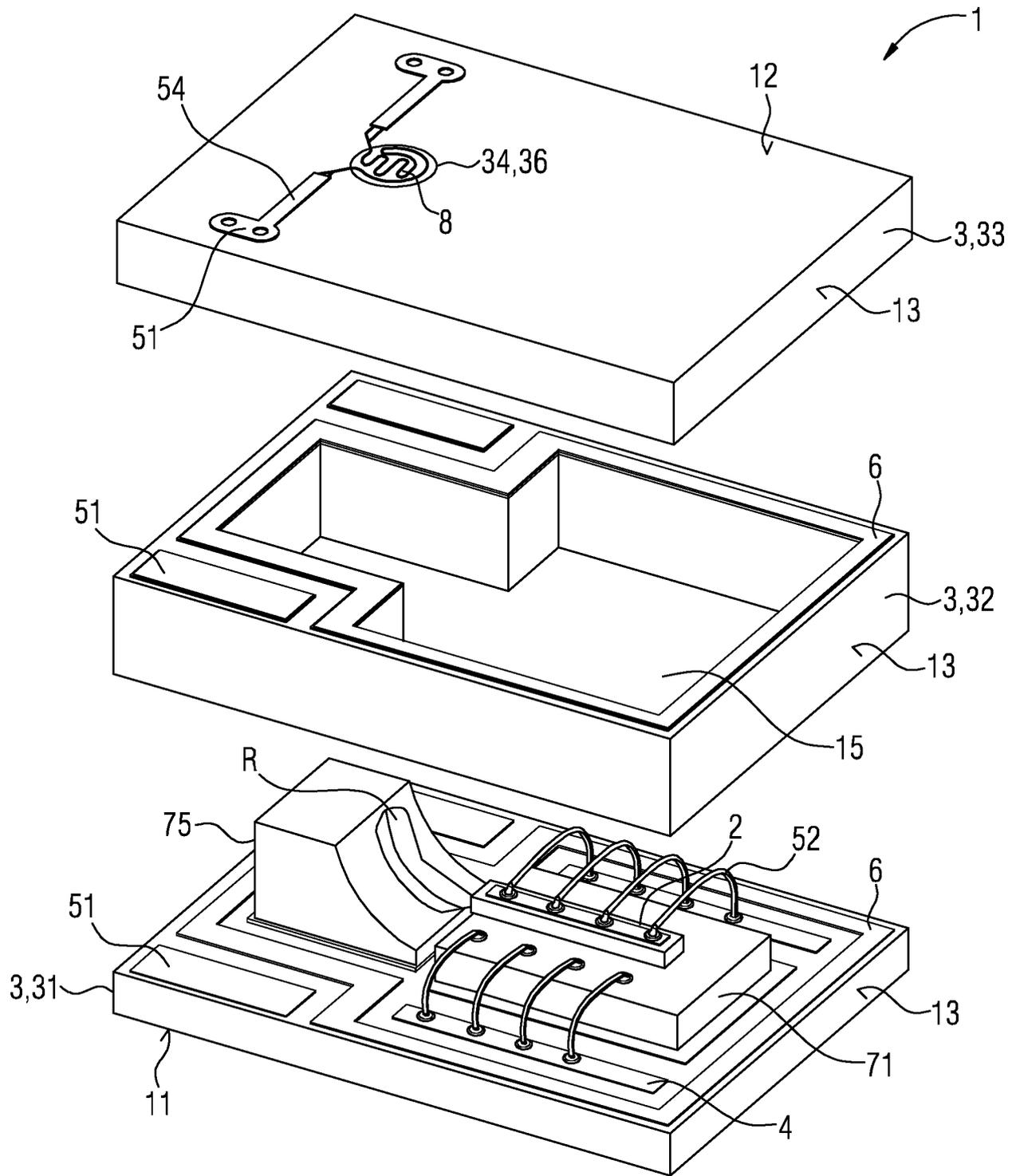


FIG 1B

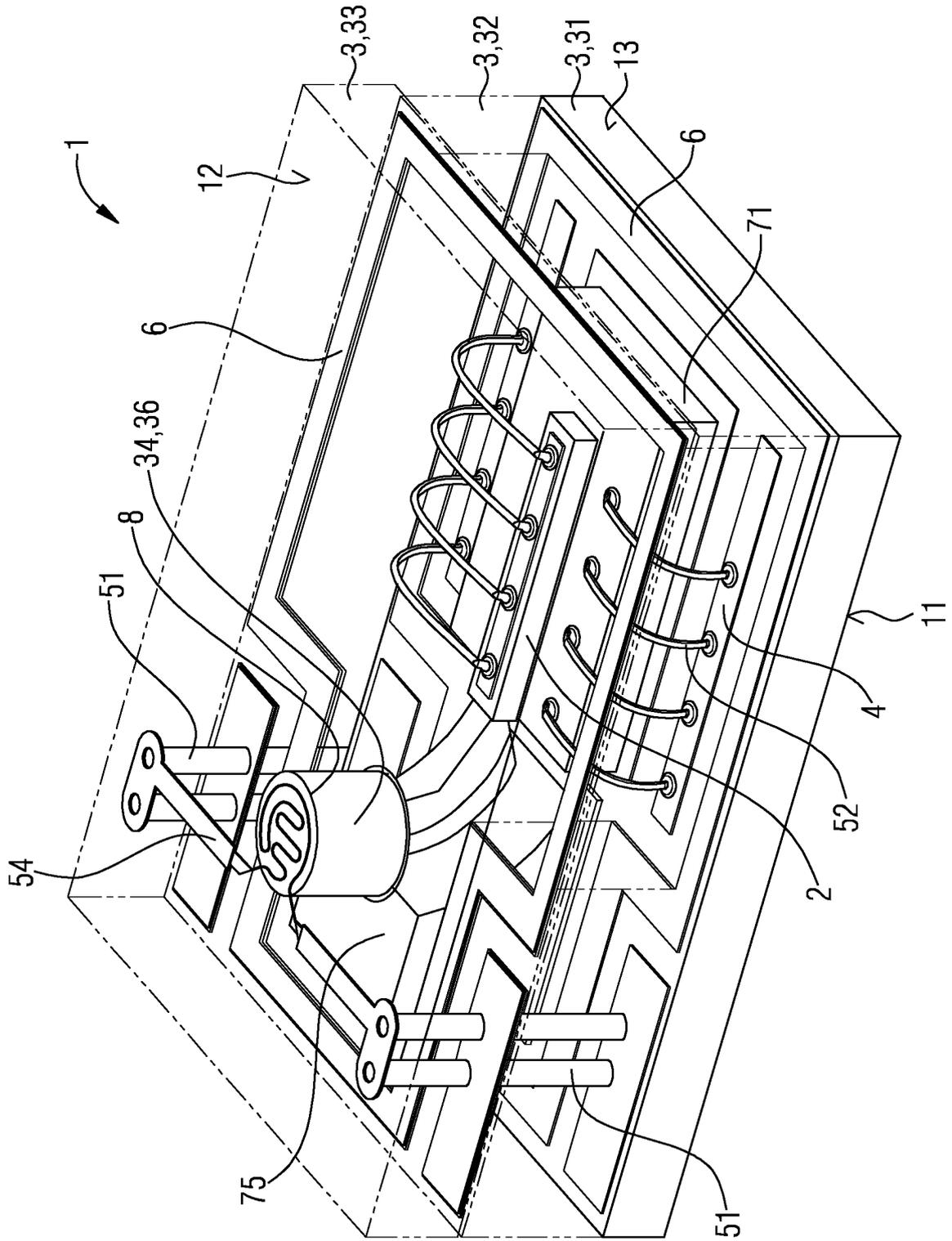
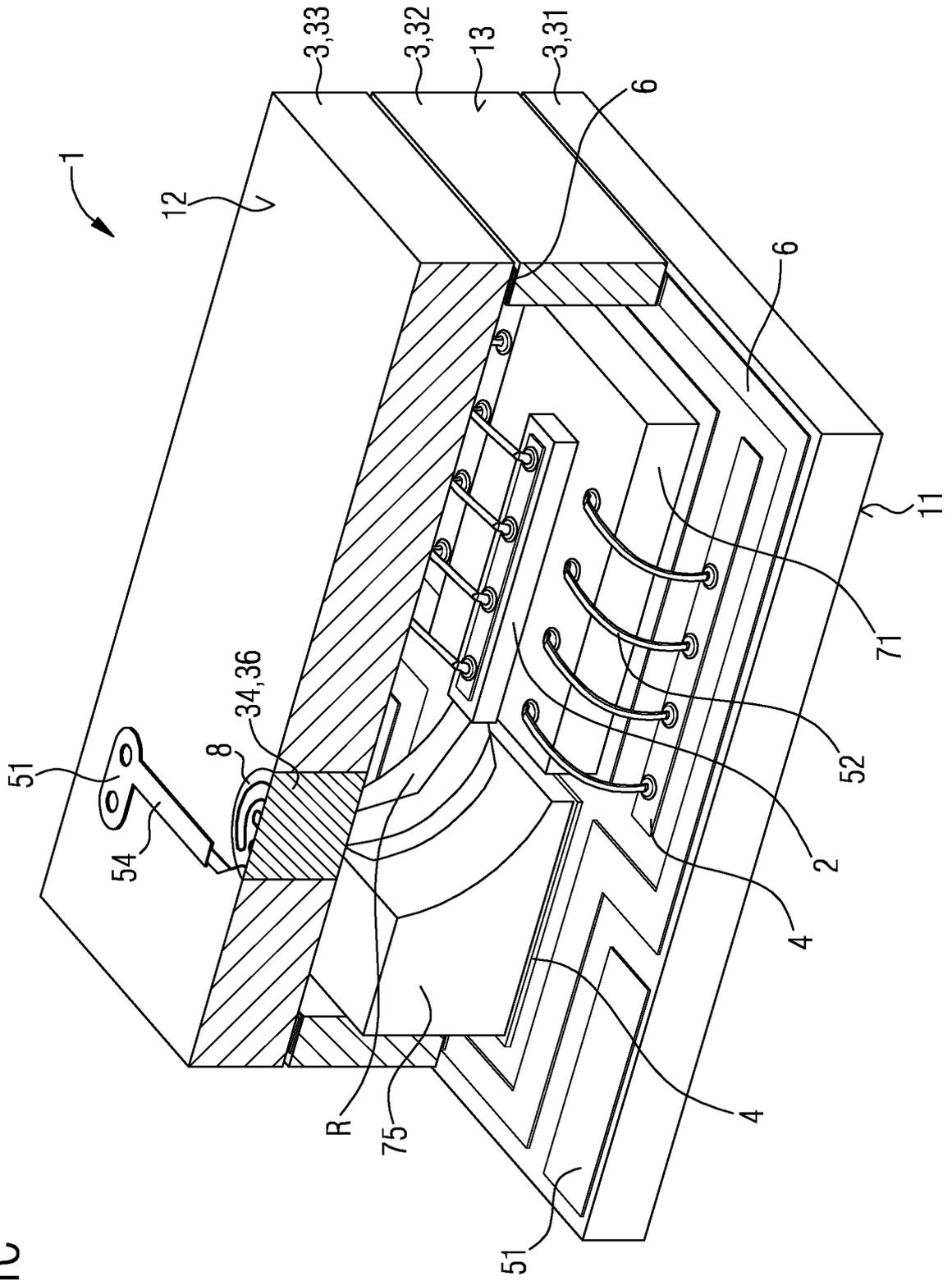


FIG 1C



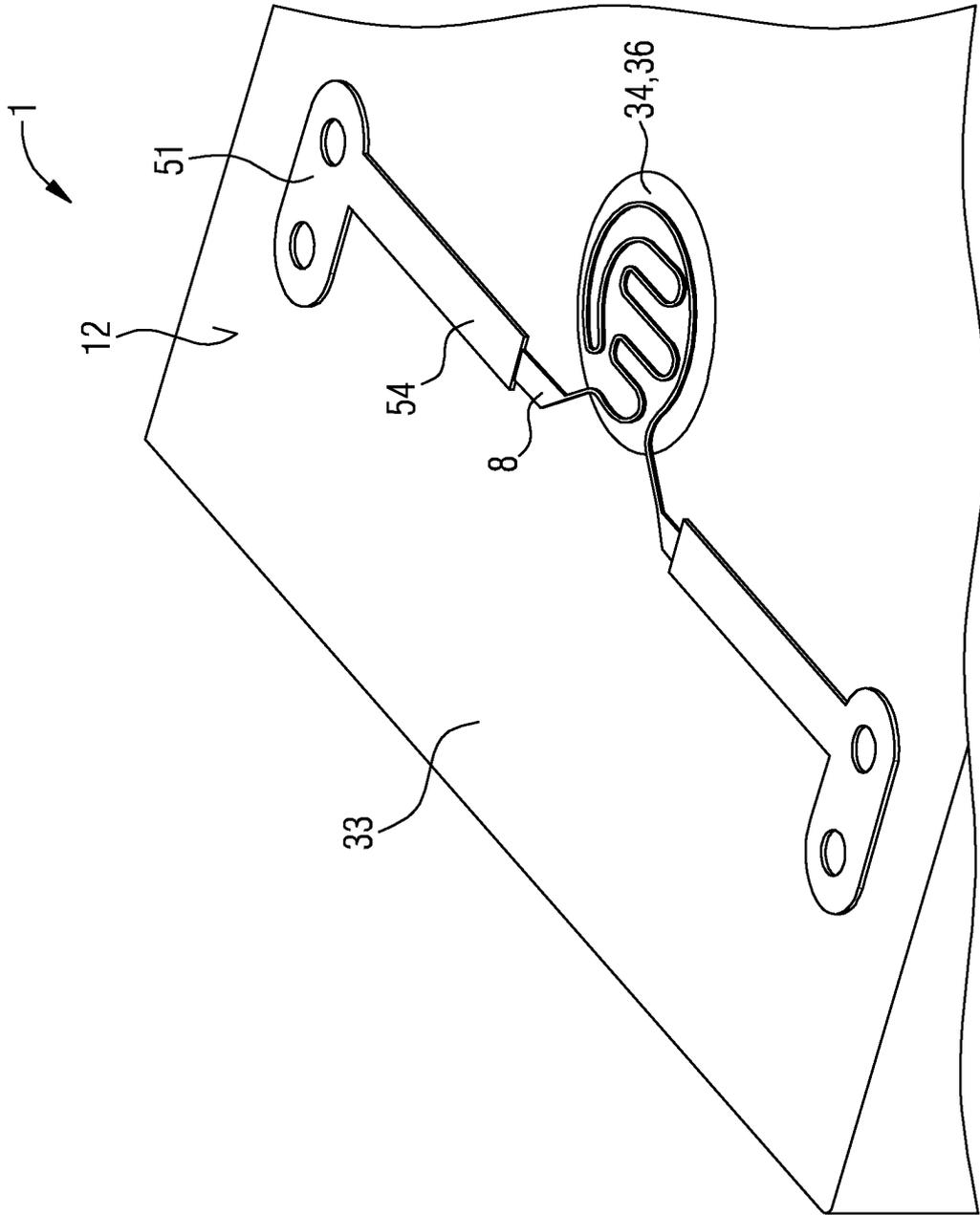


FIG 1D

FIG 2

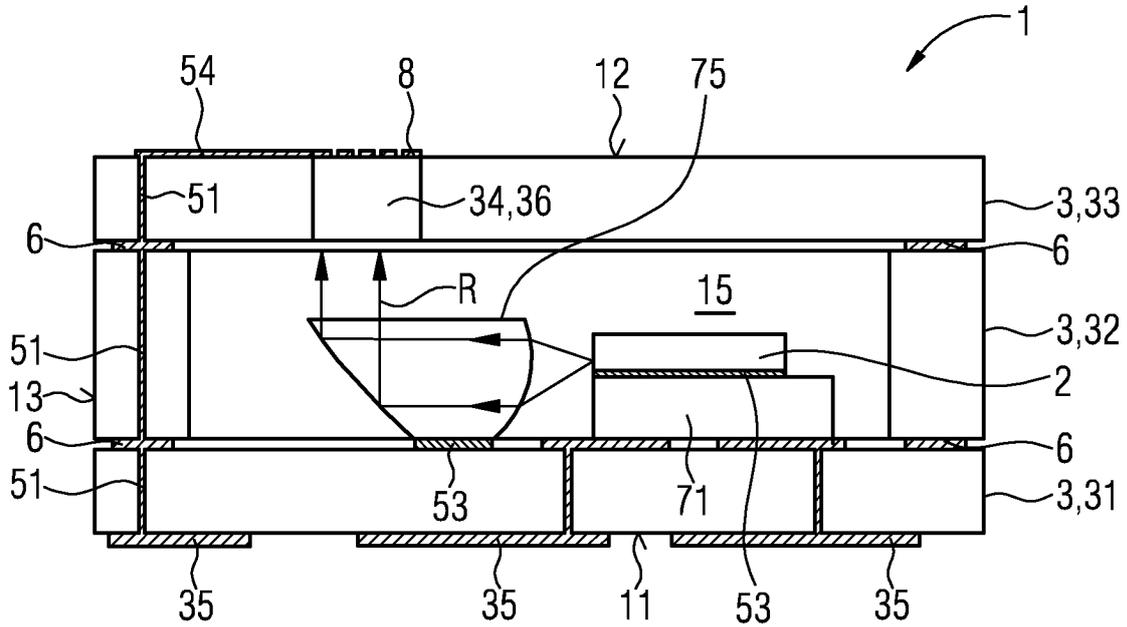


FIG 3

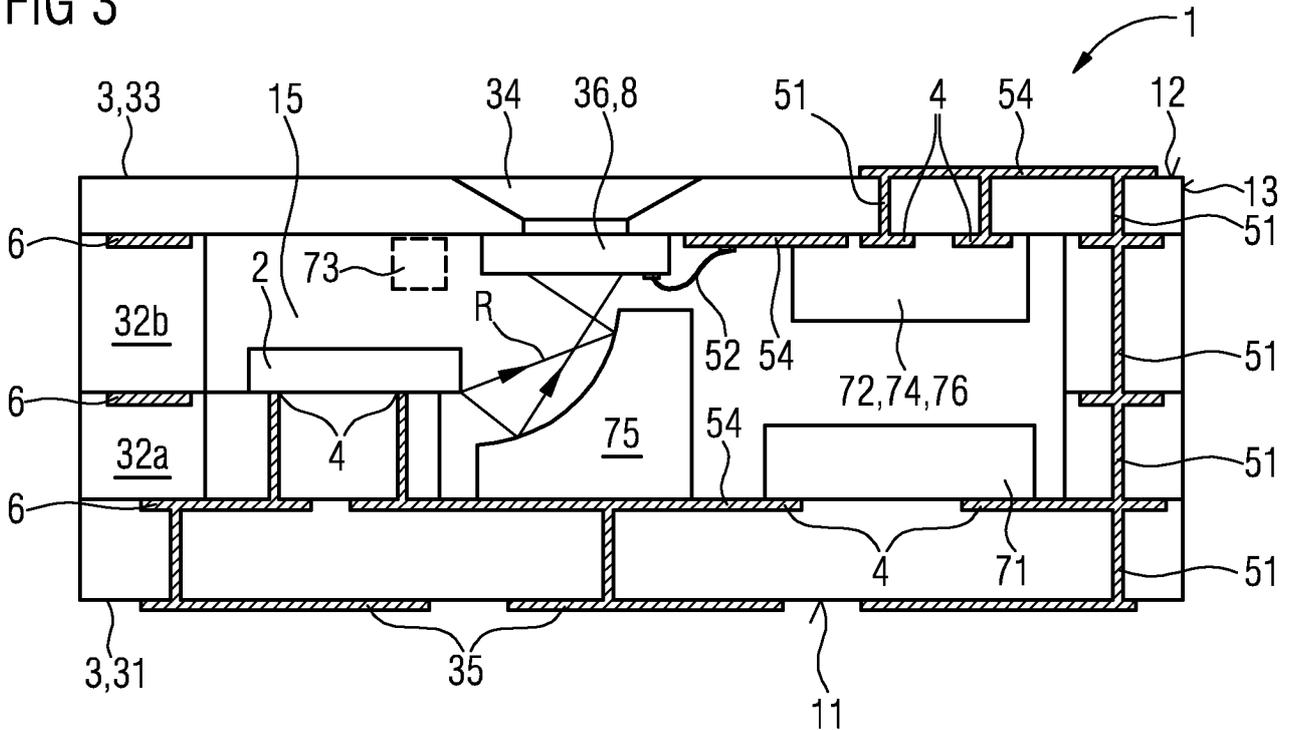


FIG 4

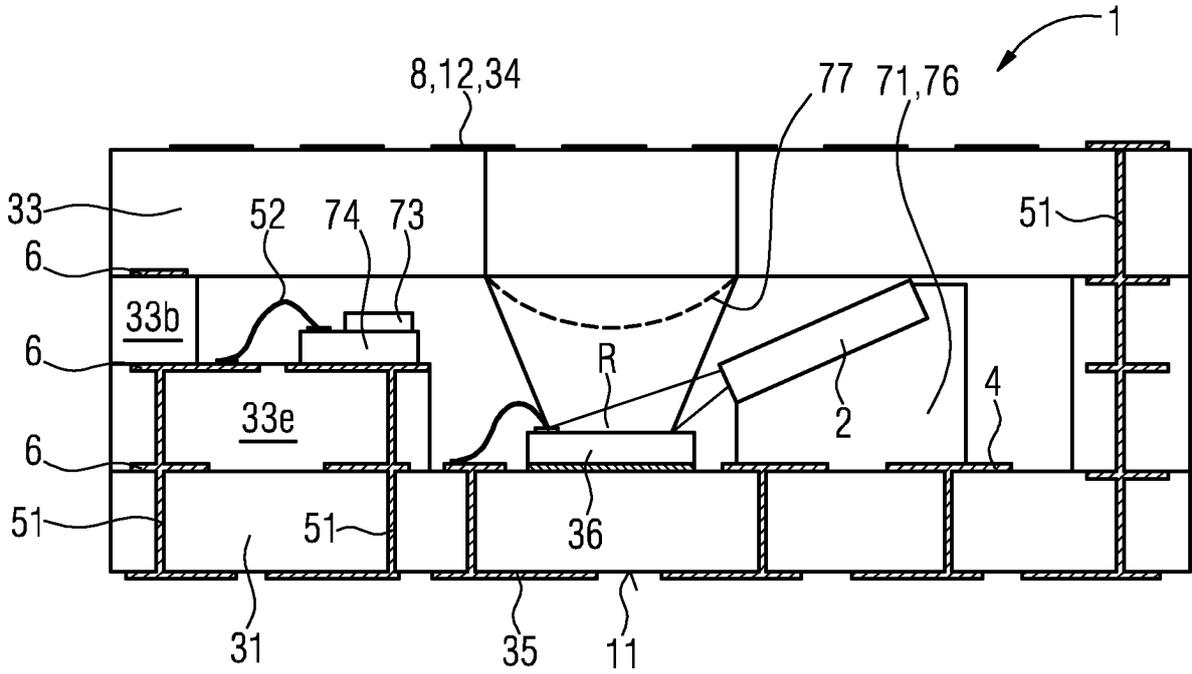


FIG 5

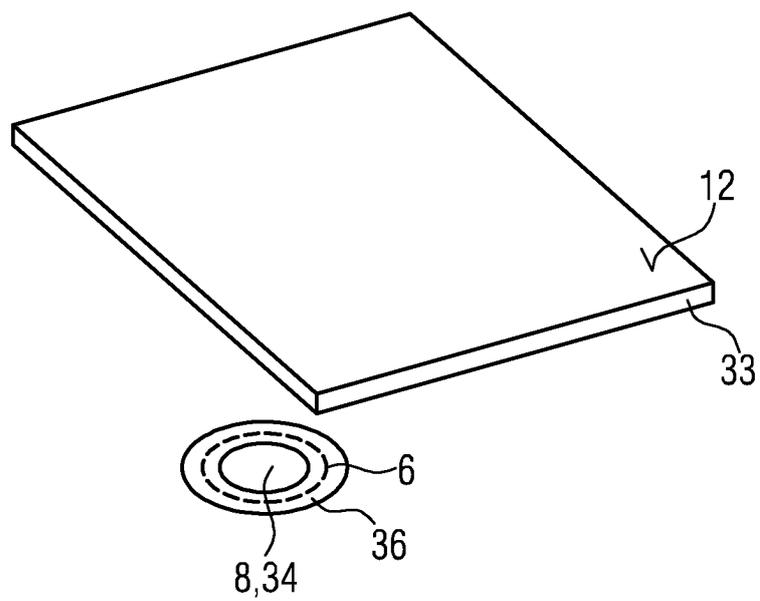


FIG 6

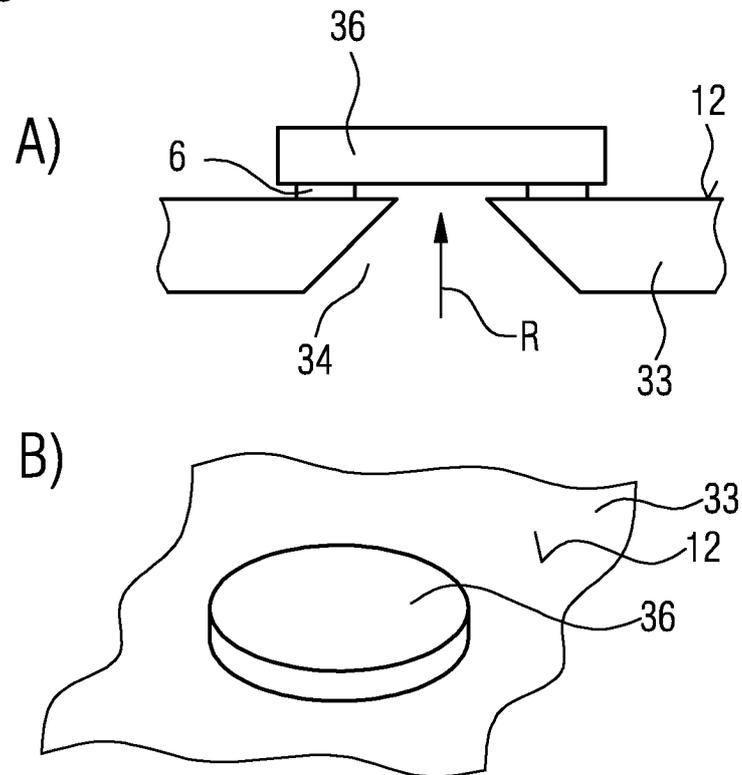


FIG 7

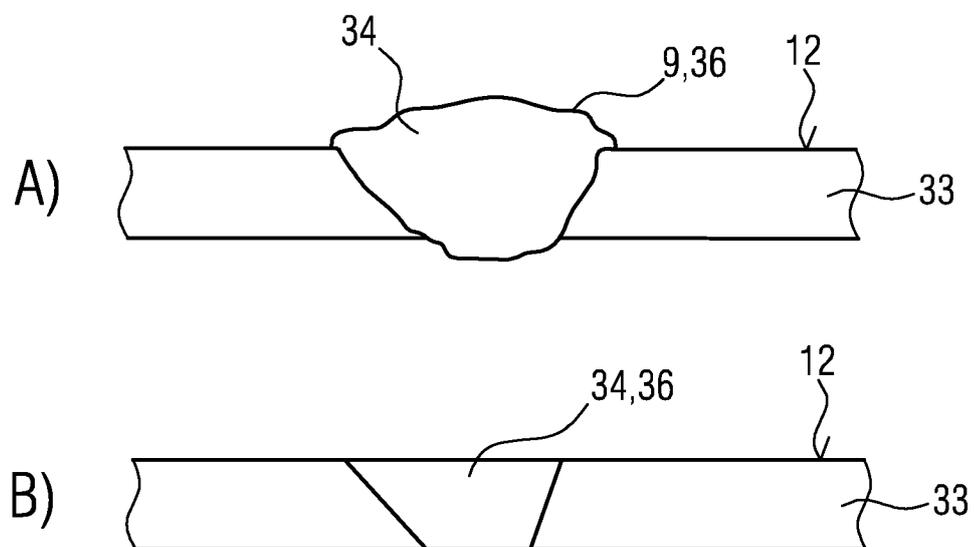


FIG 8

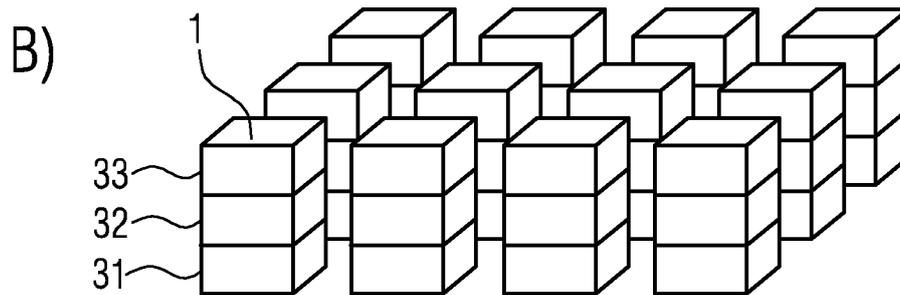
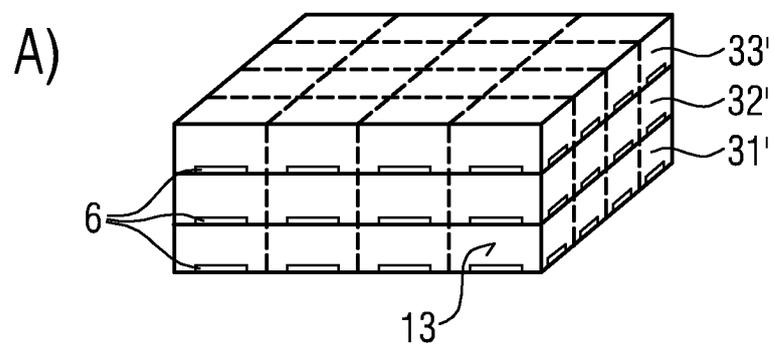


FIG 9

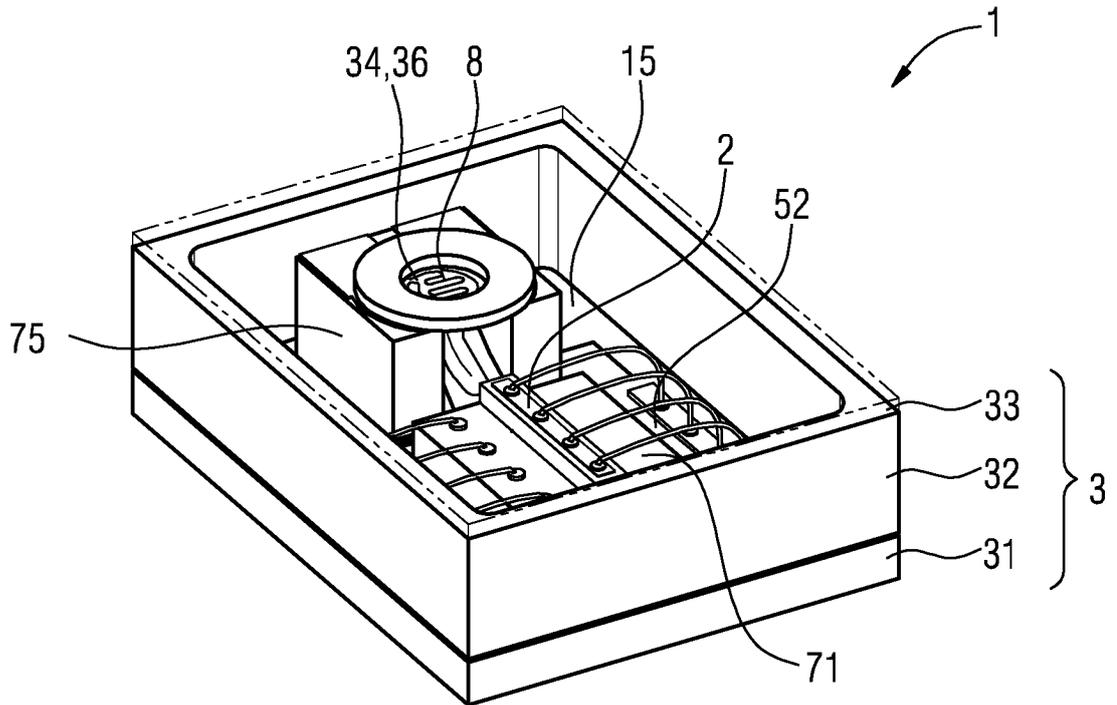


FIG 10

