

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum
Internationales Büro

(43) Internationales Veröffentlichungsdatum
28. November 2019 (28.11.2019)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2019/224005 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 33/00 (2010.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2019/061813

(22) Internationales Anmeldedatum:
08. Mai 2019 (08.05.2019)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2018 112 586.0
25. Mai 2018 (25.05.2018) DE

(71) Anmelder: **OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS
GMBH** [DE/DE]; Leibnizstr. 4, 93055 Regensburg (DE).

(72) Erfinder: **KATZ, Simeon**; Georg-Aichinger-Str. 2, 93055
Regensburg (DE). **HUPPMANN, Sophia**; Dorfsheeg 3,

97505 Geldersheim (DE). **HÖNLE, Michael**; Rotkreuzstr.
7, 92331 Parsberg (DE). **WAGNER, Thorsten**; Wiesen-
grund 3a, 4203 Altenberg bei Linz (AT). **HINGERL, Kurt**;
Lerchenring 11, 4493 Wolfem (AT).

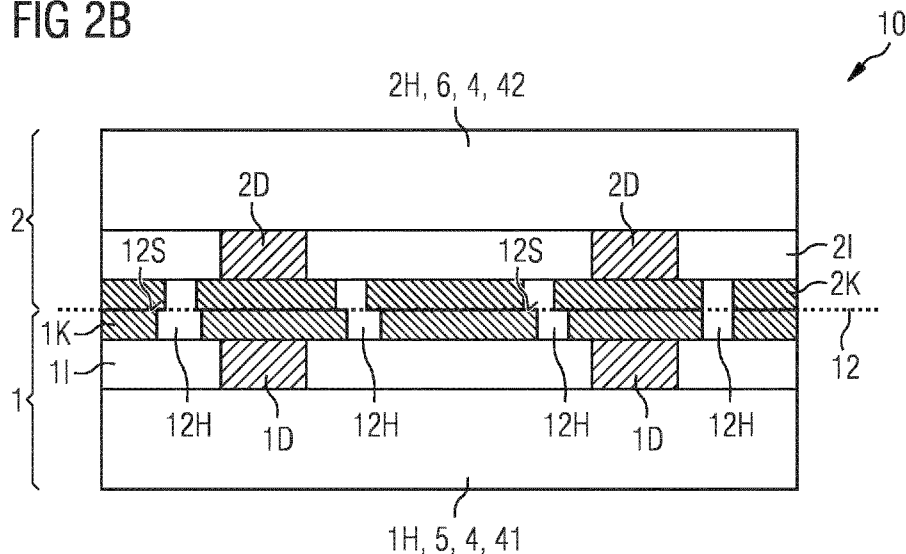
(74) Anwalt: **EPPING HERMANN FISCHER PATENTAN-
WALTSGESELLSCHAFT MBH**; Schloßschmidstr. 5,
80639 München (DE).

(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DJ, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN,
KP, KR, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD,
ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO,
NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW,

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING A CONNECTION BETWEEN PARTS AND COMPONENTS

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERBINDUNG ZWISCHEN BAUTEILEN UND BAUELEMENT

FIG 2B



(57) **Abstract:** The invention relates to a component (10) with a first part (1) and a second part (2). The first part has a first insulating layer (1I), a plurality of first vias (1D), and a contact layer (1K) which is structured in some areas, wherein each of the first vias is surrounded laterally by the first insulating layer, and the first contact layer at least partly covers the first insulating layer and completely covers the first vias. The second part has a second insulating layer (2I), a plurality of second vias (2D), and a contact layer (2K) which is structured in some areas, wherein each of the second vias is laterally surrounded by the second insulating layer, and the second contact layer partly covers the second insulating layer and completely covers the second vias. Additionally, a mechanical and electric connection is formed between the parts on the contact layers (1K, 2K), said connection being based on van der Waals interactions. The invention also relates to a method for producing such a component.

(57) **Zusammenfassung:** Es wird ein Bauelement (10) mit einem ersten Bauteil (1) und einem zweiten Bauteil (2) angegeben, bei dem das erste Bauteil eine erste Isolierungsschicht (1I), eine Mehrzahl von ersten Durchkontakten (1D) und eine bereichsweise strukturierte Kontaktschicht (1K) aufweist, wobei die ersten Durchkontakte jeweils von der ersten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und

SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM,
TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

- (84) Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), europäisches (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

- mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

die erste Kontaktschicht die erste Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedeckt. Das zweite Bauteil weist eine zweite Isolierungsschicht (2I), eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten (2D) und eine bereichsweise strukturierte zweite Kontaktschicht (2K) auf, wobei die zweiten Durchkontakte jeweils von der zweiten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und die zweite Kontaktschicht die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedeckt. Des Weiteren ist eine mechanische und elektrische Verbindung zwischen den Bauteilen an den Kontaktschichten (1K, 2K) gebildet, wobei die Verbindung auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen basiert. Außerdem wird ein Verfahren zur Herstellung eines solchen Bauelements angegeben.

Beschreibung

VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER VERBINDUNG ZWISCHEN BAUTEILEN
UND BAUELEMENT

5

Es wird ein Verfahren zur Herstellung einer Verbindung zwischen Bauteilen angegeben. Des Weiteren wird ein Bauelement aus Bauteilen angegeben.

- 10 In aktuellen Chiptechnologien wird justiertes Hybridbonds mit Hilfe von isolierenden, transparenten Oxidschichten und lokalen metallischen Kontaktschichten angewandt. Dabei ist eine exakte Planarisierung der lokalen metallischen Kontaktschichten mit den isolierenden transparenten
- 15 Oxidschichten entscheidend. Dies ist darauf zurückzuführen, dass die exakte Planarisierung sowohl eine mechanisch stabile Verbindung als auch eine zuverlässige elektrische Kontaktformierung gewährleisten kann. Werden die metallischen Kontaktschichten jedoch klein gewählt, um etwa
- 20 Lichtabsorptionen zu minimieren, ist ein sehr hoher Justageaufwand nötig.

- Eine Aufgabe ist es, ein zuverlässiges und kosteneffizientes Verfahren zur Herstellung einer mechanischen und elektrischen
- 25 Verbindung zwischen Bauteilen anzugeben. Eine weitere Aufgabe besteht darin, ein stabiles Bauelement aus Bauteilen anzugeben.

- Diese Aufgaben werden durch das Verfahren und das Bauelement
- 30 gemäß den unabhängigen Ansprüchen sowie im Zusammenhang mit einem solchen Verfahren oder einem solchen Bauelement gelöst. Weitere Ausgestaltungen und Weiterbildungen des Verfahrens oder des Bauelements sind Gegenstand der weiteren Ansprüche.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung eines Bauelements aus mindestens zwei Bauteilen werden ein erstes Bauteil und ein zweites Bauteil bereitgestellt. Die Bauteile können jeweils eine

5 Kontaktschicht aufweisen, die insbesondere bereichsweise strukturiert und bereichsweise planar ausgebildet ist. Zum Beispiel weist die Kontaktschicht des ersten Bauteils mehrere voneinander lateral beabstandete Teilregionen auf, die unterschiedlichen elektrischen Polaritäten des ersten

10 Bauteils zugeordnet sind. Die Kontaktschicht des zweiten Bauteils kann analog zu der Kontaktschicht des ersten Bauteils ausgeführt sein.

Unter einer lateralen Richtung wird eine Richtung verstanden,

15 die insbesondere parallel zu einer Haupterstreckungsfläche des ersten Bauteils, des zweiten Bauteils oder der ersten und/oder der zweiten Kontaktschicht verläuft.

Unter einer vertikalen Richtung wird eine Richtung verstanden, die insbesondere senkrecht zu dieser

20 Haupterstreckungsfläche ist. Die vertikale Richtung und die laterale Richtung sind etwa orthogonal zueinander.

Die Teilregionen der Kontaktschichten können durch laterale Zwischenbereiche voneinander beabstandet und durch diese

25 Zwischenbereiche voneinander elektrisch isoliert sein. Die Zwischenbereiche können als laterale Trenngräben zwischen den Teilregionen der Kontaktschichten ausgeführt sein.

Insbesondere in diesem Sinne sind die Kontaktschichten strukturiert ausgeführt. Die Teilregionen der

30 Kontaktschichten können jeweils eine freiliegende Oberfläche aufweisen, die bevorzugt planar ausgebildet ist. Bevorzugt sind alle Teilregionen planar ausgeführt beziehungsweise planarisiert. Zum Beispiel weisen die planarisierten

freiliegenden Oberflächen der Teilregionen der Kontaktschichten eine mittlere Rauigkeit von höchstens 3 nm, 2 nm oder von höchstens 1 nm oder 0,5 nm auf. Zum Beispiel ist die mittlere Rauigkeit als RMS-Wert (Root Mean Square) angegeben. Die freiliegenden Oberflächen der Teilregionen können global eine planare Verbindungsebene des ersten oder des zweiten Bauteils bilden. In diesem Fall können sich die freiliegenden Oberflächen der Teilregionen global etwa auf der gleichen vertikalen Höhe befinden. Die global planare Verbindungsebene des ersten oder zweiten Bauteils kann eine mittlere Rauigkeit von höchstens 3 nm, 2 nm oder von höchstens 1 nm oder 0,5 nm aufweisen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens sind Kontaktschichten können jeweils aus einem transparenten und elektrisch leitfähigen Material gebildet sein. Zum Beispiel ist das transparente und elektrisch leitfähige Material ein transparentes elektrisch leitfähiges Oxid (TCO). Die Kontaktschichten können jeweils aus InSnO, InZnO, AlSnO, ZnO, GaInO oder aus ähnlichen Materialien gebildet sein.

Transparente elektrisch leitfähige Oxide sind transparente, leitfähige Materialien, in der Regel Metalloxide, wie beispielsweise Zinkoxid, Zinnoxid, Cadmiumoxid, Titanoxid, Indiumoxid oder Indiumzinnoxid (ITO). Neben binären Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise ZnO, SnO₂ oder In₂O₃ gehören auch ternäre Metallsauerstoffverbindungen, wie beispielsweise Zn₂SnO₄, CdSnO₃, ZnSnO₃, MgIn₂O₄, GaInO₃, Zn₂In₂O₅ oder In₄Sn₃O₁₂ oder Mischungen unterschiedlicher transparenter leitfähiger Oxide zu der Gruppe der TCOs. Weiterhin entsprechen die TCOs nicht zwingend einer stöchiometrischen Zusammensetzung und können auch p-dotiert oder n-dotiert sein.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens werden die Bauteile derart zusammengeführt, dass sich die Kontaktschichten in Draufsicht überlappen, wodurch die Bauteile an den bereichsweise planarisierten Kontaktschichten
5 mittels eines Direktbond-Verfahrens miteinander mechanisch und elektrisch verbunden werden. Das erste Bauteil und das zweite Bauteil weisen insbesondere gleichartig präparierte freiliegende Oberflächen auf.

10 Beim Direktbond-Verfahren grenzen die Kontaktschichten insbesondere unmittelbar aneinander an. Bei einem Direktbond-Verfahren werden planarisierte Oberflächen, etwa die Oberflächen der Kontaktschichten, in physischen Kontakt gebracht. Die Grundlage der mechanischen Verbindung stellen
15 vorwiegend oder ausschließlich Wasserstoffbrücken und/oder Van-der-Waals-Wechselwirkungen in unmittelbarer Umgebung einer gemeinsamen Grenzfläche zwischen den planarisierten Oberflächen. Zur Erzeugung kovalenter Bindungen zwischen Atomen oder Molekülen auf den im physischen Kontakt stehenden
20 Oberflächen wird etwa nachträglich eine thermische Behandlung zum Erreichen einer erhöhten Bondfestigkeit angewandt. Die elektrische Verbindung zwischen den Bauteilen erfolgt insbesondere während des Direktbondens.

25 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das erste Bauteil bereitgestellt. Das erste Bauteil kann eine teilweise freiliegende erste Isolierungsschicht aufweisen. Das erste Bauteil kann eine Mehrzahl von ersten Durchkontakten aufweisen, die insbesondere von der ersten
30 Isolierungsschicht lateral umgeben sind. Entlang der vertikalen Richtung können sich die ersten Durchkontakte durch die erste Isolierungsschicht hindurch erstrecken. Das erste Bauteil weist insbesondere eine freiliegende,

bereichsweise strukturierte und bereichsweise planarisierte erste Kontaktschicht auf. In Draufsicht auf das Bauteil kann die erste Kontaktschicht die erste Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedecken.

5

Die ersten Durchkontakte können jeweils von einer der Teilregionen der ersten Kontaktschicht vollständig bedeckt sein. Es ist möglich, dass mehrere erste Durchkontakte von derselben Teilregion der ersten Kontaktschicht überdeckt sind. Die ersten Durchkontakte sind zum Beispiel jeweils mit einer der Teilregionen der ersten Kontaktschicht elektrisch leitend verbunden. In Draufsicht auf das erste Bauteil kann die erste Kontaktschicht die erste Isolierungsschicht derart teilweise bedecken, dass die erste Isolierungsschicht in den Zwischenbereichen zwischen den Teilregionen der ersten Kontaktschicht frei zugänglich ist. Mit anderen Worten kann die erste Isolierungsschicht in den Zwischenbereichen zwischen den Teilregionen der ersten Kontaktschicht freigelegt sein.

10
15
20

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird das zweite Bauteil insbesondere mit einer teilweise freiliegenden zweiten Isolierungsschicht bereitgestellt. Das zweite Bauteil kann eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten aufweisen. Das zweite Bauteil kann analog zu dem ersten Bauteil ausgeführt sein. Insbesondere weist das zweite Bauteil eine freiliegende, bereichsweise strukturierte und bereichsweise planarisierte zweite Kontaktschicht auf. Analog zu dem ersten Bauteil können die zweiten Durchkontakte jeweils von der zweiten Isolierungsschicht lateral umschlossen sein. In Draufsicht kann die zweite Kontaktschicht die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedecken. In den Zwischenbereichen zwischen den

25
30

Teilregionen der zweiten Kontaktschicht kann die zweite Isolierungsschicht frei zugänglich sein. In den übrigen Bereichen kann die Isolierungsschicht von der zweiten Kontaktschicht vollständig bedeckt sein.

5

Vor der Zusammenführung der Bauteile können das erste Bauteil und das zweite Bauteil jeweils eine freiliegende Oberfläche aufweisen. Die freiliegende Oberfläche des ersten Bauteils oder des zweiten Bauteils können aus Oberflächen,

10

insbesondere ausschließlich aus Oberflächen der ersten Kontaktschicht und der ersten Isolierungsschicht oder der zweiten Isolierungsschicht und der zweiten Kontaktschicht gebildet sein. Die freiliegende Oberfläche des ersten oder des zweiten Bauteils kann planarisierte Teilregionen und

15

Vertiefungen aufweisen, wobei die Vertiefungen insbesondere auf die Nicht-Bedeckung der Isolierungsschicht durch die Kontaktschicht zurückzuführen sind. Die Vertiefungen können jeweils eine vertikale Tiefe aufweisen, die insbesondere der vertikalen Schichtdicke der korrespondierenden Kontaktschicht

20

entspricht. Mit anderen Worten können die freiliegenden, insbesondere planarisierten Oberflächen der ersten/zweiten Kontaktschicht im Vergleich zu den freiliegenden Oberflächen der ersten/zweiten Isolierungsschicht vertikal erhöht sein, nämlich um die vertikale Schichtdicke der korrespondierenden

25

Kontaktschicht. Die insbesondere global planarisierte freiliegende Oberfläche des ersten oder des zweiten Bauteils mit lokalen Vertiefungen setzt sich bevorzugt ausschließlich aus Oberflächen der Kontaktschicht und der Isolierungsschicht zusammen.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird bei der Zusammenführung der Bauteile eine gemeinsame Grenzfläche zwischen den Bauteilen gebildet. Die gemeinsame Grenzfläche

ist insbesondere eine gemeinsame Verbindungsebene, die bevorzugt ausschließlich durch die Überlappung der planarisierten Oberflächen der ersten und der zweiten Kontaktschicht gebildet ist. An der gemeinsamen Grenzfläche zwischen den Bauteilen können Stufenübergänge zwischen der ersten Kontaktschicht und der zweiten Kontaktschicht gebildet werden. Grenzen die Vertiefungen der Oberflächen der Bauteile aneinander an, können Hohlräume zwischen den Bauteilen gebildet werden. Es ist möglich, dass eine Teilregion der ersten und/oder der zweiten Kontaktschicht von einem Hohlraum lateral umgeben ist, insbesondere lateral vollumfänglich umschlossen ist. Der Hohlraum ist insbesondere frei von einem Medium im flüssigen oder im festen Aggregatzustand. Der Hohlraum kann mit einem gasförmigen Medium gefüllt sein, etwa mit Luft oder mit einem Inertgas gefüllt sein.

In mindestens einer Ausführungsform eines Verfahrens zur Herstellung einer mechanischen und elektrischen Verbindung zwischen einem ersten Bauteil und einem zweiten Bauteil werden das erste Bauteil und das zweite Bauteil bereitgestellt. Das erste Bauteil weist eine teilweise freiliegende erste Isolierungsschicht, eine Mehrzahl von ersten Durchkontakten und eine freiliegende, bereichsweise strukturierte und bereichsweise planarisierte erste Kontaktschicht auf, wobei die ersten Durchkontakte jeweils von der ersten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind. Die erste Kontaktschicht kann die erste Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedecken. Das zweite Bauteil weist eine teilweise freiliegende zweite Isolierungsschicht, eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten und eine freiliegende, bereichsweise strukturierte und bereichsweise planarisierte zweite Kontaktschicht auf. Die zweiten Durchkontakte sind insbesondere jeweils von der

zweiten Isolierungsschicht lateral umschlossen. Die zweite Kontaktschicht kann die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedecken. Die Bauteile werden derart zusammengeführt, dass sich die

5 Kontaktschichten in Draufsicht überlappen, wodurch die Bauteile an den bereichsweise planarisierten Kontaktschichten mittels eines Direktbond-Verfahrens miteinander mechanisch und elektrisch verbunden werden.

10 Bei einem solchen Verfahren erfolgt das Direktbonden bevorzugt ausschließlich an den Oberflächen der ersten und der zweiten Kontaktschicht. Die erste Isolierungsschicht grenzt insbesondere nur mittelbar an die zweite Isolierungsschicht an. An den Überlappungsbereichen ist die

15 erste Isolierungsschicht durch die erste und zweite Kontaktschicht von der zweiten Isolierungsschicht vertikal beabstandet. In den Bereichen der Vertiefungen kann die erste Isolierungsschicht durch einen Hohlraum von der zweiten Isolierungsschicht vertikal beabstandet sein. Die ersten

20 Durchkontakte sind etwa erst über die Kontaktschichten mit den zweiten Durchkontakten mechanisch und elektrisch verbunden.

An der Verbindungsebene zwischen dem ersten und dem zweiten

25 Bauteil, i.e. an der gemeinsamen Grenzfläche, grenzt die erste Kontaktschicht unmittelbar an die zweite Kontaktschicht an. Somit ist die erste Kontaktschicht mit der zweiten Kontaktschicht elektrisch leitend verbunden. Die erste Kontaktschicht und die zweite Kontaktschicht können jeweils

30 mehrere voneinander lateral beabstandete Teilregionen aufweisen, wobei jede Teilregion der ersten Kontaktschicht unmittelbar an eine korrespondierende Teilregion der zweiten Kontaktschicht angrenzen kann und insbesondere von den

weiteren Teilregionen der zweiten Kontaktschicht lateral beabstandet und elektrisch isoliert ist. Zum Beispiel grenzen die Teilregionen der ersten Kontaktschicht jeweils unmittelbar an genau eine Teilregion der zweiten

5 Kontaktschicht an, und umgekehrt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens sind die erste Kontaktschicht und die zweite Kontaktschicht jeweils eine strukturierte, transparente und elektrisch leitfähige

10 Oxidschicht. Durch die vollständige Bedeckung der Durchkontakte durch die Kontaktschicht kann die von den in der Regel strahlungsundurchlässigen Durchkontakten bedeckte Gesamtfläche kleingehalten werden.

15 Durch den Einsatz von solchen Kontaktschichten wird zudem der Planarisierungsschritt vereinfacht, da mögliche lokale Unebenheiten einer Hybridstruktur die Bedeckung durch die Kontaktschicht ausgeglichen werden können. Die Hybridstruktur kann in diesem Fall eine Struktur aus den Durchkontakten und

20 der zugehörigen Isolierungsschicht sein. Die lokalen Unebenheiten der Hybridstruktur können vertikale Stufenübergänge zwischen der Isolierungsschicht und der Durchkontakte sein.

25 Zusätzlich kann das erste Bauteil oder das zweite Bauteil derart gestaltet werden, dass eine geringere Anforderung an die Justagegenauigkeit bei der Zusammenführung der Bauteile gestellt wird. Die von den Durchkontakten bedeckte Gesamtfläche kann gering gehalten werden, wobei durch den

30 Einsatz von strahlungsdurchlässigen Kontaktschichten, die die Durchkontakte in Draufsicht vollständig bedecken, keine großflächigen strahlungsabsorbierenden Bereiche, etwa wie bei rein metallischen Hybrid-Ansätzen, entstehen.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist die erste/zweite Isolierungsschicht freiliegende Bereiche auf, die von der ersten/zweiten Kontaktschicht unbedeckt bleiben. Entlang einer vertikalen Richtung ragt die erste
5 Kontaktschicht somit zumindest lokal über die freiliegenden Bereiche der ersten Isolierungsschicht hinaus. Ganz analog ragt die zweite Kontaktschicht entlang der vertikalen Richtung zumindest lokal über die freiliegenden Bereiche der zweiten Isolierungsschicht hinaus. Entlang der lateralen
10 Richtung grenzen die freiliegenden Bereiche der ersten/zweiten Isolierungsschicht insbesondere unmittelbar an die erste/zweite Kontaktschicht an.

In Draufsicht auf die freiliegende Oberfläche des Bauteils
15 kann ein zusammenhängender freiliegender Bereich der ersten Isolierungsschicht eine Teilregion der ersten Kontaktschicht vollständig umgeben. Die erste Isolierungsschicht kann eine Mehrzahl von solchen freiliegenden zusammenhängenden Bereichen aufweisen, die in Draufsicht jeweils eine der
20 Teilregionen der ersten Kontaktschicht vollständig umgeben. Ganz analog kann die zweite Isolierungsschicht eine Mehrzahl von solchen zusammenhängenden freiliegenden Bereichen aufweisen, die jeweils eine der Teilregionen der zweiten Kontaktschicht lateral umschließen. Die freiliegenden
25 Bereiche der Isolierungsschicht bilden insbesondere jeweils einen Zwischenbereich, der eine Teilregion der Kontaktschicht von benachbarten Teilregionen derselben Kontaktschicht elektrisch trennt.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weisen die Bauteile jeweils einen Hauptkörper auf. Zum Beispiel umfasst der Hauptkörper einen Träger, ein Aufwachssubstrat, einen Halbleiterkörper, eine Epitaxie-Waferstruktur, eine

LED-Waferstruktur und/oder einen Träger für eine LED-Waferstruktur. Das erste/zweite Bauteil kann ein Halbleiterwafer oder ein Ansteuerungswafer sein, der zum Beispiel einen Halbleiterkörper und/oder einen Träger
5 insbesondere mit elektrischen Kontaktelementen oder mit elektronischen Ansteuerungselementen, etwa mit CMOS-Elementen, umfasst.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens sind/ist
10 die erste Isolierungsschicht und/oder die zweite Isolierungsschicht zumindest bereichsweise planarisiert. Die Bauteile können jeweils einen Hauptkörper aufweisen, auf dem die entsprechende Isolierungsschicht ausgebildet ist. Bevorzugt ist die erste Isolierungsschicht oder die zweite
15 Isolierungsschicht eine strukturierte, elektrisch isolierende und insbesondere transparente Schicht.

Zum Beispiel sind die Isolierungsschichten jeweils aus einem strahlungsdurchlässigen Material wie Siliziumoxid oder
20 Aluminiumoxid gebildet. Die erste/zweite Isolierungsschicht kann Öffnungen aufweisen, die sich insbesondere durch die erste/zweite Isolierungsschicht hindurch erstrecken. In den jeweiligen Öffnungen ist zum Beispiel ein Durchkontakt angeordnet. In diesem Sinne bilden die Isolierungsschicht und
25 die zugehörigen Durchkontakte eine Hybridschicht. Die Hybridschicht kann planar ausgeführt sein.

Die erste/zweite Isolierungsschicht kann mittels Sputterns, Bedampfens oder mittels eines ALD-Verfahrens (Englisch:
30 Atomic Layer Deposition) auf den Hauptkörper des Bauteils aufgebracht werden. Ihre Rauigkeit zum Beispiel von höchstens 3 nm, 2 nm, 1 nm oder 0,5 nm kann entweder direkt nach der Abscheidung den Voraussetzungen für Direktbonden entsprechen

oder sie wird durch ein Planarisierungsverfahren, zum Beispiel mittels chemisch-mechanischem Polierens, erzielt. Zur Ausbildung der Durchkontakte werden strukturierte Bereiche, insbesondere Öffnungen der Isolierungsschicht, mit
5 einem elektrisch leitfähigen Material aufgefüllt, zum Beispiel mit Cu, Ni, Al, W, Au, Ag etc. aufgefüllt.

Das Aufbringen des elektrisch leitfähigen Materials, etwa eines Metalls, kann durch ein Abscheidungsverfahren wie
10 Sputtern, Bedampfen oder ALD durchgeführt werden. Nach dem Bilden der Durchkontakte können diese planarisiert werden, etwa mittels eines chemisch-mechanischen Polierprozesses. Alternativ ist es möglich, dass die Durchkontakte zunächst strukturiert auf den Hauptkörper des entsprechenden Bauteils
15 aufgebracht werden, woraufhin die elektrisch isolierende und strahlungsdurchlässige Isolierungsschicht auf den Hauptkörper des Bauteils abgeschieden und planarisiert wird. Die Durchkontakte und die zugehörige Isolierungsschicht können in einem gemeinsamen Verfahrensschritt planarisiert werden. Es
20 entsteht dadurch eine Hybridoberfläche aus den freiliegenden Oberflächen der Durchkontakte und der Isolierungsschicht. Zum Beispiel weist die Hybridoberfläche eine mittlere Rauigkeit von höchstens 10 nm, 3 nm, 2 nm, 1 nm oder 0,5 nm auf. In einem nachfolgenden Verfahrensschritt kann die erste/zweite
25 Kontaktschicht derart auf der Hybridoberfläche gebildet werden, dass die erste/zweite Kontaktschicht die Durchkontakte vollständig und die Isolierungsschicht teilweise bedeckt.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens können/kann die erste Isolierungsschicht und/oder die zweite Isolierungsschicht bereichsweise planarisiert sein und bereichsweise lokale Vertiefungen und/oder lokale Erhöhungen

aufweisen. Die lokalen Vertiefungen und/oder die lokalen Erhöhungen der Isolierungsschicht können in den freiliegenden Bereichen der Isolierungsschicht gebildet sein, die in Draufsicht von der Kontaktschicht nicht sind oder unbedeckt
5 bleiben.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform wird die Kontaktschicht auf die Hybridoberfläche aus den Oberflächen der Durchkontakte und der Isolierungsschicht aufgebracht. Zum
10 Beispiel wird die Kontaktschicht strukturiert abgeschieden. Alternativ ist es möglich, dass die Kontaktschicht zunächst flächig auf die Hybridoberfläche aufgebracht wird und anschließend zur Ausbildung einer Mehrzahl von Teilregionen strukturiert wird. Ähnlich zu der Isolierungsschicht kann die
15 Rauigkeit der Kontaktschicht entweder direkt nach der Abscheidung den Voraussetzungen für Direktbonden entsprechen, zum Beispiel aufgrund einer geringen Schichtdicke der Kontaktschicht. Auch ist es möglich, dass die erforderliche höchste Rauigkeit für ein Direktbond-Verfahren nachträglich
20 mittels Planarisierens, zum Beispiel mittels eines chemisch-mechanischen Polierprozesses, erzielt wird.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens beträgt die Rauigkeit der ersten Kontaktschicht, der zweiten
25 Kontaktschicht, der ersten Isolierungsschicht, der zweiten Isolierungsschicht und/oder die Hybridoberfläche aus den Oberflächen der Durchkontakte und der Isolierungsschichten höchstens 3 nm, bevorzugt höchstens 2 nm oder 1 nm, besonders bevorzugt höchstens 0,5 nm.

30 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weist der Hauptkörper des ersten Bauteils oder des zweiten Bauteils einen Träger auf. Es ist möglich, dass Transistoren oder elektrische Schaltungen in dem Träger integriert sind oder im

Träger gebildet sind. Auch ist es möglich, dass auf dem Träger elektrische Leiterbahnen angeordnet sind. Die Durchkontakte sind insbesondere mit den elektrisch leitfähigen Strukturen des Trägers elektrisch leitend verbunden. Es ist auch möglich, dass der Hauptkörper einen Halbleiterkörper aufweist. Der Halbleiterkörper kann eine erste Halbleiterschicht, eine zweite Halbleiterschicht und/oder eine dazwischen angeordnete aktive Zone aufweisen, wobei die aktive Zone im Betrieb des Bauteils insbesondere zur Erzeugung oder zur Detektion von elektromagnetischen Strahlungen eingerichtet ist. Die Durchkontakte sind insbesondere zur elektrischen Kontaktierung des Halbleiterkörpers eingerichtet.

15 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens basiert die mechanische Verbindung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen, i.e. auf atomaren Wechselwirkungen. Die erste Kontaktschicht grenzt insbesondere unmittelbar an die zweite Kontaktschicht an. Eine gemeinsame Grenzfläche, etwa eine gemeinsame Verbindungsebene, ist zwischen den bereichsweise planarisierten Kontaktschichten gebildet. Bei einem Direktbond-Verfahren ist die gemeinsame Grenzfläche oder die gemeinsame Verbindungsebene insbesondere frei von einem

20 zusätzlichen Verbindungsmaterial, etwa frei von einem Lot- oder frei von einem Haftvermittlermaterial. Die gemeinsame Grenzfläche ist insbesondere eine bei der Zusammenführung der Bauteile entstehende Überlappungsfläche zwischen den planarisierten Teilregionen der freiliegenden Oberflächen der

25 Kontaktschichten.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens weisen die erste Kontaktschicht und die zweite Kontaktschicht

jeweils eine Mehrzahl von lateral beabstandeten Teilregionen auf. Zwischen den Teilregionen derselben Kontaktschicht können Zwischenbereiche angeordnet sein, wobei die Zwischenbereiche benachbarte Teilregionen der Kontaktschicht voneinander räumlich und elektrisch trennen. In den Zwischenbereichen ist die erste Isolierungsschicht oder die zweite Isolierungsschicht freigelegt. Mit anderen Worten ist die erste Isolierungsschicht oder die zweite Isolierungsschicht in den Zwischenbereichen frei zugänglich und bleibt insbesondere von der ersten Kontaktschicht oder von der zweiten Kontaktschicht unbedeckt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Verfahrens wird ein Hohlraum oder eine Mehrzahl von Hohlräumen in der vertikalen Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil gebildet. In lateralen Richtungen kann der Hohlraum einen ersten Durchkontakt und/oder einen zweiten Durchkontakt vollumfänglich umgeben. Der Hohlraum oder die Hohlräume ist/sind insbesondere durch die Zusammenlegung der Zwischenbereiche der ersten Kontaktschicht und der zweiten Kontaktschicht gebildet. In dem Hohlraum oder in den Hohlräumen können vertikale Erhöhungen und/oder vertikale Vertiefungen der ersten Isolierungsschicht und/oder der zweiten Isolierungsschicht angeordnet sein. Die vertikalen Erhöhungen oder die vertikalen Vertiefungen können zur Verhinderung eines elektrischen Durchschlags zwischen zwei benachbarten, unterschiedlichen elektrischen Polaritäten zugeordneten Teilregionen der ersten/zweiten Kontaktschicht eingerichtet sein.

30

In mindestens einer Ausführungsform des Bauelements weist dieses ein erstes Bauteil und ein zweites Bauteil auf. Das erste Bauteil weist eine erste Isolierungsschicht, eine

Mehrzahl von ersten Durchkontakten und eine bereichsweise strukturierte Kontaktschicht auf. Die ersten Durchkontakte sind jeweils von der ersten Isolierungsschicht lateral umschlossen, wobei die erste Kontaktschicht die erste

5 Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedeckt. Das zweite Bauteil weist eine zweite Isolierungsschicht, eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten und eine bereichsweise strukturierte zweite Kontaktschicht auf. Die zweiten Durchkontakte sind jeweils von der zweiten

10 Isolierungsschicht lateral umschlossen, wobei die zweite Kontaktschicht die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedeckt. Eine mechanische und elektrische Verbindung zwischen den Bauteilen ist insbesondere an den Kontaktschichten gebildet, wobei die

15 Verbindung auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen basiert.

Die mechanische und elektrische Verbindung erfolgt somit an einer gemeinsamen Grenzfläche zwischen den strukturierten Kontaktschichten. Die Kontaktschichten sind insbesondere

20 jeweils aus einem strahlungsdurchlässigen und elektrisch leitenden Material gebildet. Solche auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen basierende Verbindung geht in der Regel aus einem Direktbond-Verfahren hervor. Da die Van-der-Waals-Wechselwirkungen ausschließlich an der gemeinsamen

25 Grenzfläche zwischen den planarisierten Teilregionen der strukturierten Kontaktschichten desselben Materials stattfinden, kann die Planarisierung der strukturierten Kontaktschichten im Vergleich zu der Planarisierung einer Hybridoberfläche vereinfacht durchgeführt werden.

30

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements sind die Hohlräume in der vertikalen Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil gebildet. In Schnittansicht

können die Hohlräume etwa entlang der vertikalen Richtung jeweils die Form einer Stufe aufweisen. Solche Stufen sind charakteristische Merkmale eines Direktbond-Verfahrens, da die Kontaktschichten oder die Teilregionen der

5 Kontaktschichten bei der Zusammenführung der Bauteile in der Regel nicht bündig zueinander abschließen. Auch können die Teilregionen der ersten Kontaktschicht und die korrespondierenden Teilregionen der zweiten Kontaktschicht unterschiedlich große Querschnitte aufweisen.

10

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements umschließen die Hohlräume jeweils eine Teilregion der ersten und/oder der zweiten Kontaktschicht in lateralen Richtungen. Mit anderen Worten kann ein Hohlraum die ihm gehörige

15 Teilregion der ersten und/oder zweiten Kontaktschicht vollständig umlaufen. Jede der Teilregionen der Kontaktschicht kann mindestens einen der Durchkontakte vollständig bedecken. Die Teilregionen, die jeweils von einem Hohlraum lateral umgeben sind, können jeweils genau einen der
20 Durchkontakte vollständig bedecken.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements ist zumindest ein Hohlraum in der vertikalen Richtung zwischen dem ersten Bauteil und dem zweiten Bauteil gebildet. Der

25 Hohlraum befindet sich in der lateralen Richtung insbesondere zwischen zwei benachbarten Teilregionen der Kontaktschichten. Insbesondere ist der Hohlraum derart breit gebildet, dass ein elektrischer Durchschlag zwischen den zwei benachbarten Teilregionen der Kontaktschicht oder der Kontaktschichten
30 verhindert wird. Der Hohlraum kann mit Luft oder mit einem Inertgas gefüllt sein. Es ist möglich, dass die zwei benachbarten Teilregionen derselben Kontaktschicht unterschiedlichen elektrischen Polaritäten des entsprechenden

Bauteils zugeordnet sind. Auch ist es möglich, dass eine Teilregion der Kontaktschicht einer ersten elektrischen Polarität des Bauteils zugeordnet ist und die benachbarte Teilregion derselben Kontaktschicht potentialfrei ist und
5 keiner der elektrischen Polaritäten des Bauteils zugeordnet ist.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weisen/weist die erste Isolierungsschicht und/oder die zweite
10 Isolierungsschicht zumindest eine lokale Vertiefung oder zumindest eine lokale Erhöhung auf. Die lokale Vertiefung oder die lokale Erhöhung kann in einem der Hohlräume zwischen den Bauteilen gebildet sein. Bei der Anwesenheit der lokalen Vertiefung oder Erhöhung der ersten und/oder der zweiten
15 Isolierungsschicht ist der Hohlraum bereichsweise verzweigt oder gestuft gebildet, wodurch ein elektrischer Durchschlag zwischen benachbarten Teilregionen der Kontaktschichten weitgehend verhindert wird.

20 Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements erstreckt sich die lokale Erhöhung der einen Isolierungsschicht in die lokale Vertiefung der anderen Isolierungsschicht hinein. Die lokale Erhöhung der einen Isolierungsschicht bildet somit eine Art Trennwand zwischen
25 den Teilregionen der Kontaktschichten. Eine elektrische Isolierung zwischen den Teilregionen der Kontaktschichten oder derselben Kontaktschicht wird dadurch verstärkt.

Gemäß zumindest einer Ausführungsform des Bauelements weist die erste Kontaktschicht oder die zweite Kontaktschicht eine
30 zusammenhängende Teilregion und mehrere weitere Teilregionen auf. Die weiteren Teilregionen können jeweils in den lateralen Richtungen von der zusammenhängenden Teilregion umschlossen sein. Die zusammenhängende Teilregion und die

weiteren Teilregionen derselben Kontaktschicht können unterschiedlichen Polaritäten des Bauteils zugeordnet sein. Es ist auch möglich, dass die zusammenhängende Teilregion potentialfrei bleibt und dass die weiteren Teilregionen unterschiedlichen elektrischen Polaritäten des zugehörigen Bauteils zugeordnet sind. Mit anderen Worten kann die zusammenhängende Teilregion elektrisch neutral ausgeführt sein. Einige der weiteren Teilregionen können einer ersten elektrischen Polarität des Bauelements zugeordnet sein, während die übrigen der weiteren Teilregionen einer von der ersten elektrischen Polarität verschiedenen zweiten elektrischen Polarität des Bauteils oder des Bauelements zugeordnet sind. Ist die zusammenhängende Teilregion einer ersten elektrischen Polarität des Bauelements zugeordnet, können die weiteren Teilregionen, insbesondere alle weiteren Teilregionen einer von der ersten elektrischen Polarität verschiedenen zweiten elektrischen Polarität des Bauteils oder des Bauelements zugeordnet sein.

Das hier beschriebene Verfahren zur Herstellung einer mechanischen und elektrischen Verbindung zwischen zwei Bauteilen ist für die Herstellung eines hier beschriebenen Bauelements aus Bauteilen besonders geeignet. Die im Zusammenhang mit dem Bauelement oder mit dem Bauteil beschriebenen Merkmale können daher auch für das Verfahren herangezogen werden und umgekehrt.

Weitere bevorzugte Ausführungsformen und Weiterbildungen des Bauteils, Bauelements sowie des Verfahrens zur Herstellung des Bauelements ergeben sich aus den im Folgenden in Verbindung mit den Figuren 1A bis 4 erläuterten Ausführungsbeispielen. Es zeigen:

Figur 1A ein erstes Bauteil oder ein zweites Bauteil in Draufsicht auf die freiliegende Oberfläche der Kontaktschicht oder der Isolierungsschicht,

- 5 Figuren 1B, 1C, 1D, 1E und 1F schematische Darstellungen einiger Ausführungsbeispiele für das erste Bauteil oder für das zweite Bauteil,

Figur 2A schematische Darstellungen des Verfahrensschritts
10 zur Zusammenführung des ersten und des zweiten Bauteils,

Figuren 2B, 2C, 2D, 3A, 3B und 3C schematische Darstellungen einiger Ausführungsbeispiele für ein Bauelement in Schnittansichten, und

15

Figur 4 ein weiteres Ausführungsbeispiel für das erste und/oder für das zweite Bauteil in Draufsicht auf die freiliegende Oberfläche der Kontaktschicht oder der Isolierungsschicht.

20

Gleiche, gleichartige oder gleich wirkende Elemente sind in den Figuren mit gleichen Bezugszeichen versehen. Die Figuren sind jeweils schematische Darstellungen und daher nicht unbedingt maßstabsgetreu. Vielmehr können vergleichsweise
25 kleine Elemente und insbesondere Schichtdicken zur Verdeutlichung übertrieben groß dargestellt werden.

30

In Figur 1A ist das erste Bauteil 1 oder das zweite Bauteil 2 in Draufsicht auf die erste Kontaktschicht 1K beziehungsweise auf die zweite Kontaktschicht 2K schematisch dargestellt. Neben der ersten Kontaktschicht 1K oder der zweiten Kontaktschicht 2K weist das erste Bauteil 1 oder das zweite Bauteil 2 eine erste Isolierungsschicht 1I und eine Mehrzahl

von Durchkontakten 1D oder eine zweite Isolierungsschicht 2I und eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten 2D auf.

Wie in der Figur 1A dargestellt, weist die Kontaktschicht 1K
5 oder 2K eine zusammenhängende Teilregion 1KN oder 2KN auf.
Zudem weist die Kontaktschicht 1K oder 2K eine Mehrzahl von weiteren Teilregionen 1KP oder 2KP auf, wobei die weiteren Teilregionen 1KP/2KP voneinander und von der zusammenhängenden Teilregion 1KN/2KN lateral beabstandet
10 sind. Die zusammenhängende Teilregion 1KN oder 2KN kann einer ersten elektrischen Polarität des Bauteils 1 oder 2 zugeordnet sein. Zum Beispiel bildet die zusammenhängende Teilregion 1KN oder 2KN eine n-Kontaktschicht des ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2. Die zusammenhängende
15 Teilregion 1KN oder 2KN kann in Draufsicht eine Mehrzahl von ersten Durchkontakten 1D oder eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten 2D vollständig bedecken. Die von der zusammenhängenden Teilregion 1KN oder 2KN bedeckten Durchkontakte 1D oder 2D können als n-seitige Durchkontakte
20 1DN oder 2DN des ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2 ausgeführt sein.

Die voneinander lateral beabstandeten weiteren Teilregionen 1KP oder 2KP können der zweiten elektrischen Polarität des
25 ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2 zugeordnet sein. Jede der weiteren Teilregionen 1KP und 2KP bedeckt zumindest einen, insbesondere genau einen ersten Durchkontakt 1DP oder 2DP vollständig. Im Vergleich zu dem Durchkontakt 1D/2D kann die Teilregion 1KP/2KP einen größeren Querschnitt
30 aufweisen, zum Beispiel einen mindestens 2-mal, 4-mal oder 6-mal größeren Querschnitt. Der Durchkontakt 1DP oder 2DP kann als p-seitiger Durchkontakt des ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2 ausgeführt sein.

Wie in der Figur 1A dargestellt, ist jede der weiteren Teilregionen 1KP/2KP der Kontaktschicht 1/2 jeweils von einem freiliegenden Bereich 1IF oder 2IF der ersten Isolierungsschicht 1I oder der zweiten Isolierungsschicht 2I vollumfänglich umgeben. Die erste Isolierungsschicht 1I oder die zweite Isolierungsschicht 2I weist eine Mehrzahl von solchen freiliegenden Bereichen 1IF oder 2IF auf. Gemäß Figur 1A dienen die freiliegenden Bereiche 1IF oder 2IF der elektrischen Trennung zwischen der zusammenhängenden Teilregion 1KN und den weiteren Teilregionen 1KP der ersten Kontaktschicht 1K beziehungsweise zwischen der zusammenhängenden Teilregion 2KN und den weiteren Teilregionen 2KP der zweiten Kontaktschicht 2K.

Das erste Bauteil 1 weist eine freiliegende Oberfläche 1F auf. Die freiliegende Oberfläche 1F ist insbesondere ausschließlich durch freiliegende Oberflächen der ersten Kontaktschicht 1KF und durch Oberflächen der freiliegenden Bereiche 1IF der ersten Isolierungsschicht 1I gebildet. Das zweite Bauteil 2 weist eine freiliegende Oberfläche 2F auf. Die freiliegende Oberfläche 2F ist insbesondere ausschließlich durch freiliegende Oberflächen der Teilregionen 2KN und 2KP der zweiten Kontaktschicht 2K und durch Oberflächen der freiliegenden Bereiche 2IF der zweiten Isolierungsschicht 2I gebildet.

Gemäß Figur 1A ist die freiliegende Oberfläche 1F des ersten Bauteils 1 oder die freiliegende Oberfläche 2F des zweiten Bauteils 2 dahingehend bereichsweise strukturiert ausgeführt, dass sich die Zwischenbereiche 1ZB oder 2ZB zwischen den Teilregionen 1KN und 1KP oder zwischen den Teilregionen 2KN und 2KP der Kontaktschicht 1K oder 2K befinden. Die Zwischenbereiche 1ZB/2ZB bilden insbesondere lokale

Vertiefungen auf der freiliegenden Oberfläche 1F/2F.

Innerhalb und/oder außerhalb der Vertiefungen kann die freiliegende Oberfläche 1F/2F lokal planar ausgebildet sein.

5 Bis auf die Zwischenbereiche 1ZB oder 2ZB können die erste Isolierungsschicht 1I und die zweite Isolierungsschicht 2I von der ersten Kontaktschicht 1K beziehungsweise von der zweiten Kontaktschicht 2K vollständig bedeckt sein.

10 In Figur 1B ist das erste Bauteil 1 oder das zweite Bauteil 2 entlang der Schnittebene AA' schematisch in Schnittansicht dargestellt. Das erste Bauteil 1 und das zweite Bauteil 2 können jeweils einen Hauptkörper 1H oder 2H aufweisen. Der Hauptkörper 1H/2H kann einen Träger und/oder einen Halbleiterkörper aufweisen. Wie in der Figur 1B dargestellt,
15 sind die Durchkontakte 1D oder 2D in lateralen Richtungen von der ersten Isolierungsschicht 1I oder von der zweiten Isolierungsschicht 2I vollumfänglich umschlossen. In der vertikalen Richtung können sich die Durchkontakte 1D/2D durch die Isolierungsschicht 1I/2I hindurch erstrecken. In
20 Draufsicht ist jeder der Durchkontakte 1D/2D von einer Teilregion 1KP, 2KP, 1KN oder 2KN der Kontaktschicht 1K/2K vollständig bedeckt. In den Zwischenbereichen 1ZB/2ZB ist die Isolierungsschicht 1I/2I von der Kontaktschicht 1K/2K unbedeckt. Die freiliegende Oberfläche 1F oder 2F weist somit
25 in den Zwischenbereichen 1ZB oder 2ZB entsprechende Vertiefungen auf. Außerhalb der Vertiefungen ist die freiliegende Oberfläche 1F/2F insbesondere ausschließlich durch Oberflächen der Kontaktschicht 1K/2K gebildet und bevorzugt global planar ausgeführt.

30

Das in der Figur 1C dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1B dargestellten Ausführungsbeispiel für das erste Bauteil 1 oder für das

zweite Bauteil 2. Im Unterschied hierzu wird in der Figur 1C dargestellt, dass der Hauptkörper 1H oder 2H einen Träger 4 und einen Halbleiterkörper 5 aufweisen kann. Der Halbleiterkörper 5 kann eine erste Halbleiterschicht 51 und
5 eine zweite Halbleiterschicht 52 aufweisen. Zwischen der ersten Halbleiterschicht 51 und der zweiten Halbleiterschicht 52 ist eine aktive Zone 53 angeordnet, wobei die aktive Zone 53 im Betrieb des Bauteils 1 oder 2 insbesondere zur Erzeugung oder zur Detektion elektromagnetischer Strahlung
10 eingerichtet ist.

Die Durchkontakte 1D oder 2D sind insbesondere zur elektrischen Kontaktierung des Hauptkörpers 1H oder 2H vorgesehen. Zum Beispiel sind die Durchkontakte 1DP oder 2DP
15 zur elektrischen Kontaktierung der zweiten Halbleiterschicht 52 eingerichtet. Die Durchkontakte 1DN oder 2DN können zur elektrischen Kontaktierung der ersten Halbleiterschicht 51 eingerichtet sein. Die Durchkontakte 1DP oder 2DP können als p-seitige Durchkontakte des ersten Bauteils 1 oder des
20 zweiten Bauteils 2 ausgeführt sein. Die Durchkontakte 1DN oder 2DN können als n-seitige Durchkontakte des ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2 eingerichtet sein. Einige mögliche Durchkontakte 1DN oder 2DN sind zum Beispiel in den Figuren 1D, 1E und 1F schematisch dargestellt. Die
25 Durchkontakte 1DN/2DN können einstückig oder mehrstückig ausgeführt sein.

Gemäß Figur 1D kann sich der Durchkontakt 1DN oder 2DN durch den Halbleiterkörper 5 hindurch bis zu einer Anschlussschicht 8 erstrecken. Die Anschlussschicht 8 kann als
30 Stromaufweitungsschicht des Bauteils 1 oder 2 ausgebildet sein, wobei die Anschlussschicht 8 insbesondere mit der ersten Halbleiterschicht 51 des Halbleiterkörpers 5 elektrisch leitend verbunden ist. Zur elektrischen Isolierung

der Durchkontakte 1DN oder 2DN von der zweiten Halbleiterschicht 52 oder von der aktiven Zone 53 kann eine Passivierungsschicht 7 teilweise innerhalb des Halbleiterkörpers 5 derart ausgebildet sein, dass die

5 Passivierungsschicht 7 den Durchkontakt 1DN oder 2DN vollständig umschließt.

Im Gegensatz zu der Figur 1D kann der Durchkontakt 1DN oder 2DN etwa gemäß Figur 1E derart gestaltet sein, dass sich

10 dieser lediglich durch die zweite Halbleiterschicht 52 und die aktive Zone 53 in die erste Halbleiterschicht 51 hinein erstreckt. Gemäß Figur 1F kann das Bauteil 1 oder 2 eine Mehrzahl von solchen Durchkontakten 1DN oder 2DN aufweisen.

15 In den Figuren 1D, 1E und 1F kann die erste Kontaktschicht 1K eine oder mehrere Teilregionen 1KN erster elektrischer Polarität, eine oder eine Mehrzahl von Teilregionen 1KP zweiter elektrischer Polarität und eine oder mehrere weitere Teilregionen 1KR aufweisen. Die weitere Teilregion 1KR oder

20 die Mehrzahl der weiteren Teilregionen 1KR kann der ersten elektrischen Polarität oder der zweiten elektrischen Polarität des Bauteils 1 zugeordnet sein. Alternativ ist es möglich, dass die weitere Teilregion 1KR der ersten Kontaktschicht 1K elektrisch neutral ausgeführt ist.

25

Ganz analog zu dem ersten Bauteil 1 kann das zweite Bauteil 2 eine strukturierte zweite Kontaktschicht 2K aufweisen, wobei die zweite Kontaktschicht 2K in Teilregionen 2KN erster elektrischer Polarität, in Teilregionen 2KP zweiter elektrischer Polarität und in weitere Teilregionen 2KR unterteilt sein kann. Ganz analog zu den weiteren Teilregionen 2KR der ersten Kontaktschicht 1K können die weiteren Teilregionen 2KR der zweiten Kontaktschicht 2K der

30

ersten Polarität oder der zweiten Polarität des zweiten Bauteils 2 zugeordnet sein oder elektrisch neutral ausgeführt sein.

5 Gemäß Figur 2A werden das erste Bauteil 1 und das zweite Bauteil 2 zur Bildung des Bauelements 10 zusammengeführt. Die mechanische und elektrische Verbindung zwischen den Bauteilen 1 und 2 erfolgt insbesondere ohne Verwendung einer zusätzlichen Verbindungsschicht. Die Verbindung zwischen den
10 Bauteilen 1 und 2 beruht insbesondere ausschließlich auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen zwischen der ersten Kontaktschicht 1K und der zweiten Kontaktschicht 2K. Die Bauteile 1 und 2 werden dabei insbesondere derart zusammengeführt, dass sich die freiliegenden bereichsweise planaren Oberflächen 1F und
15 2F berühren.

Vor dem Bondprozess können die kristallinen Eigenschaften der Kontaktschichten 1K und 2K, die insbesondere aus einem transparenten elektrisch leitfähigen Material gebildet sind,
20 durch eine Temperaturbehandlung zum Beispiel bei einer Temperatur zwischen einschließlich 100 °C und 900 °C in einer O₂- und/oder N₂-Atmosphäre und/oder durch eine Plasmabehandlung optimiert werden. Die Plasmabehandlung umfasst zum Beispiel RIE (Reactive-Ion Etching) oder ICP
25 (Inductively Coupled Plasma) mit N₂-, O₂- oder Ar-Plasma. Alternativ oder zusätzlich können die Oberflächeneigenschaften der Kontaktschichten 1K und 2K mittels eines Reinigungsschrittes optimal vorbereitet werden. Das Bonden erfolgt über Direktbonden bevorzugt mit
30 gleichartigen präparierten Bauteilen 1 und 2. Die Bauteile 1 und 2 können jeweils einen Hauptkörper 1H beziehungsweise 2H aufweisen, wobei der Hauptkörper 1H oder 2H einen Träger 4, 41, 42 und/oder einen Halbleiterkörper 5 oder 6 aufweisen.

Optional kann die Bondverbindung durch eine anschließende Temperaturbehandlung gestärkt werden.

Gemäß Figur 2A ist die freiliegende Oberfläche 1F des ersten Bauteils 1 ausschließlich durch Oberflächen der ersten Kontaktschicht 1K und der ersten Isolierungsschicht 1I gebildet. Die freiliegende Oberfläche 2F des zweiten Bauteils kann ausschließlich durch die Oberflächen der zweiten Kontaktschicht 2K und der zweiten Isolierungsschicht 2I gebildet sein. Da die Isolierungsschichten 1I und 2I lediglich in den Zwischenbereichen 1ZB und 2ZB freigelegt sind und die Zwischenbereiche 1ZB und 2ZB nicht durch die Kontaktschicht 1K oder 2K bedeckt sind, bleibt die erste Isolierungsschicht 1I nach dem Bonden weiterhin von der Oberfläche 2F des zweiten Bauteils 2 vertikal beabstandet. Analog bleibt die zweite Isolierungsschicht 2I nach dem Bonden weiterhin von der freiliegenden Oberfläche 1F des ersten Bauteils 1 beabstandet.

Gemäß Figur 2B weist das Bauelement 10 eine gemeinsame Grenzfläche 12 beziehungsweise eine gemeinsame Verbindungsebene 12 zwischen dem ersten Bauteil 1 und dem zweiten Bauteil 2 auf. Die gemeinsame Grenzfläche 12 ist insbesondere ausschließlich durch die planarisierten Oberflächen der ersten Kontaktschicht 1K und die planarisierten Oberflächen der zweiten Kontaktschicht 2K gebildet. Über die erste Kontaktschicht 1K und die zweite Kontaktschicht 2K sind die ersten Durchkontakte 1D mit den zweiten Durchkontakten 2D elektrisch leitend verbunden. Da sowohl die erste Kontaktschicht 1K als auch die zweite Kontaktschicht 2K strukturiert ausgeführt sind und Hohlräume 12H zwischen dem ersten Bauteil 1 und dem zweiten Bauteil 2 gebildet sind, ist ein erster Durchkontakt 1D lediglich mit

dem korrespondierenden zweiten Durchkontakt 2D elektrisch leitend verbunden. Der erste Durchkontakt 1D kann von den weiteren zweiten Durchkontakten 2D elektrisch isoliert sein.

- 5 Wie in der Figur 2B dargestellt werden in den Bereichen der Hohlräume 12H Stufen 12S beziehungsweise Stufenübergänge 12S an der gemeinsamen Grenzfläche 12 gebildet. Solche Stufen 12S oder Stufenübergänge 12S an der gemeinsamen Grenzfläche 12 sind charakteristisch für ein Direktbond-Verfahren. Die
- 10 gemeinsame Grenzfläche 12 beziehungsweise die Verbindungsebene 12 ist bei einem Direktbond-Verfahren frei von einem Verbindungsmaterial, etwa von einem Lotmaterial oder von einem Haftvermittlermaterial.
- 15 In der Figur 2B ist angedeutet, dass der erste Hauptkörper 1H oder der zweite Hauptkörper 2H einen Träger 41 oder 42 und/oder einen Halbleiterkörper 5 oder 6 aufweisen kann. Ist das Bauteil 1/2 ein Halbleiterwafer, kann das Bauelement 10 in kleinere Bauelemente, etwa in einzelne Halbleiterchips,
- 20 vereinzelt werden. Abweichend von der Figur 2B ist es möglich, dass mehrere erste Bauteile 1 auf einem einzigen zweiten Bauteil 2 befestigt werden, oder umgekehrt.

- Das in der Figur 2C dargestellte Ausführungsbeispiel
- 25 entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2B dargestellten Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10. Im Unterschied hierzu weist der Hauptkörper 1H des ersten Bauteils 1 lediglich einen Träger 4 oder 41 auf. Das zweite Bauteil 2 in der Figur 2C entspricht dem in der Figur 1E dargestellten
- 30 Bauteil 2. Das Bauteil 2 weist in diesem Fall einen Träger 4 oder 42 auf, wobei auf dem Träger ein Halbleiterkörper 5 angeordnet ist. Der Träger 42 kann ein Aufwachssubstrat sein. In dem ersten Träger 41 können Transistoren angeordnet oder

gebildet sein, die etwa zur Ansteuerung des Halbleiterkörpers 5 eingerichtet sind. Der Halbleiterkörper 5 kann strukturiert ausgeführt sein und mehrere einzeln kontaktierbare und somit einzeln ansteuerbare Teilkörper aufweisen.

5

Das in der Figur 2D dargestellte Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10 entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2B dargestellten Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10. Im Unterschied hierzu ist in der Figur 2D explizit dargestellt,
10 dass die Bauteile 1 und 2 jeweils einen Träger 41 oder 42 und einen Halbleiterkörper 5 oder 6 aufweisen.

Der Halbleiterkörper 6 ist insbesondere über die ersten Durchkontakte 1D, die Kontaktschichten 1K und 2K sowie über
15 die zweiten Durchkontakte 2D mit dem Halbleiterkörper 5 elektrisch leitend verbunden. Die Halbleiterkörper 5 und 6 können in Reihe, parallel oder antiparallel zueinander verschaltet sein. Der Halbleiterkörper 6 kann eine erste Halbleiterschicht 61, eine zweite Halbleiterschicht 62 und
20 eine dazwischenliegende aktive Zone 63 aufweisen. Es ist möglich, dass die aktive Zone 53 und die aktive Zone 63 jeweils zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlung eingerichtet sind. Zum Beispiel sind die aktiven Schichten 53 und 63 zur Erzeugung elektromagnetischer Strahlungen
25 unterschiedlicher Wellenlängen vorgesehen. Es ist auch denkbar, dass die Halbleiterkörper 5 und 6 zueinander antiparallel geschaltet sind, sodass der Halbleiterkörper 5 insbesondere als Schutzdiode für den Halbleiterkörper 6 dient, oder umgekehrt.

30

Das in der Figur 3A dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 2B dargestellten Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10. Im Unterschied

hierzu weisen die erste Isolierungsschicht 1I und die zweite Isolierungsschicht 2I lokale vertikale Erhöhungen 3H und/oder vertikale Vertiefungen 2T auf. Die lokalen Vertiefungen 3T und/oder die lokalen Erhöhungen 3H sind insbesondere in einem Hohlraum 12H angeordnet, wobei der Hohlraum 12H in der lateralen Richtung zwischen den Teilregionen 1KP und 1KN der ersten Kontaktschicht 1K oder zwischen den Teilregionen 2KP und 2KN der zweiten Kontaktschicht 2K angeordnet ist. Die Teilregionen 1KP und 1KN oder 2KP und 2KN können unterschiedlichen elektrischen Polaritäten des Bauelements 10 zugeordnet sein. Durch die vertikalen Erhöhungen 3H und/oder Vertiefungen 3T in dem Hohlraum 12H wird ein elektrischer Durchschlag effektiv verhindert.

Gemäß der Figur 3A kann die elektrische Durchschlagfestigkeit durch Einhaltung eines lateralen Minimalabstands zwischen Durchkontakten 1D oder 2D oder zwischen den Teilregionen 1KP und 1KN der ersten Kontaktschicht 1 oder zwischen den Teilregionen 2KP und 2KN der zweiten Kontaktschicht 2 gewährleistet. Die elektrische Durchschlagfestigkeit kann durch die Anwesenheit des Hohlraums 12H, der insbesondere mit Luft oder einem Inertgas gefüllt ist, verbessert werden. Wird das Bauelement in einer Vakuum-Umgebung durchgeführt, kann der Hohlraum ein vakuumartiger Raum sein, der besonders durchschlagfest ist. Des Weiteren kann die Durchschlagfestigkeit des Bauelements 10 durch die Anwesenheit der lokalen Vertiefungen 3T und/oder die lokalen Erhöhungen 3H zusätzlich erhöht werden.

Das in der Figur 3B dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen in dem in der Figur 3A dargestellten Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10. Im Unterschied hierzu weist die erste Isolierungsschicht 1I

lediglich eine oder mehrere Erhöhungen 3H auf. Die zweite Isolierungsschicht 2I weist zumindest eine oder mehrere Vertiefungen 3T auf. Insbesondere erstreckt sich die vertikale Erhöhung 3H in die Vertiefung 3T hinein.

5

Das in der Figur 3C dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 3A dargestellten Ausführungsbeispiel für ein Bauelement 10. Im Unterschied hierzu können die erste Isolierungsschicht 1I und die zweite Isolierungsschicht 2I ausschließlich lokale Vertiefungen 3T aufweisen.

In allen Ausführungsbeispielen kann der Zwischenbereiche 1ZB oder 2ZB eine laterale Breite zwischen einschließlich 1 μm und 10 μm aufweisen, zum Beispiel zwischen einschließlich 1 μm und 4 μm oder zwischen einschließlich 4 μm und 10 μm . Insbesondere beträgt ein lateraler Abstand zwischen den Teilregionen der Kontaktschichten 1K oder 2K mindestens 1 μm , bevorzugt mindestens 4 μm oder mindestens 7 μm . Der Hohlraum 12H zwischen den Teilregionen der ersten Kontaktschicht 1K oder der zweiten Kontaktschicht 2K kann eine laterale Breite zwischen einschließlich 1 μm und 20 μm aufweisen, etwa zwischen einschließlich 2 μm und 8 μm oder zwischen einschließlich 8 μm und 20 μm . Die erste Kontaktschicht 1K und/oder die zweite Kontaktschicht 2K können/kann eine vertikale Schichtdicke zwischen einschließlich 2 nm und 20 nm, etwa zwischen einschließlich 2 nm und 10 nm oder zwischen einschließlich 10 nm und 20 nm aufweisen. Die lokale Vertiefung 3T und/oder die lokale Erhöhung 3H kann eine vertikale Ausdehnung zwischen einschließlich 2 nm und 30 nm, etwa zwischen einschließlich 2 nm und 20 nm oder zwischen einschließlich 2 nm und 10 nm aufweisen.

Das in der Figur 4 dargestellte Ausführungsbeispiel entspricht im Wesentlichen dem in der Figur 1A dargestellten Ausführungsbeispiel für ein erstes Bauteil 1 oder für ein zweites Bauteil 2. Im Unterschied hierzu weist die

5 Kontaktschicht 1K/2K eine zusammenhängende Teilregion 1KR/2KR auf, die insbesondere keine der Durchkontakte 1D/2D bedeckt. Die zusammenhängende Teilregion 1KR oder 2KR können elektrisch neutral ausgeführt sein. Mit anderen Worten ist die zusammenhängende Teilregion 1KR oder 2KR insbesondere
10 nicht zur elektrischen Kontaktierung des ersten Bauteils 1 oder des zweiten Bauteils 2 oder des Bauelements 10 eingerichtet.

Die erste Kontaktschicht 1K kann eine Mehrzahl von weiteren
15 Teilregionen 1KP und 1KN aufweisen. Die weiteren Teilregionen 1KP und 1KN sind jeweils in der lateralen Richtung von einem Zwischenbereich 1ZB vollständig umschlossen. In dem Zwischenbereich 1ZB ist die erste Isolierungsschicht 1I frei zugänglich. Mit anderen Worten ist die erste
20 Isolierungsschicht 1I in dem Zwischenbereich 1ZB von der ersten Kontaktschicht 1K nicht bedeckt. Die weiteren Teilregionen 1KP und 1 KN sind insbesondere unterschiedlichen elektrischen Polaritäten des Bauteils 1 beziehungsweise des Bauelements 10 zugeordnet. In Draufsicht kann die erste
25 Teilregion 1KP einen Durchkontakt 1D vollständig bedecken, wobei der erste Durchkontakt 1D zum Beispiel als p-seitiger Durchkontakt 1DP ausgeführt sein kann. Die weitere Teilregion 1KN kann in Draufsicht einen weiteren Durchkontakt 1D vollständig bedecken, der insbesondere als n-seitiger
30 Durchkontakt 1DN ausgeführt ist.

Gemäß Figur 4 kann das zweite Bauteil 2 mit der zweiten Kontaktschicht 2K sinngemäß analog zu dem in der Figur 4

dargestellten Bauteil 1 mit der ersten Kontaktschicht 1K ausgeführt sein. Da die zusammenhängende Teilregion 1KR oder 2KR die Teilregionen 1KN und 1KP oder 2KN und 2KP lateral umschließt und elektrisch neutral ausgeführt werden kann, 5 kann die elektrische Durchschlagfestigkeit des Bauelements 10 signifikant erhöht werden.

Diese Patentanmeldung beansprucht die Priorität der deutschen Patentanmeldung 10 2018 112 586.0 beansprucht, deren 10 Offenbarungsgehalt hiermit durch Rückbezug aufgenommen wird.

Die Erfindung ist nicht durch die Beschreibung der Erfindung anhand der Ausführungsbeispiele auf diese beschränkt. Die Erfindung umfasst vielmehr jedes neue Merkmal sowie jede 15 Kombination von Merkmalen, was insbesondere jede Kombination von Merkmalen in den Ansprüchen beinhaltet, auch wenn dieses Merkmal oder diese Kombination selbst nicht explizit in den Ansprüchen oder Ausführungsbeispielen angegeben ist.

Bezugszeichenliste

	10	Bauelement
5	1	erstes Bauteil
	1D	erster Durchkontakt
	1DN	erster Durchkontakt erster Polarität
	1DP	erster Durchkontakt zweiter Polarität
	1F	Oberfläche des ersten Bauteils
10	1H	Hauptkörper des ersten Bauteils
	1I	erste Isolierungsschicht
	1IF	freiliegender Bereich der ersten Isolierungsschicht
	1K	erste Kontaktschicht
	1KF	Oberfläche der ersten Kontaktschicht
15	1KN	Teilregion erster Polarität der ersten Kontaktschicht
	1KP	Teilregion zweiter Polarität der ersten Kontaktschicht
	1KR	weitere Teilregion der ersten Kontaktschicht
	1ZB	Zwischenbereich
20	12	Verbindungsebene/ gemeinsame Grenzfläche
	12H	Hohlraum
	12S	Stufe/ Stufenübergang
	2	zweites Bauteil
25	2D	zweiter Durchkontakt
	2DN	zweiter Durchkontakt erster Polarität
	2DP	zweiter Durchkontakt zweiter Polarität
	2F	Oberfläche des zweiten Bauteils
	2H	Hauptkörper des zweiten Bauteils
30	2I	zweite Isolierungsschicht
	2IF	freiliegender Bereich der zweiten Isolierungsschicht
	2K	zweite Kontaktschicht
	2KF	Oberfläche der zweiten Kontaktschicht

2KN Teilregion erster Polarität der zweiten Kontaktschicht
2KP Teilregion zweiter Polarität der zweiten Kontaktschicht
2KR weitere Teilregion der zweiten Kontaktschicht
2ZB Zwischenbereich

5

3H lokale Erhöhung der ersten/zweiten Isolierungsschicht
3T lokale Vertiefung der ersten/zweiten Isolierungsschicht

4 Träger

10 41 Träger des ersten Bauteils

42 Träger des zweiten Bauteils

5 Halbleiterkörper des ersten Bauteils

51 erste Halbleiterschicht

15 52 zweite Halbleiterschicht

53 aktive Zone

6 Halbleiterkörper des zweiten Bauteils

61 erste Halbleiterschicht

20 62 zweite Halbleiterschicht

63 aktive Zone

7 Passivierungsschicht

8 Anschlussschicht

25

Patentansprüche

1. Verfahren zur Herstellung einer mechanischen und elektrischen Verbindung zwischen einem ersten Bauteil (1) und
5 einem zweiten Bauteil (2) mit folgenden Schritten:

- Bereitstellen des ersten Bauteils mit einer teilweise freiliegenden ersten Isolierungsschicht (1I), einer Mehrzahl von ersten Durchkontakten (1D) und einer
10 freiliegenden, bereichsweise strukturierten und bereichsweise planarisierten ersten Kontaktschicht (1K), wobei die ersten Durchkontakte jeweils von der ersten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und die erste Kontaktschicht die erste Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedeckt;

15 - Bereitstellen des zweiten Bauteils mit einer teilweise freiliegenden zweiten Isolierungsschicht (2I), einer Mehrzahl von zweiten Durchkontakten (2D) und einer freiliegenden, bereichsweise strukturierten und bereichsweise planarisierten zweiten Kontaktschicht (2K),
20 wobei die zweiten Durchkontakte jeweils von der zweiten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und die zweite Kontaktschicht die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedeckt; und

- Zusammenführen der Bauteile derart, dass sich die
25 Kontaktschichten in Draufsicht überlappen, wodurch die Bauteile an den bereichsweise planarisierten Kontaktschichten (1K, 2K) mittels eines Direktbond-Verfahrens miteinander mechanisch und elektrisch verbunden werden.

30

2. Verfahren nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem

- 37 -

- die erste Kontaktschicht (1K) zumindest lokal über freiliegende Bereiche (1IF) der ersten Isolierungsschicht (1I) vertikal überragt, wobei die freiliegenden Bereiche lateral unmittelbar an die erste Kontaktschicht (1K) angrenzen, und/oder
- die zweite Kontaktschicht (2K) zumindest lokal über freiliegende Bereiche (2IF) der zweiten Isolierungsschicht (2I) vertikal überragt, wobei die freiliegenden Bereiche lateral unmittelbar an die zweite Kontaktschicht (1K) angrenzen.

3. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem

- eine freiliegende Oberfläche (1F) des ersten Bauteils (1) ausschließlich aus Oberflächen der ersten Kontaktschicht (1K) und der ersten Isolierungsschicht (1I) gebildet ist,
- eine freiliegende Oberfläche (2F) des zweiten Bauteils (2) ausschließlich aus Oberflächen der zweiten Kontaktschicht (2K) und der zweiten Isolierungsschicht (2I) gebildet ist, und
- bei der Zusammenführung der Bauteile eine gemeinsame Grenzfläche (12) zwischen den Bauteilen gebildet wird, wobei die gemeinsame Grenzfläche eine gemeinsame Verbindungsebene ist, die ausschließlich durch die Überlappung der planarisierten Oberflächen der ersten und der zweiten Kontaktschicht gebildet ist.

4. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem die Bauteile (1, 2) jeweils einen Hauptkörper (1H, 2H) aufweist, wobei der Hauptkörper einen Träger (4, 41, 42) und/oder einen Halbleiterkörper (5, 6) umfasst.

5. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die erste Isolierungsschicht (1I) und/oder die zweite
Isolierungsschicht (2I) zumindest bereichsweise planarisiert
sind/ist.

5

6. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die erste Isolierungsschicht (1I) und/oder die zweite
Isolierungsschicht (2I) bereichsweise planarisiert sind/ist
und bereichsweise lokale Vertiefungen (3T) oder lokale
10 Erhöhungen (3H) aufweisen/aufweist.

7. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die erste Kontaktschicht (1K) und die zweite
Kontaktschicht (2K) jeweils eine sich lateral erstreckende
15 planarisierte Oberfläche (1KF, 2KF) mit einer mittleren
Rauigkeit von höchstens 3 nm aufweisen.

8. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die Durchkontakte (1D, 2D) aus einem Metall gebildet
20 sind und die Kontaktschichten (1K, 2K) aus einem
transparenten elektrisch leitfähigen Material gebildet sind.

9. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,
bei dem die mechanische Verbindung zwischen dem ersten
25 Bauteil (1) und dem zweiten Bauteil (2) auf Van-der-Waals-
Wechselwirkungen basiert, wobei die erste Kontaktschicht (1K)
unmittelbar an die zweite Kontaktschicht (2K) angrenzt und
eine gemeinsame Grenzfläche (12) zwischen den bereichsweise
planarisierten Kontaktschichten (1K, 2K) gebildet ist, die
30 frei von einem Verbindungsmaterial ist.

10. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche,

bei dem die erste Kontaktschicht (1K) und die zweite Kontaktschicht (2K) eine Mehrzahl von lateral beabstandeten Teilregionen (1KN, 1KP, 1KR, 2KN, 2KP, 2KR) aufweisen, wobei Zwischenbereiche (1ZB, 2ZB) in lateralen Richtungen zwischen den Teilregionen angeordnet sind und die erste Isolierungsschicht (1I) oder die zweite Isolierungsschicht (2I) in den Zwischenbereichen freigelegt ist.

11. Verfahren nach einem der vorhergehenden Ansprüche, bei dem Hohlräume (12H) in vertikaler Richtung zwischen dem ersten Bauteil (1) und dem zweiten Bauteil (2) gebildet sind.

12. Bauelement (10) mit einem ersten Bauteil (1) und einem zweiten Bauteil (2), bei dem

- 15 - das erste Bauteil eine erste Isolierungsschicht (1I), eine Mehrzahl von ersten Durchkontakten (1D) und eine bereichsweise strukturierte Kontaktschicht (1K) aufweist, wobei die ersten Durchkontakte jeweils von der ersten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und die erste Kontaktschicht die erste Isolierungsschicht teilweise und die ersten Durchkontakte vollständig bedeckt,
- 20 - das zweite Bauteil eine zweite Isolierungsschicht (2I), eine Mehrzahl von zweiten Durchkontakten (2D) und eine bereichsweise strukturierte zweite Kontaktschicht (2K) aufweist, wobei die zweiten Durchkontakte jeweils von der zweiten Isolierungsschicht lateral umschlossen sind und die zweite Kontaktschicht die zweite Isolierungsschicht teilweise und die zweiten Durchkontakte vollständig bedeckt, und
- 25 - eine mechanische und elektrische Verbindung zwischen den Bauteilen an den Kontaktschichten (1K, 2K) gebildet ist, wobei die Verbindung auf Van-der-Waals-Wechselwirkungen basiert.

13. Bauelement (10) nach dem vorhergehenden Anspruch,
bei dem Hohlräume (12H) in vertikaler Richtung zwischen dem
ersten Bauteil (1) und dem zweiten Bauteil (2) gebildet sind,
wobei

- 5 - die Hohlräume jeweils in Schnittansicht die Form einer
 Stufe (12S) aufweisen, und/oder
- die Hohlräume jeweils eine Teilregion (1KN, 1KP, 2KN,
 2KP) der Kontaktschichten (1K, 2K) lateral umschließen
 und die Teilregion zumindest einen der Durchkontakte
10 (1D, 2D) vollständig bedeckt.

14. Bauelement (10) nach Anspruch 12,
bei dem eine gemeinsame Grenzfläche (12) zwischen den
Bauteilen (1, 2) gebildet ist, wobei die gemeinsame
15 Grenzfläche eine gemeinsame Verbindungsebene ist, die
ausschließlich durch Überlappung der planarisierten
Oberflächen der ersten Kontaktschicht (1K) und der zweiten
Kontaktschicht (2K) gebildet ist.

20 15. Bauelement (10) nach Anspruch 12,
bei dem

- zumindest ein Hohlraum (12H) in vertikaler Richtung
zwischen dem ersten Bauteil (1) und dem zweiten Bauteil
(2) gebildet ist,
- 25 - sich der Hohlraum in lateraler Richtung zwischen zwei
benachbarten Teilregionen (1KN, 1KP, 1KR, 2KN, 2KP, 2KR)
der Kontaktschichten (1K, 2K) befindet, und
- der Hohlraum derart breit gebildet ist, dass ein
elektrischer Durchschlag zwischen den zwei benachbarten
30 Teilregionen verhindert wird.

16. Bauelement (10) nach dem vorhergehenden Anspruch 12,

bei dem die erste Isolierungsschicht (1I) und/oder die zweite Isolierungsschicht (2I) zumindest eine lokale Vertiefung (3T) oder zumindest eine lokale Erhöhung (3H) aufweisen/aufweist, wobei die lokale Vertiefung oder Erhöhung in einem Hohlraum
5 (12H) zwischen den Bauteilen (1, 2) gebildet ist.

17. Bauelement (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem sich die lokale Erhöhung der einen Isolierungsschicht (1I, 2I) in die lokale Vertiefung der anderen
10 Isolierungsschicht (1I, 2I) hinein erstreckt.

18. Bauelement (10) nach einem der Ansprüche 12 bis 17, bei dem die erste Kontaktschicht (1K) oder die zweite Kontaktschicht (2K) eine zusammenhängende Teilregion (1KP, 1KR, 2KP, 2KR) und mehrere weitere Teilregionen (1KN, 1KP, 2KN, 2KP) aufweist, wobei die weiteren Teilregionen jeweils in lateralen Richtungen von der zusammenhängenden Teilregion umschlossen sind.
15

20 19. Bauelement (10) nach dem vorhergehenden Anspruch, bei dem die zusammenhängende Teilregion (1KP, 2KP) einer ersten elektrischen Polarität des Bauelements zugeordnet ist und die weiteren Teilregionen (1KN, 2KN) einer von der ersten elektrischen Polarität verschiedenen zweiten elektrischen
25 Polarität des Bauelements zugeordnet sind.

20. Bauelement (10) nach Anspruch 18, bei dem
- die zusammenhängende Teilregion (1KR, 2KR) elektrisch
30 neutral ausgeführt ist,
- einige der weiteren Teilregionen (1KP, 2KP) einer ersten elektrischen Polarität des Bauelements zugeordnet sind, und

- einige der weiteren Teilregionen (1KN, 2KN) einer von der ersten elektrischen Polarität verschiedenen zweiten elektrischen Polarität des Bauelements zugeordnet sind.

FIG 1A

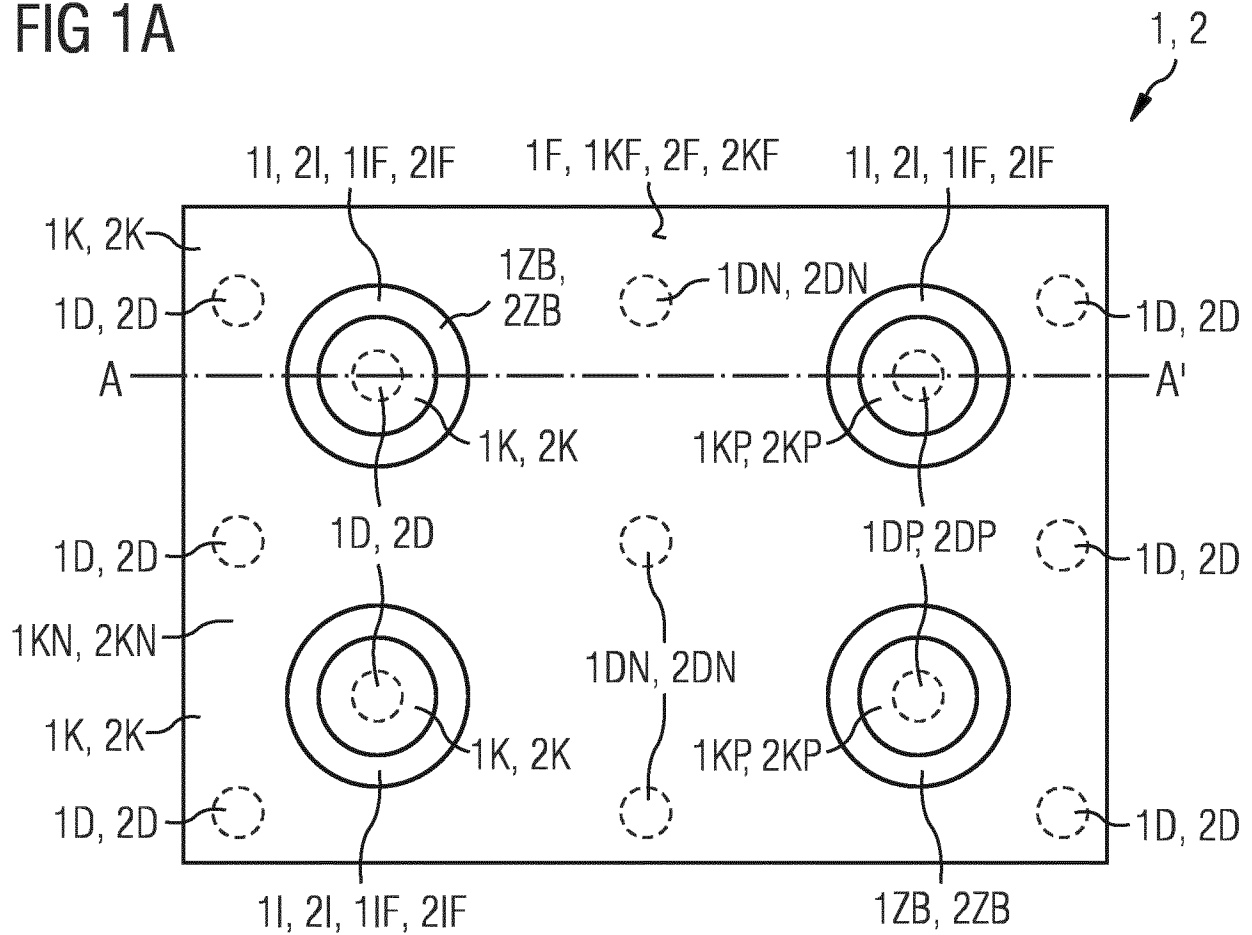


FIG 1B

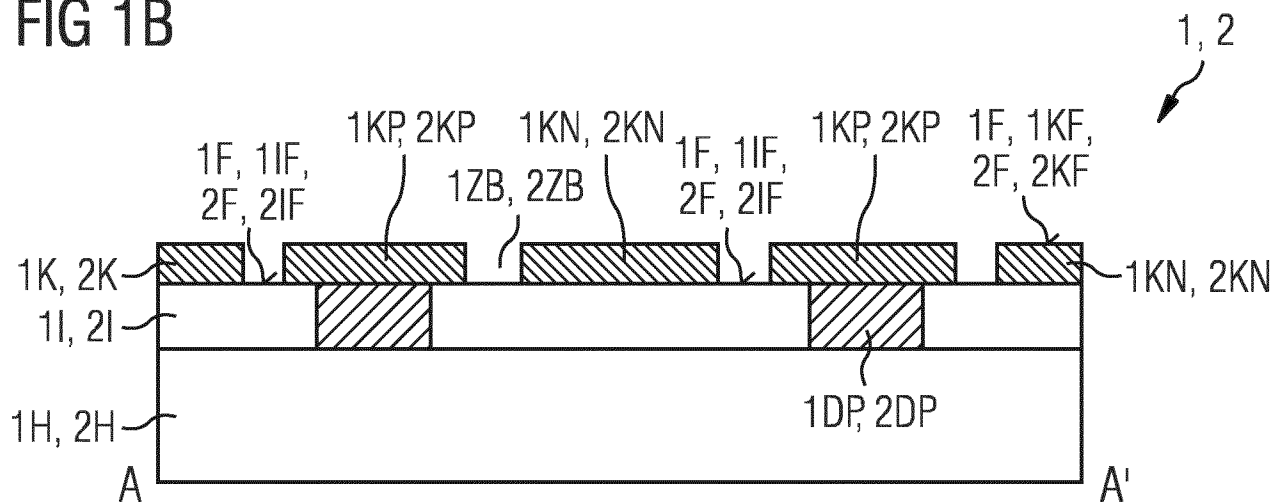


FIG 1C

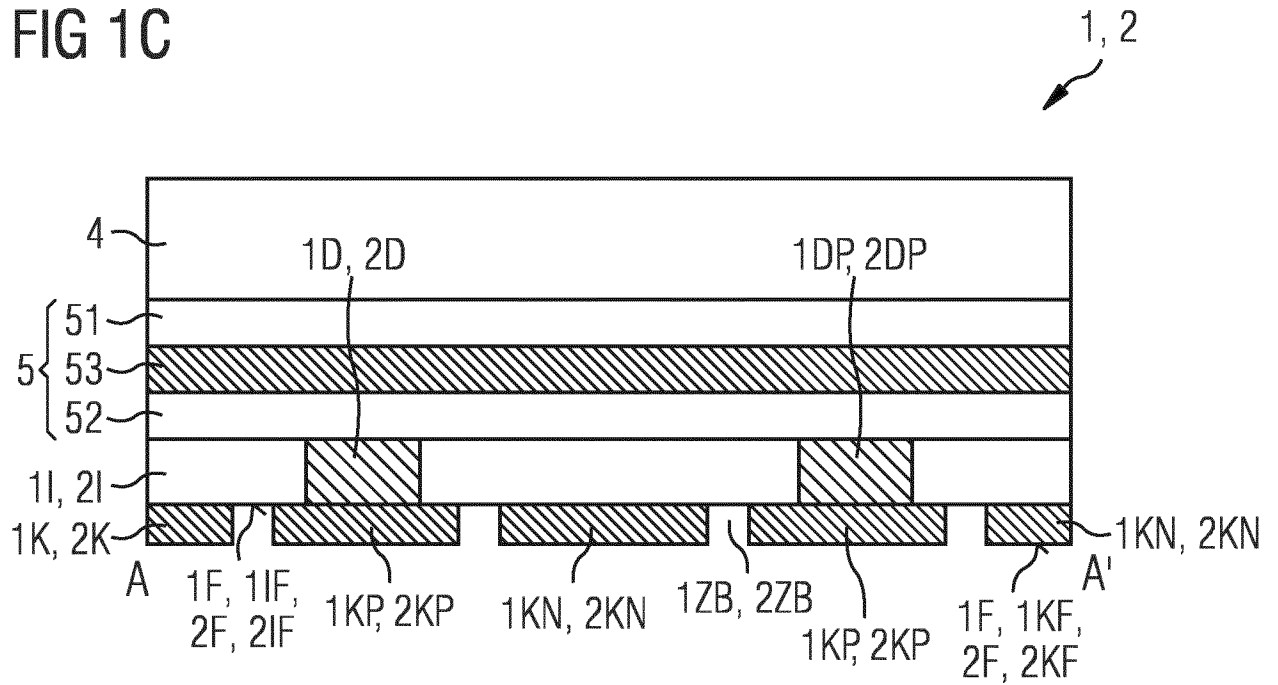


FIG 1D

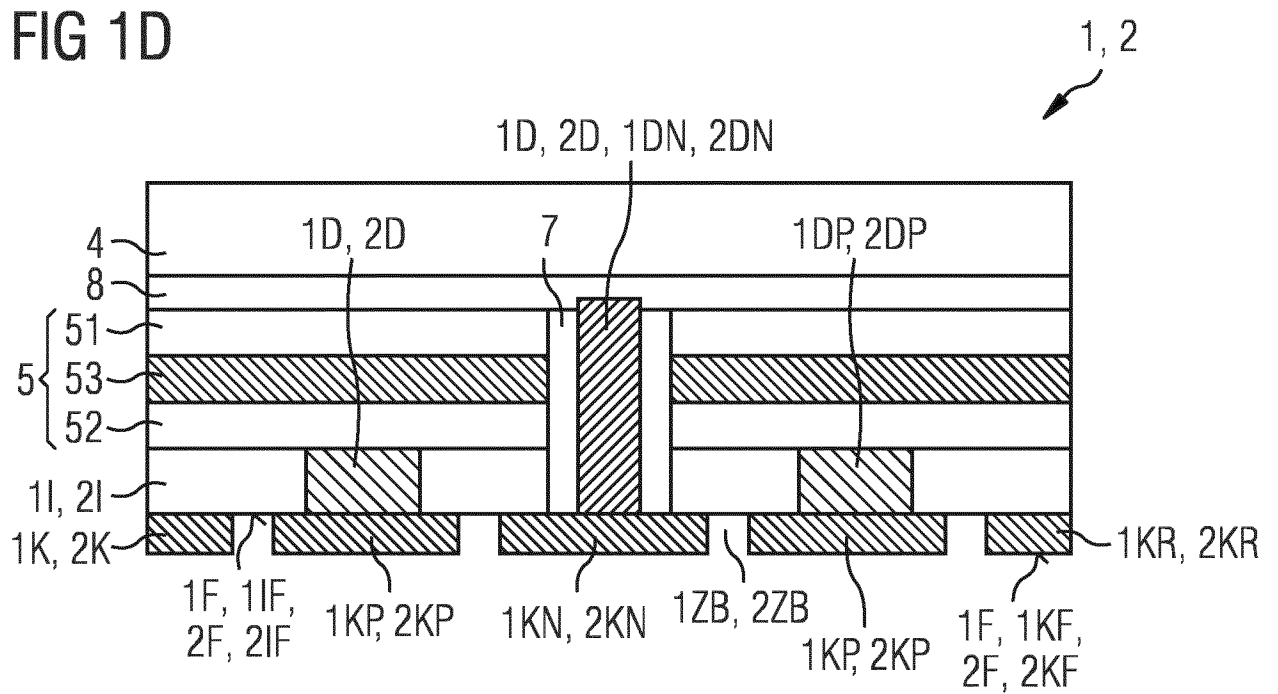


FIG 1E

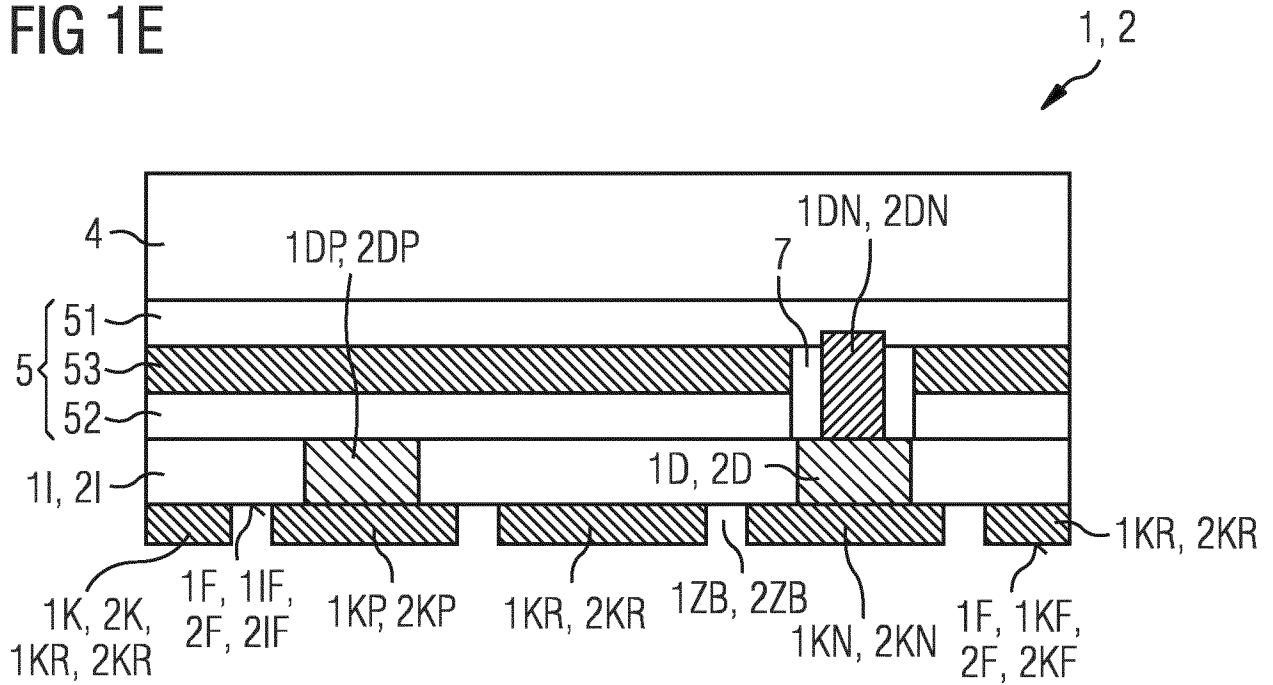


FIG 1F

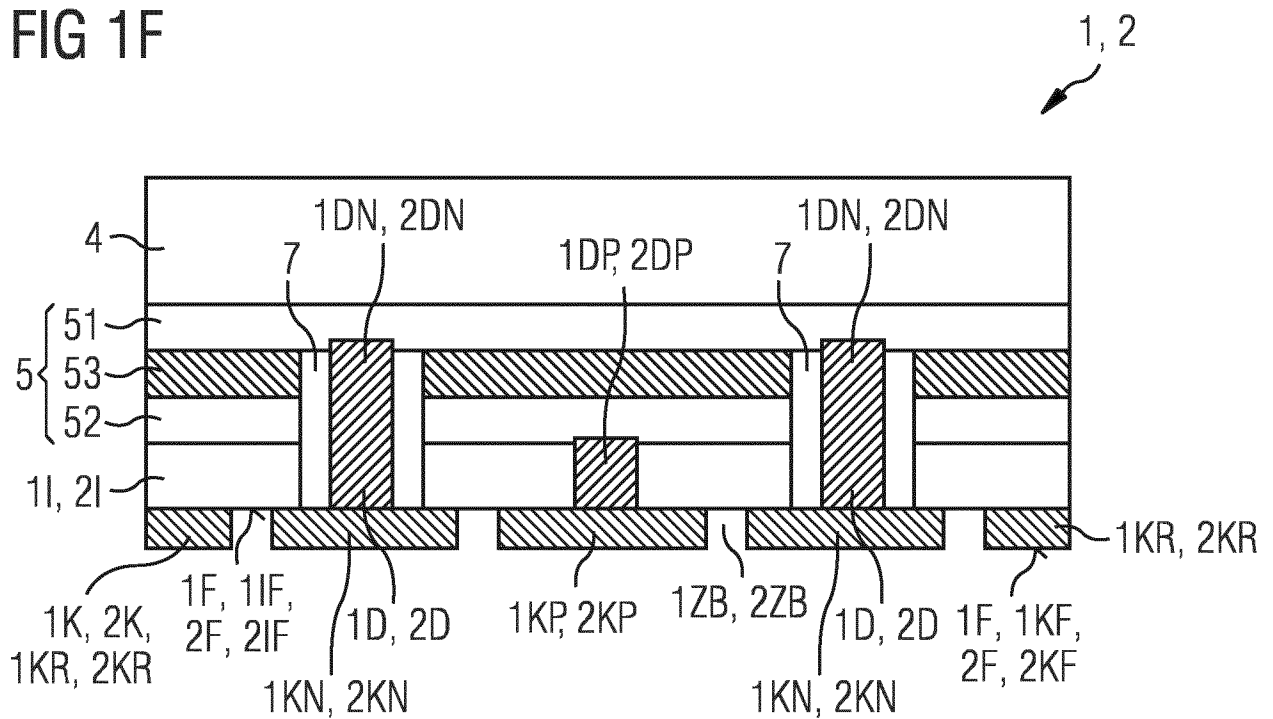


FIG 2A

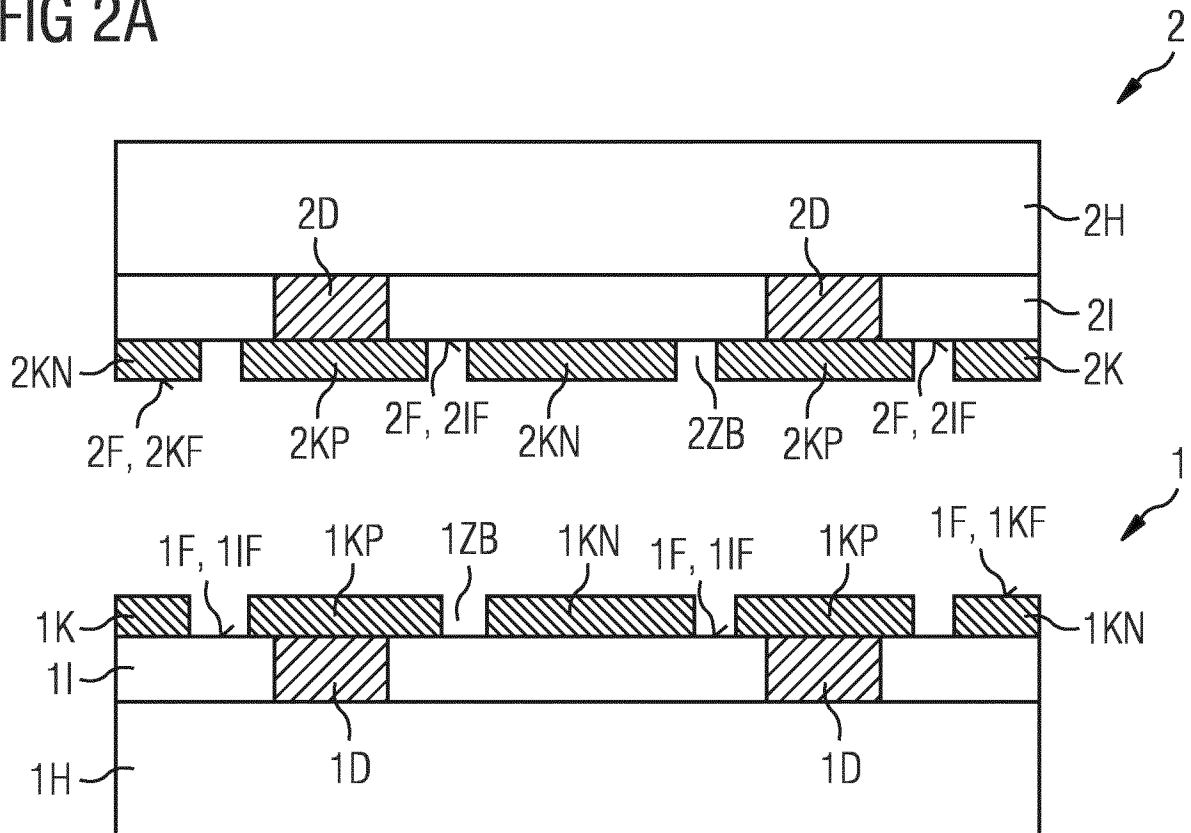


FIG 2B

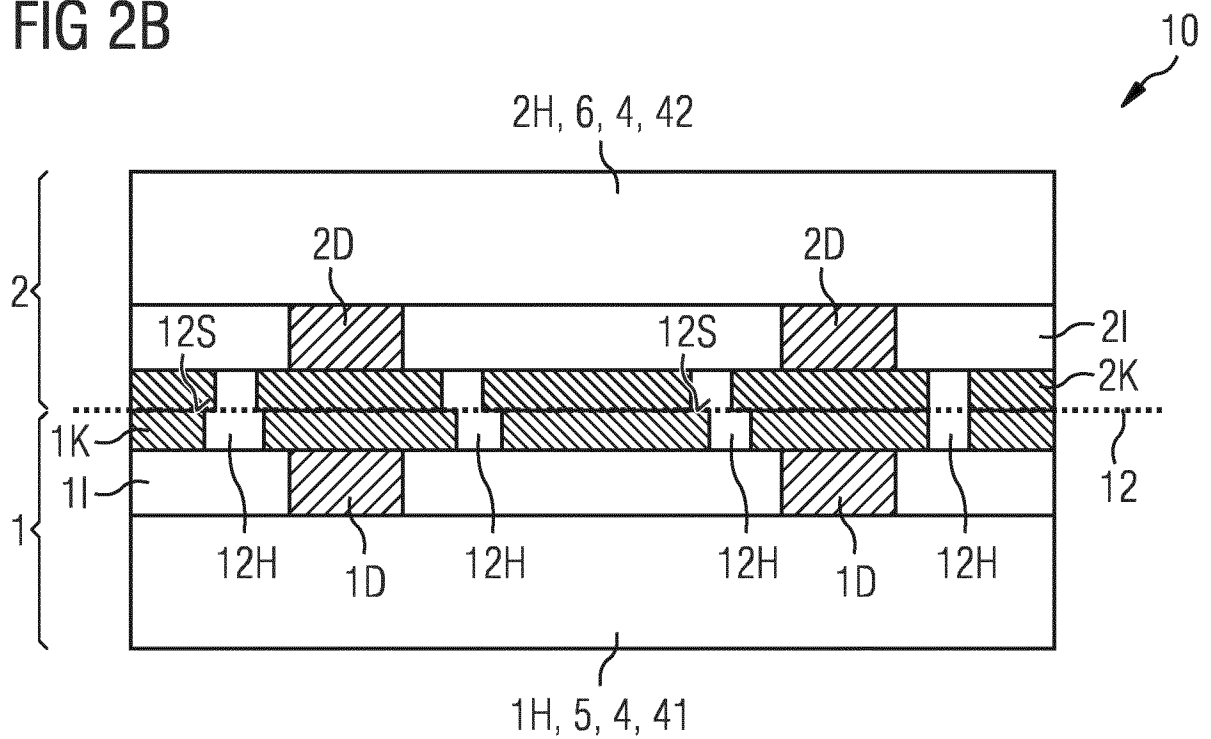


FIG 2C

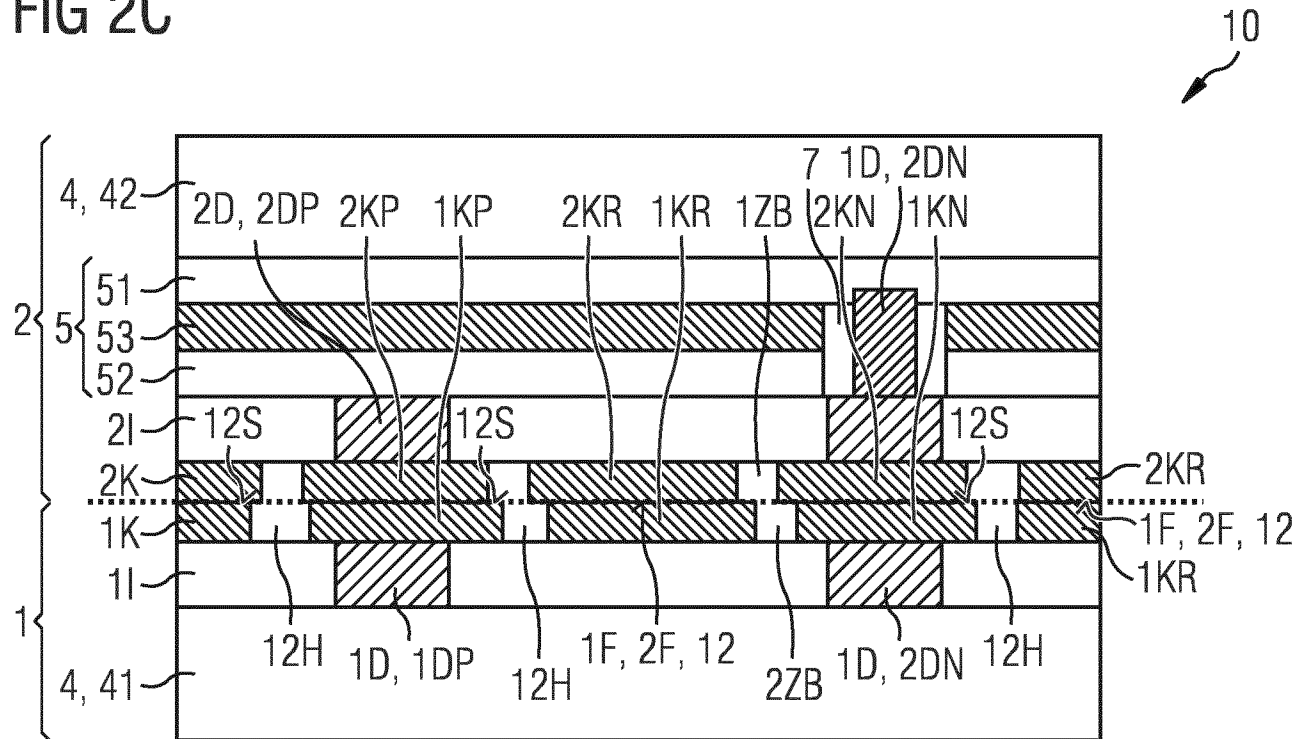


FIG 2D

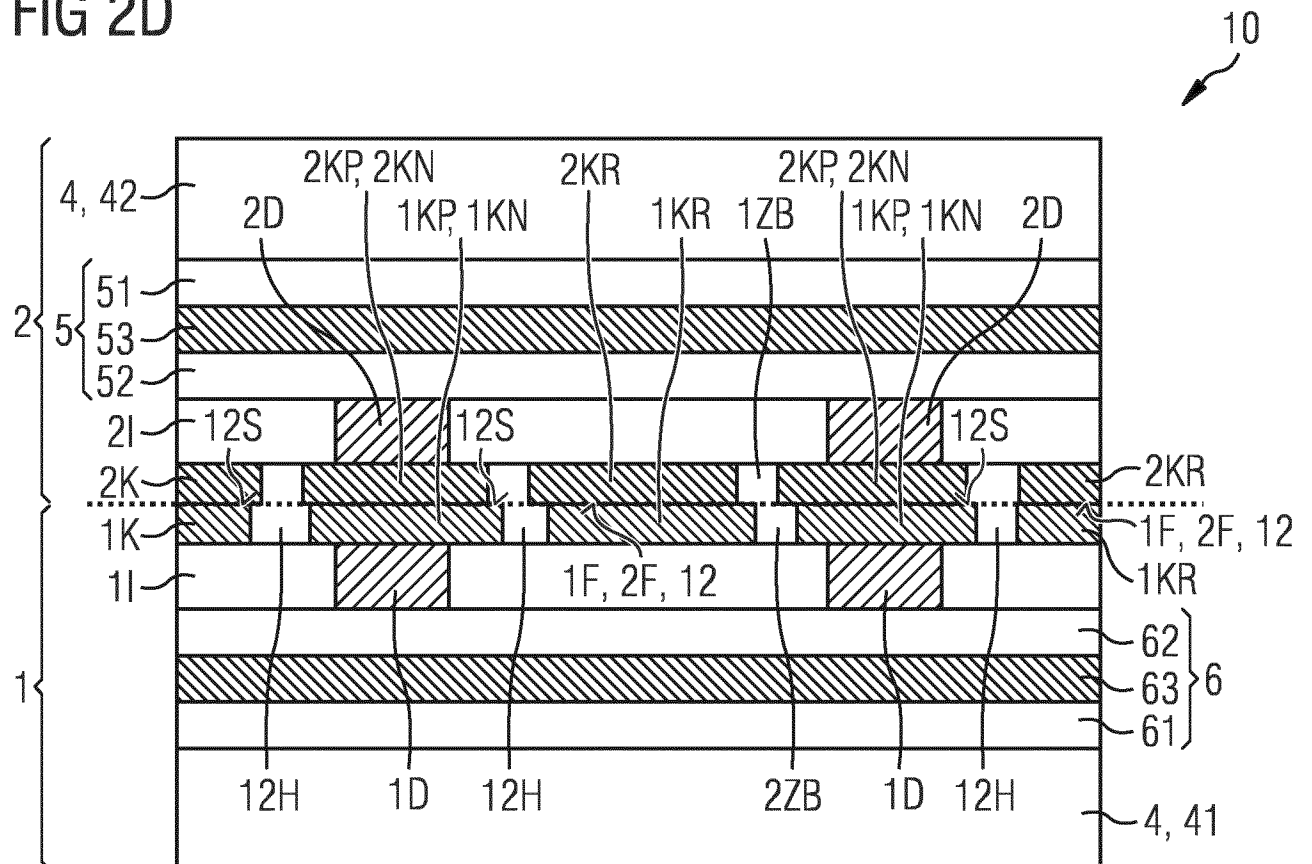


FIG 3C

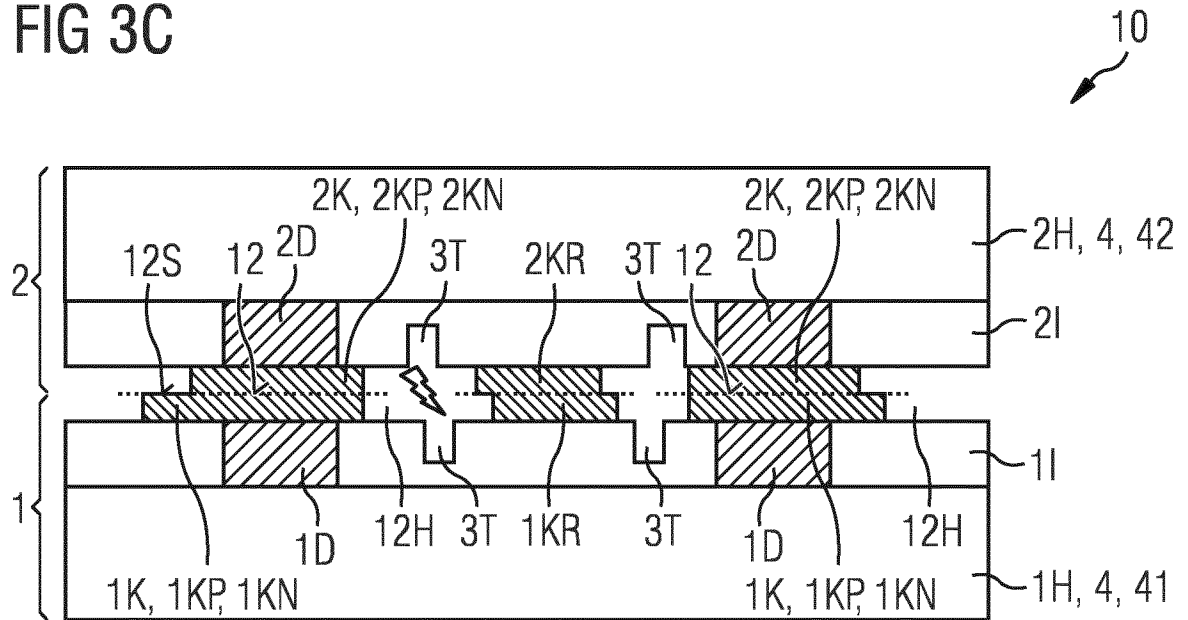
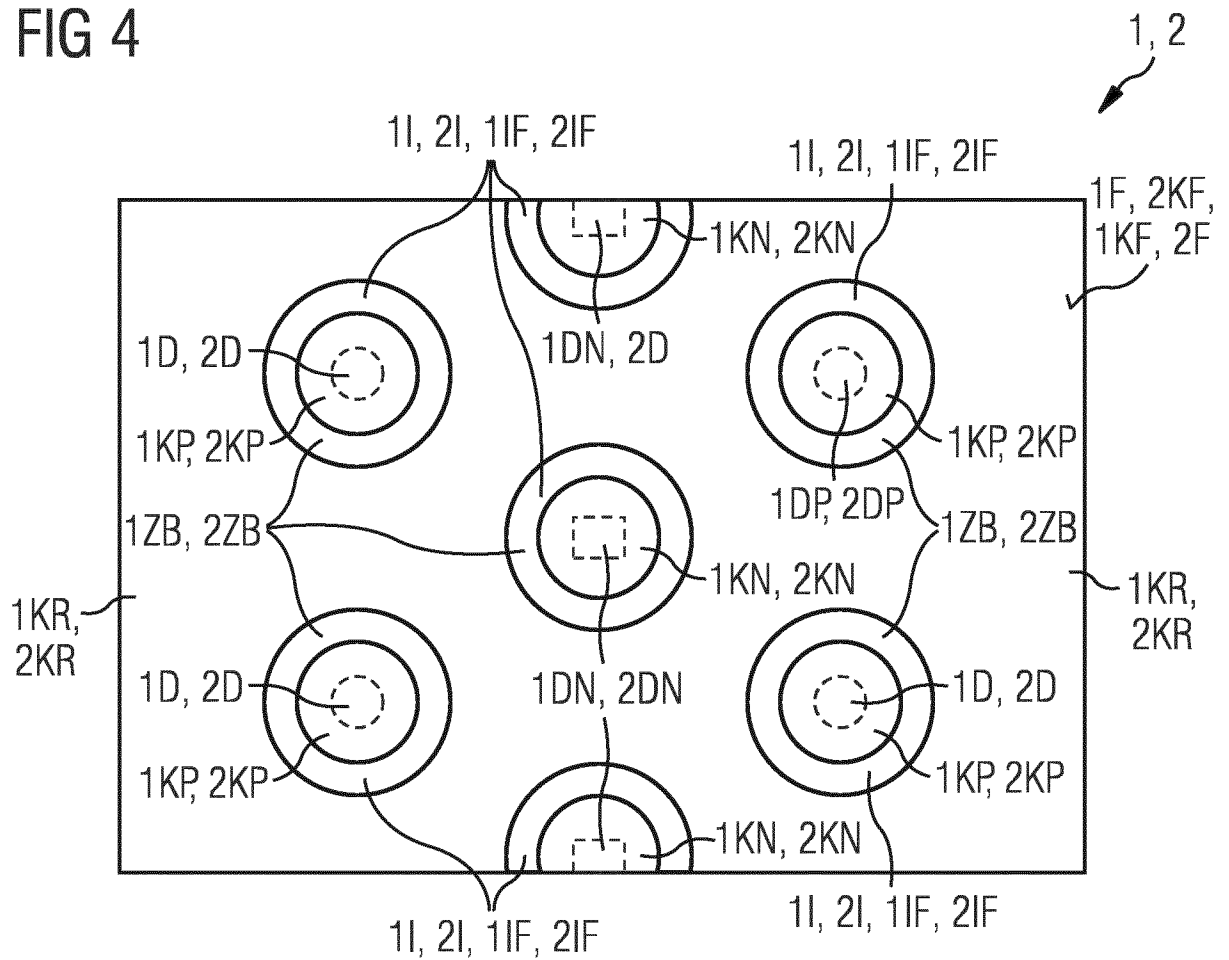


FIG 4



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/EP2019/061813

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**H01L 33/00**(2010.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

H01L

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

EPO-Internal, WPI Data

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2007096130 A1 (SCHIAFFINO STEFANO [US] ET AL) 03 May 2007 (2007-05-03)	1-6,10,11
Y	paragraphs [0046], [0048], [0052], [0074]; figures 2-8	7-9,12-15,18-20
Y	WO 2017153123 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 14 September 2017 (2017-09-14) page 3, lines 12-22; figure 1	7-9,12-15,18-20



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

“A” document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

“E” earlier application or patent but published on or after the international filing date

“L” document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

“O” document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

“P” document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

“T” later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

“X” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

“Y” document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

“&” document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

12 June 2019

Date of mailing of the international search report

19 June 2019

Name and mailing address of the ISA/EP

European Patent Office
p.b. 5818, Patentlaan 2, 2280 HV Rijswijk
Netherlands

Telephone No. (+31-70)340-2040

Facsimile No. (+31-70)340-3016

Authorized officer

Pérennès, Frédéric

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/EP2019/061813

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
US	2007096130	A1	03 May 2007	TW	200845424	A	16 November 2008
				US	2007096130	A1	03 May 2007
				US	2010207157	A1	19 August 2010
				WO	2008072204	A1	19 June 2008
WO	2017153123	A1	14 September 2017	CN	108780826	A	09 November 2018
				DE	102016104280	A1	14 September 2017
				JP	2019509636	A	04 April 2019
				KR	20180121614	A	07 November 2018
				TW	201803156	A	16 January 2018
				US	2019097088	A1	28 March 2019
				WO	2017153123	A1	14 September 2017

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L33/00
ADD.

Nach der Internationalen Patentklassifikation (IPC) oder nach der nationalen Klassifikation und der IPC

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
H01L

Recherchierte, aber nicht zum Mindestprüfstoff gehörende Veröffentlichungen, soweit diese unter die recherchierten Gebiete fallen

Während der internationalen Recherche konsultierte elektronische Datenbank (Name der Datenbank und evtl. verwendete Suchbegriffe)

EPO-Internal, WPI Data

C. ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2007/096130 A1 (SCHIAFFINO STEFANO [US] ET AL) 3. Mai 2007 (2007-05-03)	1-6,10, 11
Y	Absätze [0046], [0048], [0052], [0074]; Abbildungen 2-8	7-9, 12-15, 18-20
Y	----- WO 2017/153123 A1 (OSRAM OPTO SEMICONDUCTORS GMBH [DE]) 14. September 2017 (2017-09-14) Seite 3, Zeilen 12-22; Abbildung 1 -----	7-9, 12-15, 18-20



Weitere Veröffentlichungen sind der Fortsetzung von Feld C zu entnehmen



Siehe Anhang Patentfamilie

* Besondere Kategorien von angegebenen Veröffentlichungen :

"A" Veröffentlichung, die den allgemeinen Stand der Technik definiert,
aber nicht als besonders bedeutsam anzusehen ist

"E" frühere Anmeldung oder Patent, die bzw. das jedoch erst am oder nach
dem internationalen Anmeldedatum veröffentlicht worden ist

"L" Veröffentlichung, die geeignet ist, einen Prioritätsanspruch zweifelhaft er-
scheinen zu lassen, oder durch die das Veröffentlichungsdatum einer
anderen im Recherchenbericht genannten Veröffentlichung belegt werden
soll oder die aus einem anderen besonderen Grund angegeben ist (wie
ausgeführt)

"O" Veröffentlichung, die sich auf eine mündliche Offenbarung,
eine Benutzung, eine Ausstellung oder andere Maßnahmen bezieht

"P" Veröffentlichung, die vor dem internationalen Anmeldedatum, aber nach
dem beanspruchten Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist

"T" Spätere Veröffentlichung, die nach dem internationalen Anmeldedatum
oder dem Prioritätsdatum veröffentlicht worden ist und mit der
Anmeldung nicht kollidiert, sondern nur zum Verständnis des der
Erfindung zugrundeliegenden Prinzips oder der ihr zugrundeliegenden
Theorie angegeben ist

"X" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann allein aufgrund dieser Veröffentlichung nicht als neu oder auf
erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet werden

"Y" Veröffentlichung von besonderer Bedeutung; die beanspruchte Erfindung
kann nicht als auf erfinderischer Tätigkeit beruhend betrachtet
werden, wenn die Veröffentlichung mit einer oder mehreren
Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und
diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

"&" Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

12. Juni 2019

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

19/06/2019

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Pérennès, Frédéric

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2019/061813

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2007096130 A1	03-05-2007	TW 200845424 A	16-11-2008
		US 2007096130 A1	03-05-2007
		US 2010207157 A1	19-08-2010
		WO 2008072204 A1	19-06-2008

WO 2017153123 A1	14-09-2017	CN 108780826 A	09-11-2018
		DE 102016104280 A1	14-09-2017
		JP 2019509636 A	04-04-2019
		KR 20180121614 A	07-11-2018
		TW 201803156 A	16-01-2018
		US 2019097088 A1	28-03-2019
		WO 2017153123 A1	14-09-2017
