



(10) **DE 10 2014 108 368 A1** 2015.12.17

(12) **Offenlegungsschrift**

(21) Aktenzeichen: **10 2014 108 368.7**

(22) Anmeldetag: **13.06.2014**

(43) Offenlegungstag: **17.12.2015**

(51) Int Cl.: **H01L 33/62 (2010.01)**

H01L 33/52 (2010.01)

H01S 5/02 (2006.01)

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

(72) Erfinder:
**Schwarz, Thomas, 93055 Regensburg, DE; Singer,
Frank, 93128 Regenstauf, DE**

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

(56) Ermittelte Stand der Technik:

DE 10 2008 006 757 A1
DE 10 2012 207 772 A1
US 2004 / 0 188 696 A1
US 2012 / 0 261 689 A1
US 2013 / 0 240 931 A1

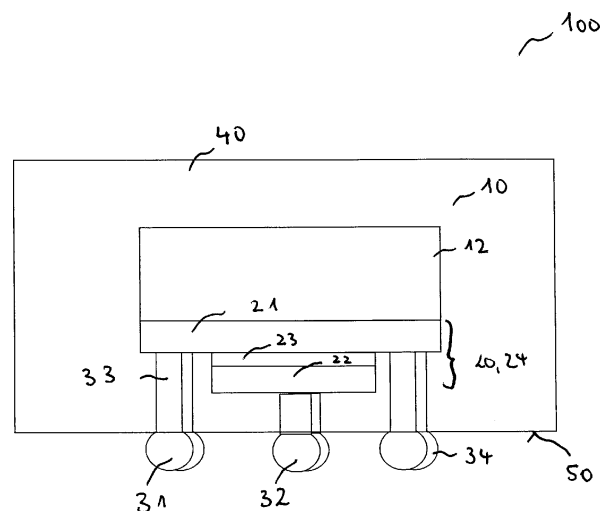
Rechercheantrag gemäß § 43 Abs. 1 Satz 1 PatG ist gestellt.

Die folgenden Angaben sind den vom Anmelder eingereichten Unterlagen entnommen

(54) Bezeichnung: **Oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement und Verfahren zu dessen Herstellung**

(57) Zusammenfassung: Es wird ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement, mit einem optoelektronischen Halbleiterchip (10), einer Vielzahl von ersten Kontaktelementen (31), einer Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (32), und einem Formkörper (40) angegeben. Erfindungsgemäß ist vorgesehen, dass die Vielzahl von ersten Kontaktelementen (31) mit einer ersten Halbleiterschicht (21) und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (32) mit einer zweiten Halbleiterschicht (22) des optoelektronischen Halbleiterchips (10) elektrisch leitend verbunden ist; der Formkörper (40) den optoelektronischen Halbleiterchip (10) zumindest teilweise umgibt; das Halbleiterbauelement eine Montagefläche (50) aufweist, die zumindest stellenweise durch eine Oberfläche des Formkörpers (40) gebildet ist; und die Vielzahl von ersten und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen im Bereich der Montagefläche durch den Formkörper hindurchragen.

Es wird außerdem ein Verfahren zur Herstellung des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements angegeben.



Beschreibung

[0001] Es wird ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Halbleiterbauelements angegeben.

[0002] Aus dem Stand der Technik sind oberflächenmontierbare optoelektronische Halbleiterbauelemente bekannt, welche eine Umhüllung aus Silikon aufweisen, welche zumindest auf einer Oberseite und auf Seitenflächen des Halbleiterbauelements ausgebildet sind. Bei diesen Halbleiterbauelementen kann es aufgrund ungenügender Haftung zwischen Umhüllung und dem Halbleiterchip zu einer Delaminierung der Umhüllung kommen, wodurch Luftspalte entstehen, welche die Effizienz des Halbleiterbauelements herabsetzen. Im ungünstigen Fall kann sogar eine vollständige Ablösung der Umhüllung erfolgen.

[0003] Des Weiteren sind Halbleiterbauelemente bekannt, an deren Unterseite zusätzlich ein Film aus Silikon ausgebildet ist, welcher beispielsweise durch Hinzugabe von Streupartikeln aus Titandioxid reflektierend wirkt. Typischerweise erfolgt eine Herstellung dieser Halbleiterbauelemente dadurch, dass der reflektierende Film aus Silikon an der Unterseite einerseits und die ein Konversionsmittel aufweisende Umhüllung andererseits nacheinander ausgebildet werden. Dadurch, dass die beiden Elemente nicht gleichzeitig aushärten, kann es zu Haftungsproblemen zwischen diesen kommen, wodurch die Gefahr einer Auftrennung des Halbleiterbauelements an den Übergängen zwischen beiden Elementen besteht.

[0004] Eine Aufgabe ist es, ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement anzugeben, welches eine mechanisch stabile Umhüllung aufweist. Insbesondere ist es Aufgabe, ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement anzugeben, welches im montierten Zustand besonders robust gegen mechanische Belastungen ist.

[0005] Diese Aufgabe wird durch ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement sowie ein Verfahren zur Herstellung eines oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements gemäß den unabhängigen Patentansprüchen gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten sind Gegenstand der abhängigen Patentansprüche.

[0006] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements weist das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement einen optoelektronischen Halbleiterchip auf. Bei dem optoelektronischen Halbleiterchip kann es sich um einen strahlungsempfangenden oder um einen strahlungsemitternden Halbleiterchip handeln. Beispielsweise handelt es sich bei dem Halbleiterchip um einen Lumineszenzdiodechip wie etwa einen Leuchtdiodechip oder einen Laserdiodechip. Wei-

ter ist es möglich, dass es sich bei dem optoelektronischen Halbleiterchip um einen Fotodiodechip handelt. Ferner kann das optoelektronische Halbleiterbauelement mehrerer solcher Halbleiterchips umfassen. Das optoelektronische Halbleiterbauelement kann dabei insbesondere auch einen strahlungsempfangenden und einen strahlungserzeugenden Halbleiterchip umfassen.

[0007] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass der optoelektronische Halbleiterchip einen Halbleiterkörper aufweist, der eine Halbleiterschichtenfolge mit einem zum Erzeugen und/oder Empfangen von elektromagnetischer Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich, der zwischen einer ersten Halbleiterschicht und einer zweiten Halbleiterschicht angeordnet ist, umfasst.

[0008] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements weist das optoelektronische Halbleiterbauelement einen Formkörper auf, der den optoelektronischen Halbleiterchip zumindest teilweise umgibt. Bevorzugt ist der Formkörper zumindest stellenweise an den optoelektronischen Halbleiterchip angeformt. Das heißt, das Material des Formkörpers – die Formmasse – steht in Kontakt mit dem Halbleiterchip. Besonders bevorzugt umhüllt der Formkörper den Halbleiterchip zumindest stellenweise formschlüssig. Der Formkörper besteht dabei aus einem Material, das zumindest für einen Teil der elektromagnetischen Strahlung, die vom optoelektronischen Halbleiterchip im Betrieb des Halbleiterbauelements emittiert wird oder von diesem empfangen werden soll, durchlässig ist. Bevorzugt ist, dass der Formkörper Silikon oder Epoxid enthält oder aus einem der beiden Materialien besteht. Der optoelektronische Halbleiterchip ist bevorzugt mit der Formmasse des Formkörpers umgossen oder umspritzt. Das heißt, der Formkörper ist bevorzugt mittels eines Guss- oder Pressverfahrens hergestellt. Der Formkörper stellt dabei zugleich einen Verguss des Halbleiterchips und ein Gehäuse für das Halbleiterbauelement dar.

[0009] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements weist das Halbleiterbauelement eine Montagefläche auf, die zumindest stellenweise durch eine Oberfläche des Formkörpers gebildet ist. Die Montagefläche des Halbleiterbauelements bezeichnet dabei jene Fläche des Halbleiterbauelements, die einem Träger – beispielsweise einer Leiterplatte –, auf dem das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement montiert ist, zugewandt ist. Die Montagefläche kann dabei eine tragende Fläche sein, mit der das Halbleiterbauelement auf dem Träger aufliegt. Dazu kann die Montagefläche zumindest stellenweise mit dem Träger in mechanischem Kontakt stehen. Weiter ist es möglich, dass sich die Montagefläche mit einem Anschluss-

material – beispielsweise einem Lot, über das das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement elektrisch kontaktiert ist, in Kontakt befindet. Das heißt, das Anschlussmaterial benetzt dann Teile der Montagefläche und damit Teile des Formkörpers.

[0010] Dass eine Schicht oder ein Element „auf“ oder „über“ einer anderen Schicht oder einem anderen Element angeordnet oder aufgebracht ist, kann dabei hier und im Folgenden bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element unmittelbar im direkten mechanischen und/oder elektrischen Kontakt auf der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Weiterhin kann es auch bedeuten, dass die eine Schicht oder das eine Element mittelbar auf beziehungsweise über der anderen Schicht oder dem anderen Element angeordnet ist. Dabei können dann weitere Schichten und/oder Elemente zwischen der einen und der anderen Schicht angeordnet sein.

[0011] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements weist das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement eine Vielzahl von ersten Kontaktelementen und eine Vielzahl von zweiten Kontaktelementen auf, wobei die Vielzahl von ersten Kontaktelementen mit der ersten Halbleiterschicht und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen mit der zweiten Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden ist und wobei die Vielzahl von ersten und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen im Bereich der Montagefläche durch den Formkörper hindurchragen. Bevorzugt ist die Vielzahl von ersten Kontaktelementen mit der ersten Halbleiterschicht und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen mit der zweiten Halbleiterschicht drahtlos elektrisch leitend verbunden, d.h. beispielsweise ohne Verwendung eines Bonddrahtes.

[0012] Die Kontaktelemente des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements sind dabei zur elektrischen Kontaktierung des Halbleiterbauelements vorgesehen. Sie befinden sich bevorzugt zumindest teilweise im Formkörper. Bevorzugt sind die Kontaktelemente an der Montagefläche des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements von außen zugänglich. Das heißt, an der Montagefläche des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements ist das Halbleiterbauelement elektrisch kontaktierbar. Die Kontaktelemente können matrixartig angeordnet sein. Beispielsweise können die ersten und/oder zweiten Kontaktelemente jeweils in einer oder mehreren Reihen angeordnet sein. Bevorzugt sind entweder die ersten oder die zweiten Kontaktelemente ausschließlich in Randbereichen der Montagefläche angeordnet.

[0013] Dadurch, dass für jede Polarität nicht nur ein Kontaktelement, sondern eine Vielzahl von Kontaktelementen vorgesehen sind, wird vorteilhaft erreicht, dass eine Ladungsträgerinjektion in die Halb-

leiterschichten in mehreren voneinander beabstandeten Bereichen des Halbleiterkörpers stattfinden kann, wodurch eine Erhöhung der Effizienz des Bauelements erreicht wird. Außerdem ermöglicht die Vielzahl von Kontaktelementen im montierten Zustand eine verbesserte Robustheit gegenüber Zug-, Druck- und/oder Schubspannungen. Schließlich können Teile der Vielzahl von Kontaktelementen während des Herstellungsprozesses Abstandshalter zwischen dem Halbleiterchip und einem während der Herstellung verwendeten Hilfsträger bilden, welche von festem Material freie Zwischenräume definieren, in welchen der Formkörper in einem nachfolgenden Verfahrensschritten ausgebildet wird. Durch die Vielzahl von Kontaktelementen wird im Vergleich zu einer Ausführungsform mit nur einem Kontaktelement pro Polarität eine gut verzahnte Umhüllung des Halbleiterchips durch den Formkörper im Bereich der Montagefläche erzielt.

[0014] Gemäß zumindest einer Ausführungsform weist das Halbleiterbauelement ferner Seitenflächen auf, die mittels Vereinzelns hergestellt sind und hierdurch Vereinzelungsspuren aufweisen. Die Seitenflächen sind diejenigen Flächen des Halbleiterbauelements, die die Montagefläche seitlich umschließen und beispielsweise in einer Richtung quer zur Montagefläche verlaufen.

[0015] Die Seitenwände sind bevorzugt mittels Vereinzelns erzeugt. Insbesondere sind Kontur und Form der Seitenwände also nicht durch einen Guss- oder Pressprozess erzeugt, sondern mittels eines Vereinzelungsprozesses des Formkörpers. Das Vereinzelns kann beispielsweise mittels Sägen, Schneiden oder Herstellen einer Bruchkante und anschließendes Brechen erfolgen. Das heißt, beim Vereinzelns zu einzelnen Halbleiterbauelementen findet bevorzugt ein Materialabtrag statt. Die Seitenflächen des Formkörpers und damit die Seitenflächen des Halbleiterbauelements sind dann mittels eines Materialabtrags erzeugt. Die Seitenflächen weisen dann bevorzugt Spuren eines Materialabtrags auf.

[0016] An der Montagefläche des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements sind bevorzugt sowohl die Kontaktelemente als auch ein Teil des Formkörpers frei zugänglich.

[0017] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass die Vielzahl von ersten Kontaktelementen und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen in Draufsicht auf das Halbleiterbauelement mit dem Halbleiterkörper überlappen.

[0018] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass der Halbleiterchip einen elektrisch isolierend ausgebildeten Trägerkörper umfasst, der

auf einer der Montagefläche abgewandten Seite des Halbleiterkörpers angeordnet ist. Insbesondere kann der Halbleiterchip einen Trägerkörper aus Saphir umfassen und in einer Flipchip-Anordnung in dem Halbleiterbauelement angeordnet sein.

[0019] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass der Formkörper an den Halbleiterchip und die Vielzahl von ersten und zweiten Kontaktelementen zumindest bereichsweise angeformt ist. Das heißt, bevorzugt fasst der Formkörper die Kontaktelemente des Halbleiterbauelements zumindest stellenweise formschlüssig ein. Die Kontaktelemente weisen dabei vorzugsweise jeweils eine Anschlussfläche auf, über die sie von außerhalb des Halbleiterbauelements elektrisch kontaktierbar sind. Das heißt, zumindest an der Anschlussfläche sind die Kontaktelemente dann nicht vom Formkörper eingefasst. Bevorzugt ist, dass der Formkörper den Halbleiterchip von allen Seiten her umhüllt.

[0020] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass jedes der Kontaktelemente einen Anschlusssockel und ein Kappenelement umfasst, welches über die Montagefläche vertikal hinausragt.

[0021] Unter einer vertikalen Richtung wird hier und im Folgenden eine Richtung senkrecht zu einer Hauptstreckungsebene des Halbleiterkörpers und/oder zu der Montagefläche verstanden. Unter einer lateralen Richtung wird hier und im Folgenden analog eine Richtung parallel zu einer Hauptstreckungsebene des Halbleiterkörpers und/oder zu der Montagefläche verstanden. Unter „Draufsicht auf das Bauelement“ wird eine Sicht entlang einer vertikalen Richtung verstanden und entspricht somit einer Projektion entlang einer vertikalen Richtung.

[0022] Der Anschlusssockel kann beispielsweise aus Kupfer bestehen und zylinderförmig ausgebildet sein. Das Kappenelement kann aus Kupfer oder Zinn bestehen und beispielsweise als Lotkugel (englisch: solder bump) ausgebildet sein. In einer Ausführungsform wirken die Anschlusssockel während des Herstellungsprozesses als Abstandshalter zwischen Halbleiterchip und einem Hilfsträger. Das Kappenelement wird in einer Ausführungsform erst nach Ausbildung des Formkörpers ausgebildet.

[0023] Die Kappenelemente, welche über die Montagefläche hinausragen, können als eine Matrix von Lotkugeln (englisch: ball grid array) ausgebildet sein. Diese können vorteilhaft als Abstandshalter zwischen der Montagefläche und einem Träger (beispielsweise einer Leiterplatte), auf dem das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement montiert ist, wirken, wodurch Zwischenräume entstehen, welche vorteilhaft durch eine reflektierende Zwischenschicht ausgefüllt

werden können. Hierdurch ist es nicht erforderlich, in dem Halbleiterbauelement eine Spiegelschicht vorzusehen, welche das vom Halbleiterkörper emittierte Licht in Richtung von der Montagefläche hinweg reflektiert, was zu Kostenersparnissen führt.

[0024] Des Weiteren können Lotkugeln bei der Montage auf einen Träger eine Selbstzentrierung bewirken, wodurch eine passgenaue Montage erleichtert wird. Außerdem ermöglicht die Matrix von Lotkugeln im montierten Zustand eine erhöhte Robustheit des Bauelements gegenüber Zug-, Druck- und/oder Schubspannungen.

[0025] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass der Formkörper im Bereich der Montagefläche eine Höhe von mehr als 10 µm, bevorzugt mehr als 30 µm, insbesondere mehr als 50 µm aufweist, um eine ausreichende mechanische Stabilität des Bauelements zu gewährleisten. Bei dieser Höhe wird außerdem eine Herstellung des Formkörpers unter Verwendung von Abstandshalter ermöglicht, während bei kleineren Werten die Zwischenräume zwischen Halbleiterchip und Hilfsträger nur ungenügend durch Formmasse gefüllt werden können.

[0026] Alternativ oder zusätzlich ist vorgesehen, dass der Formkörper im Bereich der Montagefläche eine Höhe von weniger als 200 µm, bevorzugt weniger als 150 µm, insbesondere weniger als 100 µm aufweist. Hierdurch wird eine ausreichende Wärmeabführung im Bauelement ermöglicht.

[0027] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass der Formkörper einstückig, insbesondere in einem einzigen Verfahrensschritt, ausgebildet ist. Im Vergleich zu aus dem Stand der Technik bekannten Bauelementen, bei denen wie oben ausgeführt die Gefahr einer Separation von nacheinander ausgehärteten Elementen aus Silikon besteht, wird vorteilhaft die mechanische Anbindung des Formkörpers an den Halbleiterchip erhöht. Dies ist weniger auf die Adhäsion zwischen Halbleiterchip und Formkörper, sondern überwiegend auf einen Formschluss zwischen den beiden Elementen zurückzuführen, welcher dadurch zu Stande kommt, dass sich die Formmasse bei der Herstellung des Bauelements abkühlt und hierdurch zusammenzieht.

[0028] Beispielsweise wird eine Formmasse verwendet, welche Silikon enthält und welche bei einer Temperatur von mehr als 100 °C ausgehärtet wird. Aufgrund seines hohen thermischen Ausdehnungskoeffizienten von typischerweise mehr als 200 ppm/K zieht sich die Formmasse aus Silikon stärker zusammen als der Halbleiterchip, wodurch eine allseitige Pressung zustande kommt.

[0029] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass zwischen der Vielzahl von ersten Kontaktelementen und der Vielzahl von zweiten Kontaktelementen eine Varistorpaste aufgebracht ist, welche dazu ausgebildet ist, den optoelektronischen Halbleiterchip vor einer elektrostatischen Entladung zu schützen.

[0030] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements wird eine einfache Flipchipsanordnung gewählt, in welcher keine komplexe Umverdrahtung im Hinblick auf die Kontaktierung der Halbleiterschichten erfolgen muss. Beispielsweise können die ersten bzw. die zweiten Kontaktelemente in Draufsicht auf das Bauelement in den gleichen Bereichen mit der ersten bzw. der zweiten Halbleiterschicht verbunden sein, in welchen sie im Bereich der Montagefläche zugänglich sind. Dies entspricht einer einfach herzustellenden und daher kostengünstigen Ausführungsform. Auf einem Träger (beispielsweise einer Leiterplatte), auf dem das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement montiert ist, muss jedoch in diesem Fall in der Regel eine recht komplexe Kontaktierungsgeometrie gewählt werden.

[0031] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass die Vielzahl von ersten Kontaktelementen über eine erste Anschlussschicht mit der ersten Halbleiterschicht und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen über eine zweite Anschlussschicht mit der zweiten Halbleiterschicht elektrisch leitend verbunden ist und die erste Anschlussschicht und die zweite Anschlussschicht in Draufsicht auf das Halbleiterbauelement miteinander überlappen. Dies entspricht einer (komplexeren) Umverdrahtung im Inneren des Halbleiterchips. Hierfür kann auf dem Niveau des Trägers eine einfachere Kontaktierungsgeometrie gewählt werden.

[0032] Gemäß zumindest einer Ausführungsform enthält der Formkörper ein Lumineszenzkonversionsmaterial. Das Lumineszenzkonversionsmaterial ist bevorzugt geeignet, zumindest einen Teil einer vom optoelektronischen Halbleiterchip im Betrieb emittierten und/oder vom Halbleiterchip zu empfangenen elektromagnetischen Strahlung eines ersten Wellenlängenbereichs zu absorbieren und elektromagnetische Strahlung zu emittieren, die aus einem zweiten Wellenlängenbereich stammt, der vom ersten Wellenlängenbereich verschieden ist. Beispielsweise kann das Halbleiterbauelement dazu ausgebildet sein, weißes Mischlicht zu erzeugen.

[0033] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des optoelektronischen Halbleiterbauelements ist vorgesehen, dass zwischen dem Formkörper und

dem Halbleiterchip zumindest bereichsweise eine Lumineszenzkonversionsschicht angeordnet ist.

[0034] Es wird ein Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelementen angegeben. Das Verfahren weist folgende Schritte auf:

- a) Bereitstellen eines Hilfsträgers;
- b) Bereitstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips, wobei jeder der Halbleiterchips einen Halbleiterkörper aufweist, der eine Halbleiterschichtenfolge mit einem zum Erzeugen und/oder Empfangen von elektromagnetischer Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich, der zwischen einer ersten Halbleiterschicht und einer zweiten Halbleiterschicht angeordnet ist, umfasst,
- c) Befestigen der Mehrzahl von Halbleiterchips auf dem Hilfsträger, wobei die Halbleiterchips in einer lateralen Richtung voneinander beabstandet sind und zwischen jedem der Halbleiterchips und dem Hilfsträger von festem Material freie Zwischenräume vorgesehen sind;
- d) Ausbilden eines die Halbleiterchips umhüllenden Formkörperverbunds,
- f) Entfernen des Hilfsträgers; und
- g) Vereinzeln des Formkörperverbunds in eine Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen, wobei jedes Halbleiterbauelement zumindest einen Halbleiterchip, eine Vielzahl von ersten Kontaktelementen, eine Vielzahl von zweiten Kontaktelementen, und einen Teil des Formkörperverbunds als Formkörper aufweist.

[0035] Der Formkörperverbund kann insbesondere mittels eines Gießverfahrens hergestellt werden. Unter dem Begriff Gießverfahren fallen hierbei alle Herstellungsverfahren, bei denen eine Formmasse in eine vorgegebene Form eingebracht wird und insbesondere nachfolgend gehärtet wird. Insbesondere umfasst der Begriff Gießverfahren Gießen (Casting), Spritzgießen (Injection Molding), Spritzpressen (Transfer Molding) und Formpressen (Compression Molding). Bevorzugt wird der Formkörperverbund durch Formpressen oder durch ein folienassistiertes Gießverfahren (Film Assisted Transfer Molding) ausgebildet. Bei dem geschilderten Verfahrensschritt verbindet sich der Halbleiterchip bevorzugt formschlüssig mit dem bei der Ausbildung des Formkörperverbunds verwendeten Vergussmaterial.

[0036] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass jeder der Halbleiterchips eine Vielzahl von Abstandshalter umfasst, durch welche die Zwischenräume ausgebildet werden und welche zumindest Teile der ersten und zweiten Kontaktelemente der fertiggestellten Bauelemente bilden.

[0037] Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens ist vorgesehen, dass ein strukturierter Hilfsträger mit einer nicht-ebenen Oberfläche bereitgestellt wird und dass die von festem Material freie Zwischenräume zumindest mittelbar durch die Befestigung der Halbleiterchips auf der nicht-ebenen Oberfläche des Hilfsträgers entstehen.

[0038] Durch den Einsatz eines strukturierten Hilfsträgers kann auf die Ausbildung von Abstandshaltern beispielsweise in der Form von Anschlusssockeln, welche typischerweise durch einen galvanischen Prozess ausgebildet werden, verzichtet werden, wodurch Herstellungskosten gesenkt werden. In den Bereichen, in welchem der strukturierte Träger die Halbleiterchips berührt, werden in einem späteren Verfahrensschritt die Kontaktelemente, beispielsweise in Form von Lotkugeln, gesetzt.

[0039] Das vorstehend beschriebene Verfahren zur Herstellung von oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelementen ist für die Herstellung des oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements besonders geeignet. Im Zusammenhang mit dem Verfahren angeführte Merkmale können daher auch für das Halbleiterbauelement herangezogen werden oder umgekehrt.

[0040] Weitere Merkmale, Ausgestaltungen und Zweckmäßigkeiten ergeben sich aus der folgenden Beschreibung der Ausführungsbeispiele in Verbindung mit den Figuren.

[0041] Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit denselben Bezugszeichen versehen.

[0042] Die Figuren und die Größenverhältnisse der in den Figuren dargestellten Elemente untereinander sind nicht als maßstäblich zu betrachten. Vielmehr können einzelne Elemente und insbesondere Schichtdicken zur besseren Darstellbarkeit und/oder zum besseren Verständnis übertrieben groß dargestellt sein.

[0043] Es zeigen:

[0044] Die Fig. 1 bis Fig. 3 ein erstes Ausführungsbeispiel für ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement,

[0045] die Fig. 4 und Fig. 5 ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement,

[0046] die Fig. 6 und Fig. 7 ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein optoelektronisches Halbleiterbauelement,

[0047] Fig. 8 eine Anordnung eines erfindungsgemäßen oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements auf einer Leiterplatte,

[0048] die Fig. 9 bis Fig. 13 ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zur Herstellung von oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelementen anhand von jeweils in schematischer Schnittdarstellung dargestellten Zwischenschritten, und

[0049] Fig. 14 ein weiteres Ausführungsbeispiel für ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement.

[0050] In den Fig. 1 bis Fig. 3 ist ein Ausführungsbeispiel für ein oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement gezeigt. Das insgesamt mit **100** bezeichnete Halbleiterbauelement umfasst einen optoelektronischen Halbleiterchip **10**, welcher von einem Formkörper **40** aus Silikon umhüllt wird. Der optoelektronische Halbleiterchip **10** weist einen Halbleiterkörper **20** auf, welcher auf einem Trägerkörper **12** aus Saphir angeordnet ist und eine Halbleiterschichtenfolge **24** umfasst, in welcher zwischen einer ersten Halbleiterschicht **21** und einer zweiten Halbleiterschicht **22** ein aktiver Bereich **23** ausgebildet ist. An der Unterseite des Bauelements **100** ist eine Montagefläche **50** ausgebildet, welche zumindest stellenweise durch eine Oberfläche des Formkörpers **40** gebildet ist. Außerdem umfasst das Halbleiterbauelement **100** eine Vielzahl von ersten Kontaktelementen **31** und eine Vielzahl von zweiten Kontaktelementen **32**, welche im Bereich der Montagefläche **50** durch den Formkörper **40** hindurchragen. Die ersten Kontaktelemente sind mit der ersten Halbleiterschicht **21** und die zweiten Kontaktelemente **32** mit der zweiten Halbleiterschicht **22** elektrisch leitend verbunden. In dem vorliegenden Ausführungsbeispiel ist die zweite Halbleiterschicht **22** in Randbereichen des Halbleiterchips entfernt und wird dort direkt von den ersten Kontaktelementen **31** kontaktiert. Sowohl die erste Halbleiterschicht **21** als auch die zweite Halbleiterschicht **22** sind mit den Kontaktelementen **31**, **32** jeweils in Bereichen verbunden, in welchen das Bauelement in Draufsicht von außen kontaktiert wird. Zwischen der zweiten Halbleiterschicht **22** und den Kontaktelementen **32** kann optional eine Spiegelschicht, beispielsweise aus Silber, ausgebildet sein (nicht dargestellt).

[0051] Jedes der Kontaktelemente **31**, **32** umfasst einen Anschlusssockel **33**, welcher den Formkörper **40** durchstößt und bündig mit diesem an der Montagefläche **50** abschließt, sowie ein Kappenelement **34**, welches über die Montagefläche vertikal hinausragt. Die Anschlusssockel **33** können die Form von Zylindern annehmen und beispielsweise aus Kupfer bestehen. Die Kappenelemente **34** sind beispielsweise als Lotkugeln ausgebildet. Hierbei weisen die Anschlusssockel **33** eine Höhe (Abmessung in vertikaler Richtung) zwischen 10 µm und 150 µm auf. Dies ist gleichzeitig die Höhe des Formkörpers **40** im Bereich

der Montagefläche **50** (bezeichnet mit dem Bezugszeichen **41**).

[0052] In dem in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel ist der Halbleiterchip **10** ein Saphirchip in einer Flip-Chip-Anordnung und wird mit Ausnahme des Bereiches der Montagefläche **50** (Unterseite des Bauelements) von einem 150 µm dicken Formkörper umgeben. Die in **Fig. 2** und **Fig. 3** gezeigten Pfeile deuten den Druck des Formkörpers **40** auf den Halbleiterchip **10** dar, welcher für eine gute mechanische Verbindung zwischen den beiden Elementen sorgt. Die Anschlusssockel **33** können beispielsweise galvanisch während der Herstellung des Halbleiterchips **10** erzeugt werden, während die Kappenelemente **34** erst nach Ausbildung des Formkörpers **40** ausgebildet werden.

[0053] Abweichend von dem in den **Fig. 1** bis **Fig. 3** gezeigten Ausführungsbeispiel ist in dem in den **Fig. 4** und **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel zwischen der Vielzahl von ersten Kontaktelementen **31** und der Vielzahl von zweiten Kontaktelementen **32** eine Varistorpaste **35** aufgebracht, welche dazu ausgebildet ist, den optoelektronischen Halbleiterchip **10** vor einer elektrostatischen Entladung zu schützen. Die Verwendung einer Varistorpaste, welche beispielsweise ein Polymer mit Halbleiterpartikeln, zum Beispiel Partikeln aus Siliziumcarbid, enthalten kann, bringt den Vorteil, dass kein zusätzlicher Aufwand durch den Einbau einer Zusatzschaltung in Form einer Schutzdiode erforderlich ist. Varistorpasten führen zu Durchlassspannungen im Bereich zwischen 500 und 1000 V.

[0054] Der Formkörper **40** kann in dem in den **Fig. 1** bis **Fig. 5** gezeigten Ausführungsbeispiel ein Lumineszenzkonversionsmaterial enthalten. Dagegen zeigen die **Fig. 6** und **Fig. 7** ein Ausführungsbeispiel, in welchem der Formkörper **40** frei von Lumineszenzkonversionsmaterial ist und zwischen dem Formkörper **40** und dem Halbleiterchip **10** zumindest bereichsweise eine Lumineszenzkonversionsschicht **42** angeordnet ist. Die Lumineszenzkonversionsschicht **42** kann beispielsweise durch Sedimentation, Sprühbeschichtung oder elektrophoretischer Abscheidung ausgebildet sein. In dem dargestellten Ausführungsbeispiel handelt es sich um eine gesprühte Lumineszenzkonversionsschicht, welche zur Fixierung und mechanischen Stabilisierung von einem im vorliegenden Fall aus transparentem Silikon bestehenden Formkörper **40** umgeben ist. Zusätzlich kann der Formkörper **40** Quarzpartikel (englisch fused silica) enthalten, welche die mechanische Stabilität und die Härte des Bauelements erhöhen.

[0055] **Fig. 8** zeigt das in den **Fig. 6** und **Fig. 7** dargestellte Halbleiterbauelement in einem montierten Zustand. Das Bauelement **100** ist mit seinen Lotkugeln **34** auf Leiterbahnen **80** einer Leiterplatte **200** gelötet.

Diese wirken als Abstandshalter zwischen der Montagefläche **50** des Bauelements **100** und der Oberfläche der Leiterplatte **200**. In den hierdurch entstehenden Zwischenräumen kann eine Zwischenschicht **81** ausgebildet werden, welche reflektierend wirkt. Dadurch wird erreicht, dass die Notwendigkeit einer Ausbildung einer reflektierenden Schicht innerhalb des Halbleiterchips **10** entfällt. Während die Oberfläche der Leiterplatte **200** in der Regel nicht reflektierend ist, da sie aus Epoxy und Kupfer besteht, kann durch die reflektierend ausgebildete Zwischenschicht **81** vorteilhaft eine Umlenkung des Lichts von der Leiterplatte **200** hinweg erreicht werden.

[0056] In den **Fig. 9** bis **Fig. 13** ist ein Ausführungsbeispiel für ein Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelementen gezeigt. In dem in **Fig. 9** dargestellten Verfahrensschritt wird eine Vielzahl von vereinzelt Halbleiterchips **10**, deren Halbleiterschichten elektrisch leitend mit einer Vielzahl von Anschlusssockeln **33** aus Kupfer verbunden sind, mittels einer Klebeschicht **71** auf einem Hilfsträger **70** befestigt. Hierbei werden die Halbleiterchips **10** derart auf den Hilfsträger **71** angeordnet, dass die Halbleiterkörper von den Trägerkörpern der Halbleiterchips **10** aus gesehen dem Hilfsträger **71** zugewandt sind. Die Halbleiterchips **10** sind matrixartig angeordnet und in einer lateralen Richtung, das heißt in einer Richtung parallel zur Hauptstreckungsebene des Hilfsträgers **71** voneinander beabstandet.

[0057] Die Klebeschicht **71** kann eine doppelseitig klebende Folie sein oder aus Silikon bestehen, welches zusätzlich als Antihafschicht wirkt. Zwischen jedem der Halbleiterchips **10** und dem Hilfsträger **70** sind von festem Material freie Zwischenräume **72** ausgebildet, welche in den Bereichen zwischen den Anschlusssockeln **33** entstehen. Wird als Klebeschicht **71** eine dünne Silikonschicht (beispielsweise mit einer Dicke zwischen 10 und 20 µm) verwendet, können die Zwischenräume **72** in einem nachfolgenden Verfahrensschritt relativ einfach mit Formmasse gefüllt werden. Der Einsatz einer Folie als Klebeschicht **71** hat dagegen den Nachteil, dass sie leicht nachgibt und daher verkleinerte Zwischenräume **72** entstehen lässt.

[0058] In dem nachfolgenden, in **Fig. 10** gezeigten Verfahrensschritt wird ein Formkörperverbund **43** durch Formpressen erzeugt, welcher die Halbleiterchips **10** von allen Seiten umhüllt und insbesondere die Zwischenräume **72** zwischen den Anschlusssockeln **33** der Halbleiterchips **10** verschließt. Als Formmasse kommen Silikone, Acrylate oder Epoxide zur Verwendung. Alternativ kann der Formkörperverbund durch ein Spritzgussverfahren ausgebildet werden, wobei die Verwendung von blau stabilen oder UV-stabilen Thermoplasten, beispielsweise Polycyclohexylendimethylenterephthalat (PCT), vorteilhaft ist. Auch

der Einsatz von Duroplasten, wie beispielsweise Silikon, ist möglich. Die Formmasse kann mit Füllstoffen, welche beispielsweise Siliziumoxid, Bornitrid, Aluminiumoxid, Aluminiumnitrid oder Phosphore enthalten, gefüllt sein.

[0059] In dem in **Fig. 11** dargestellten Verfahrensschritt wird der Hilfsträger **70** durch Delaminieren entfernt. Dies kann beispielsweise durch Erhitzen der Klebeschicht und/oder durch Lösung der Klebeschicht **71** durch chemische Prozesse und/oder unter Verwendung einer mechanischen Kraft geschehen.

[0060] In dem in **Fig. 12** dargestellten Verfahrensschritt werden auf den Anschlusssockeln **33** Kappenelemente **34** in Form von Lotkugeln ausgebildet. Die Lotkugeln **34** werden in einem Temperaturprozess umgeschmolzen. Hierfür wird vorteilhaft ein Flussmittel verwendet, um die Lotkugeln anzukleben und das Umschmelzverhalten zu verbessern. Das Lot kann galvanisch aufgebracht sein.

[0061] Zum Vereinzeln in Halbleiterbauelemente **100** (siehe **Fig. 13**) wird der Formkörperverbund **43** entlang von Vereinzellinien durchtrennt. Dies kann beispielsweise mechanisch, etwa mittels Sägens, Schneidens oder Stanzens, chemisch, beispielsweise mittels Ätzens, und/oder mittels kohärenter Strahlung, etwa durch Laserablation, erfolgen.

[0062] **Fig. 14** zeigt ein weiteres Ausführungsbeispiel eines optoelektronischen, oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelements, in welchem im Vergleich zu den vorgehend beschriebenen Ausführungsbeispielen eine komplexere Verdrahtung im Inneren des Halbleiterchips **10** vorgesehen ist, wodurch auf dem Niveau des Trägers, auf welchem das oberflächenmontierbare Halbleiterbauelement später montiert werden soll, eine einfache Kontaktierungsgeometrie gewählt werden kann.

[0063] Die Vielzahl von ersten Kontaktelementen **31** ist über eine erste Anschlussschicht **61** mit der ersten Halbleiterschicht **21** elektrisch verbunden. Die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen **32** ist über eine zweite Anschlussschicht **62** mit der zweiten Halbleiterschicht **22** elektrisch leitend verbunden. Zwischen der ersten Anschlussschicht **61** und der zweiten Anschlussschicht **62** ist eine Isolationsschicht **63** angeordnet. In der Halbleiterschichtenfolge **24** ist eine Ausnehmung **25** vorgesehen, welche sich durch die Isolationsschicht **63**, die zweite Anschlussschicht **62**, die zweite Halbleiterschicht **22** und den aktiven Bereich **23** hindurch in die erste Halbleiterschicht **21** hinein erstreckt und zumindest teilweise mit elektrisch leitfähigem Material gefüllt ist. Durch Anlegen einer elektrischen Spannung zwischen den ersten Kontaktelementen **31** und den zweiten Kontaktelementen **32** können Ladungsträger von entgegengesetzten Richtungen in den aktiven Bereich **23** injiziert

werden und dort unter Emission von Strahlung rekombinieren.

[0064] In Draufsicht auf das Halbleiterbauelement überlappen die erste Anschlussschicht **61** und die zweite Anschlussschicht **62** miteinander. Durch die beschriebene Geometrie ist es möglich, die Halbleiterschichten in Bereichen zu kontaktieren, die in Draufsicht auf das Bauelement von den Bereichen verschieden sind, in welchen das Bauelement von außen kontaktiert wird. Die zweite Anschlussschicht **62** kann als Spiegelschicht, beispielsweise aus Silber, ausgebildet sein.

[0065] Die 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.

Patentansprüche

1. Oberflächenmontierbares Halbleiterbauelement (**100**) umfassend

- einen optoelektronischen Halbleiterchip (**10**),
- eine Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**),
- eine Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**), und
- einen Formkörper (**40**), wobei

- der optoelektronische Halbleiterchip einen Halbleiterkörper (**20**) aufweist, der eine Halbleiterschichtenfolge (**24**) mit einem zum Erzeugen und/oder Empfangen von elektromagnetischer Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich (**23**), der zwischen einer ersten Halbleiterschicht (**21**) und einer zweiten Halbleiterschicht (**22**) angeordnet ist, umfasst,

- die Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**) mit der ersten Halbleiterschicht (**21**) und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**) mit der zweiten Halbleiterschicht (**22**) elektrisch leitend verbunden ist,
- der Formkörper (**40**) den optoelektronischen Halbleiterchip (**10**) zumindest teilweise umgibt,
- das Halbleiterbauelement eine Montagefläche (**50**) aufweist, die zumindest stellenweise durch eine Oberfläche des Formkörpers (**40**) gebildet ist, und
- die Vielzahl von ersten und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen im Bereich der Montagefläche durch den Formkörper hindurchragen.

2. Halbleiterbauelement (**100**) nach dem vorherigen Anspruch, wobei die Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**) und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**) in Draufsicht auf das Halbleiterbauelement (**100**) mit dem Halbleiterkörper (**20**) überlappen.

3. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Halbleiterchip (**10**) einen elektrisch isolierend ausgebildeten Trägerkörper (**12**) umfasst, der auf einer der Montagefläche (**50**) abgewandten Seite des Halbleiterkörpers (**20**) angeordnet ist.

4. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) an den Halbleiterchip (**10**) und die Vielzahl von ersten und zweiten Kontaktelementen (**31**, **32**) zumindest bereichsweise angeformt ist.

5. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) den Halbleiterchip (**10**) von allen Seiten umhüllt.

6. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei jedes der Kontaktelemente (**31**, **32**) einen Anschlusssockel (**33**) und ein Kappelement (**34**) umfasst, welches über die Montagefläche (**50**) vertikal hinausragt.

7. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) Silikon oder Epoxid enthält.

8. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) im Bereich der Montagefläche (**50**) eine Höhe zwischen 10 µm und 150 µm aufweist.

9. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) einstückig ausgebildet ist.

10. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei zwischen der Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**) und der Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**) eine Varistorpaste (**35**) aufgebracht ist, welche dazu ausgebildet ist, den optoelektronischen Halbleiterchip (**10**) vor einer elektrostatischen Entladung zu schützen.

11. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei die Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**) über eine erste Anschlussschicht (**61**) mit der ersten Halbleiterschicht (**21**) und die Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**) über eine zweite Anschlussschicht (**62**) mit der zweiten Halbleiterschicht (**22**) elektrisch leitend verbunden ist und die erste Anschlussschicht (**31**) und die zweite Anschlussschicht (**32**) in Draufsicht auf das Halbleiterbauelement (**100**) miteinander überlappen.

12. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, wobei der Formkörper (**40**) ein Lumineszenzkonversionsmaterial enthält.

13. Halbleiterbauelement (**100**) nach einem der Ansprüche, wobei zwischen dem Formkörper (**40**) und dem Halbleiterchip (**10**) zumindest bereichsweise eine Lumineszenzkonversionsschicht (**42**) angeordnet ist.

14. Verfahren zum Herstellen einer Mehrzahl von oberflächenmontierbaren Halbleiterbauelementen (**100**) nach einem der vorherigen Ansprüche, mit den Schritten:

- a) Bereitstellen eines Hilfsträgers (**70**);
- b) Bereitstellen einer Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterchips (**10**), wobei jeder der Halbleiterchips (**10**) einen Halbleiterkörper (**20**) aufweist, der eine Halbleiterschichtenfolge (**24**) mit einem zum Erzeugen und/oder Empfangen von elektromagnetischer Strahlung vorgesehenen aktiven Bereich (**23**), der zwischen einer ersten Halbleiterschicht (**21**) und einer zweiten Halbleiterschicht (**22**) angeordnet ist, umfasst,
- c) Befestigen der Mehrzahl von Halbleiterchips (**10**) auf dem Hilfsträger (**70**), wobei die Halbleiterchips (**10**) in einer lateralen Richtung voneinander beabstandet sind und zwischen jedem der Halbleiterchips (**10**) und dem Hilfsträger (**70**) von festem Material freie Zwischenräume (**72**) vorgesehen sind;
- d) Ausbilden eines die Halbleiterchips (**10**) umhüllenden Formkörperverbunds (**43**),
- f) Entfernen des Hilfsträgers (**70**); und
- g) Vereinzeln des Formkörperverbunds in eine Mehrzahl von optoelektronischen Halbleiterbauelementen (**100**), wobei jedes Halbleiterbauelement zumindest einen Halbleiterchip (**10**), eine Vielzahl von ersten Kontaktelementen (**31**), eine Vielzahl von zweiten Kontaktelementen (**32**), und einen Teil des Formkörperverbunds als Formkörper (**40**) aufweist.

15. Verfahren nach Anspruch 14, wobei jeder der Halbleiterchips (**10**) eine Vielzahl von Abstandshalter (**33**) umfasst, durch welche die Zwischenräume (**72**) ausgebildet werden und welche zumindest Teile der ersten und zweiten Kontaktelemente (**31**, **32**) der fertiggestellten Bauelemente (**100**) bilden.

Es folgen 7 Seiten Zeichnungen

Anhängende Zeichnungen

Figur 1

100

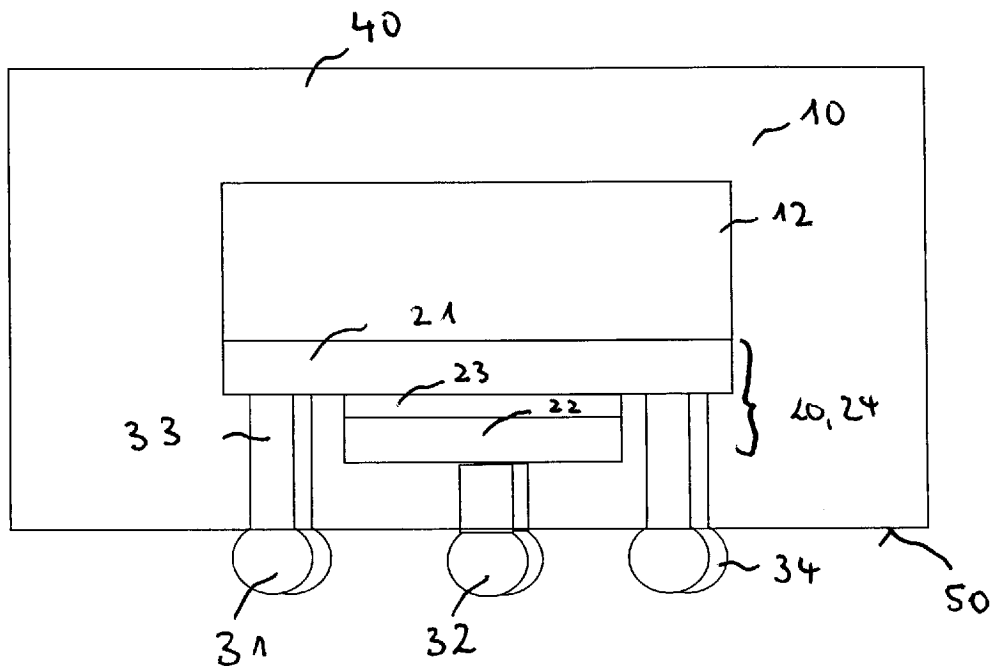


Figure 2

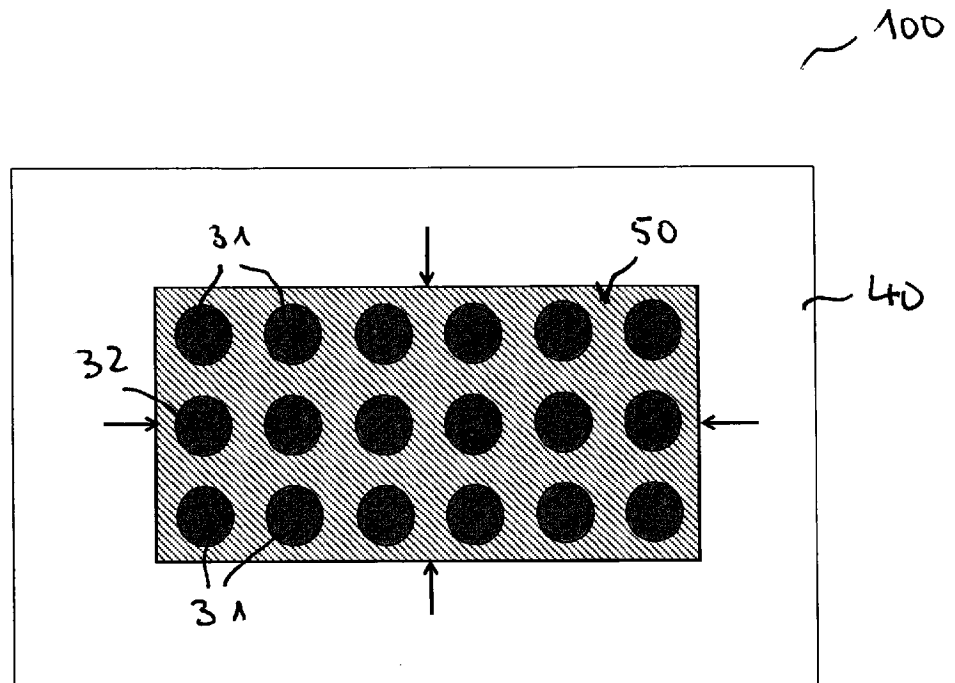


Figure 3

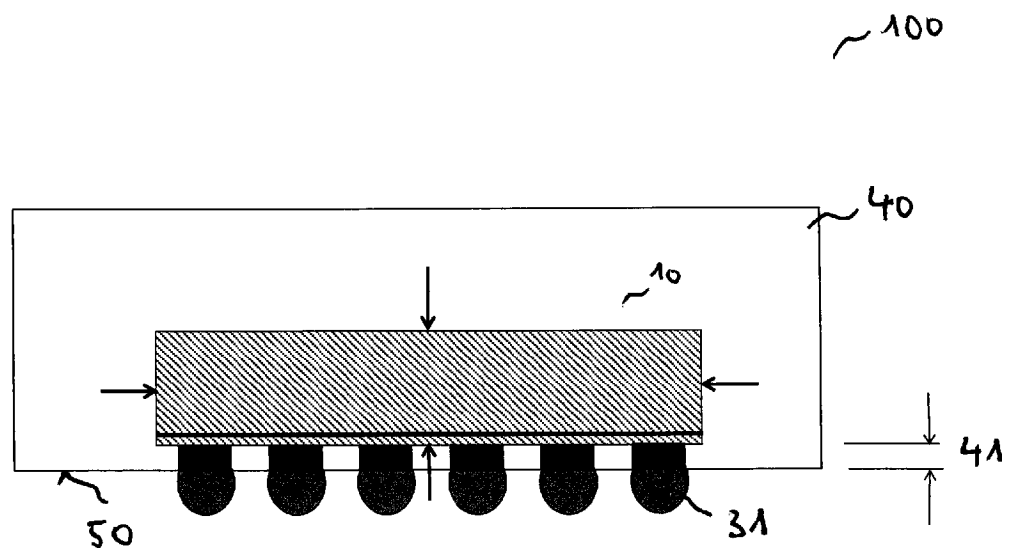


Fig 4

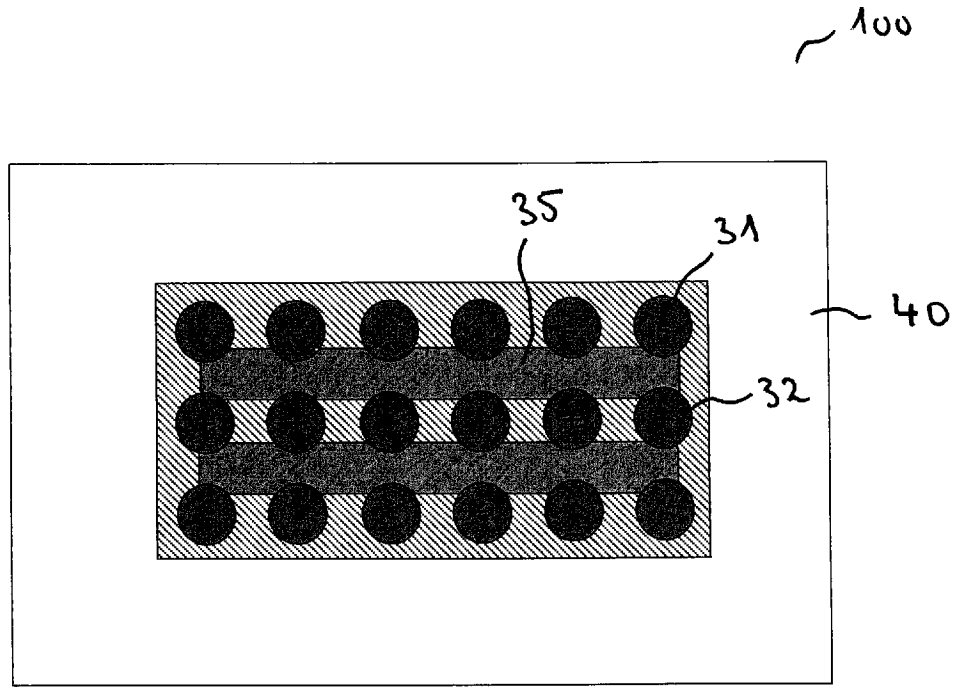


Fig 5

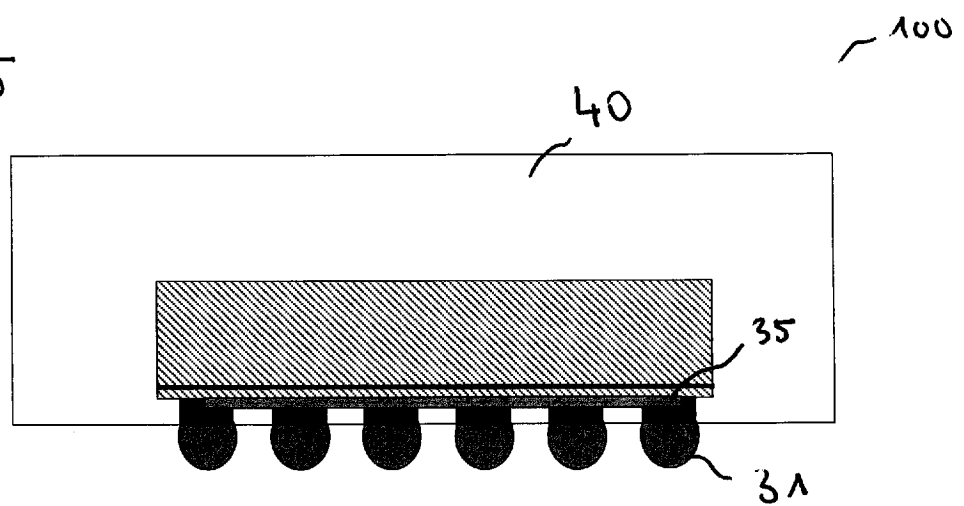


Figure 6

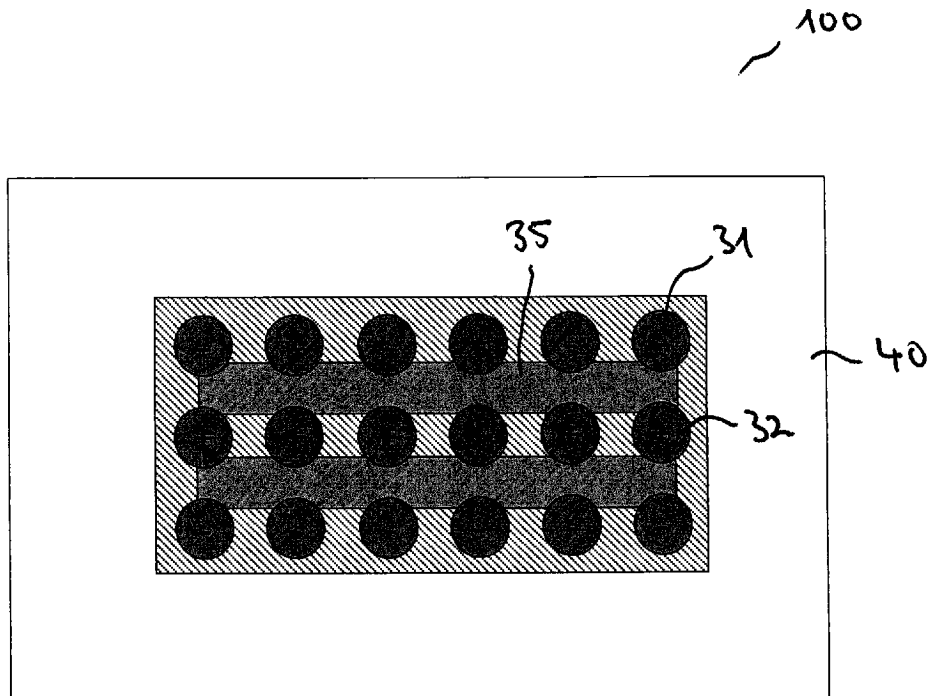
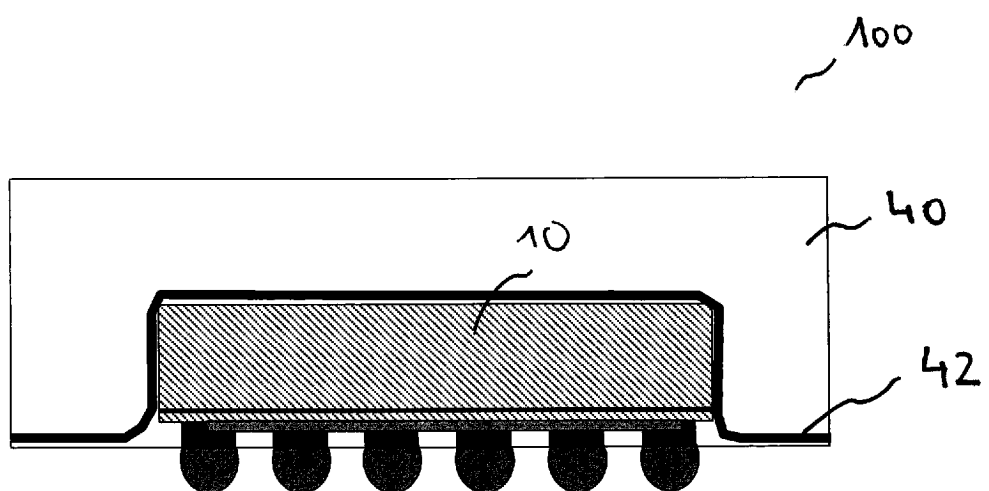
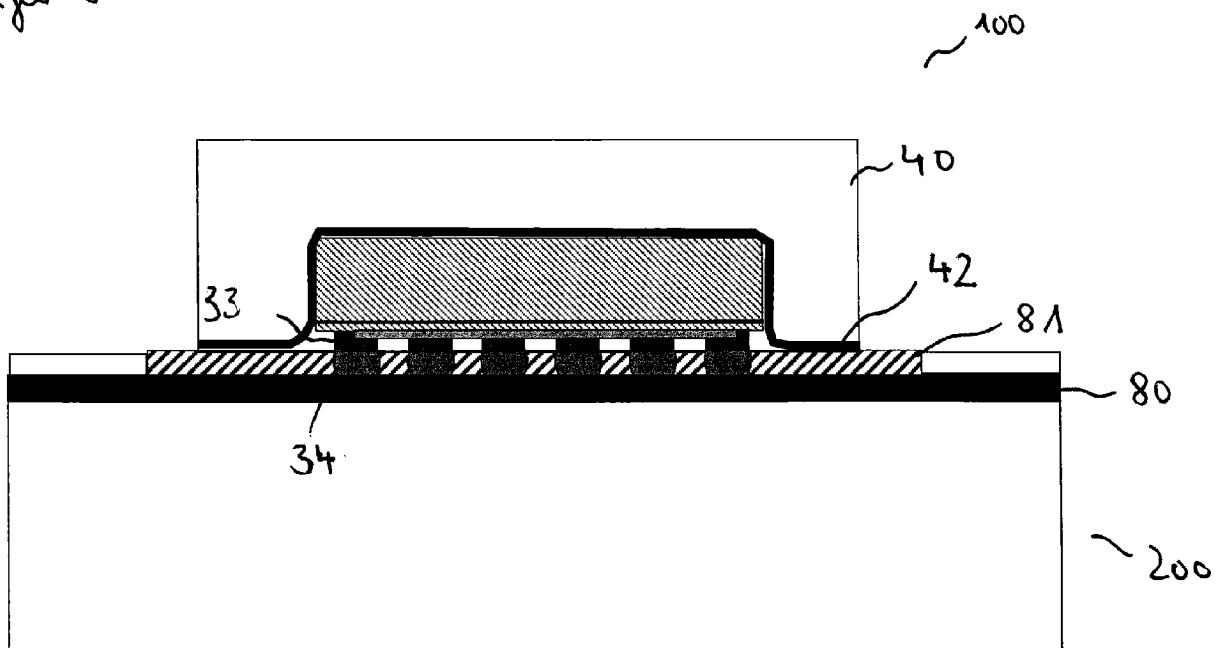


Figure 7



Figur 8



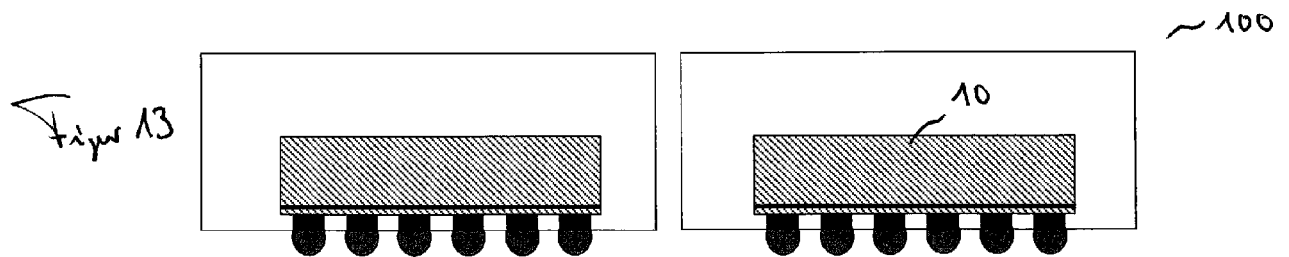
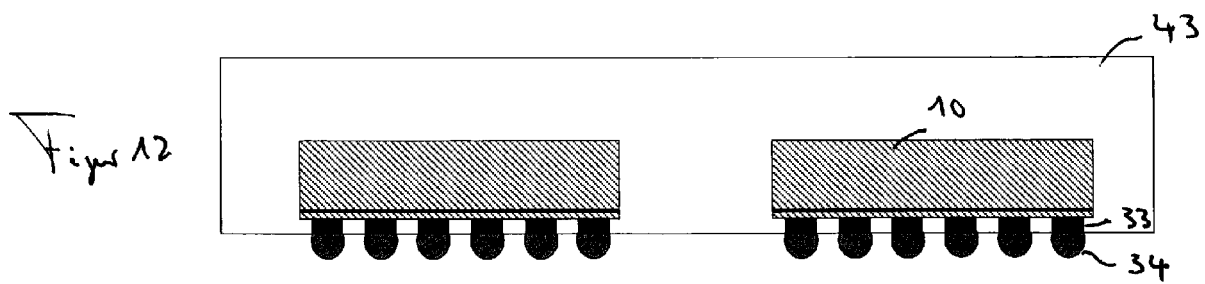
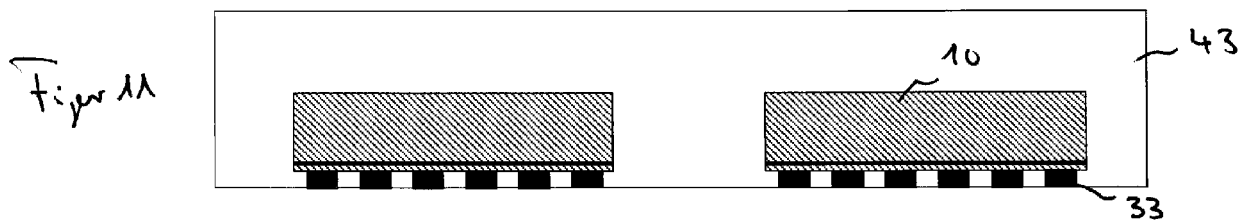
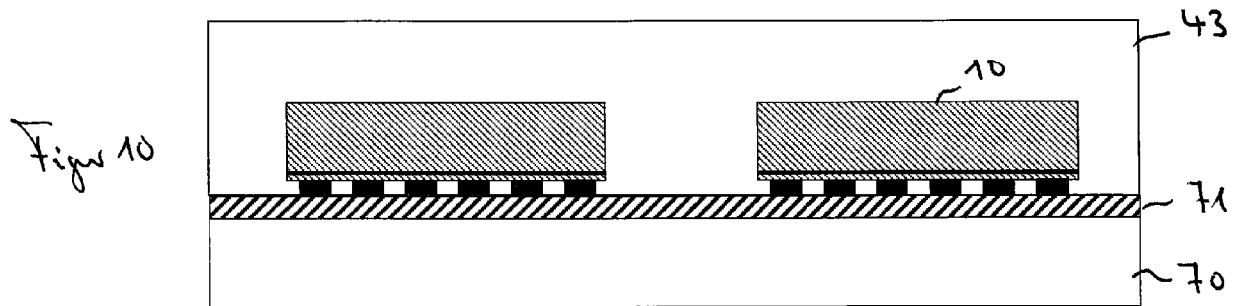
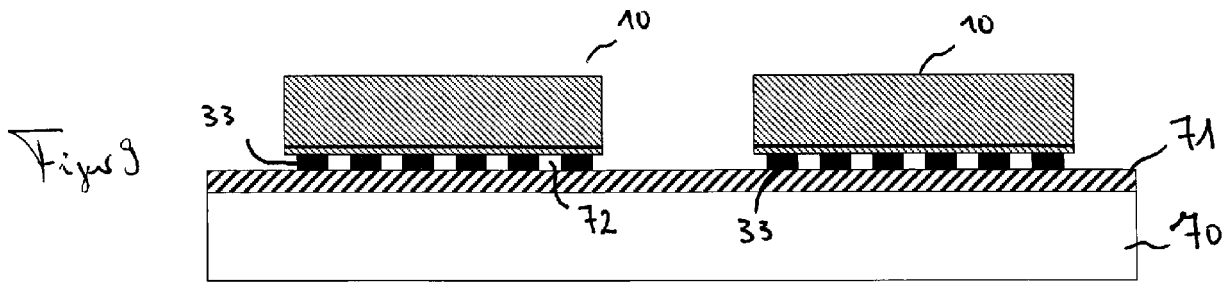


Figure 14

