

(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
27. September 2012 (27.09.2012)



(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2012/126725 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
H01L 21/768 (2006.01) **H01L 23/48** (2006.01)

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2012/053849

(22) Internationales Anmeldedatum:
7. März 2012 (07.03.2012)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(30) Angaben zur Priorität:
10 2011 005 978.4 23. März 2011 (23.03.2011) DE

(71) Anmelder (für alle Bestimmungsstaaten mit Ausnahme
von US): **SIEMENS AKTIENGESELLSCHAFT**
[DE/DE]; Wittelsbacherplatz 2, 80333 München (DE).

(72) Erfinder; und

(75) Erfinder/Anmelder (nur für US): **HEDLER, Harry**
[DE/DE]; Jahnstraße 8, 82110 Germering (DE).
SCHIEBER, Markus [DE/DE]; Arndtstr. 6, 80469
München (DE). **WIRTH, Stefan** [DE/DE]; Beim

Drudenbaum 18, 91056 Erlangen (DE). **ZAPF, Jörg**
[DE/DE]; Dalandstr. 1, 81927 München (DE).

(74) Gemeinsamer Vertreter: **SIEMENS
AKTIENGESELLSCHAFT**; Postfach 22 16 34, 80506
München (DE).

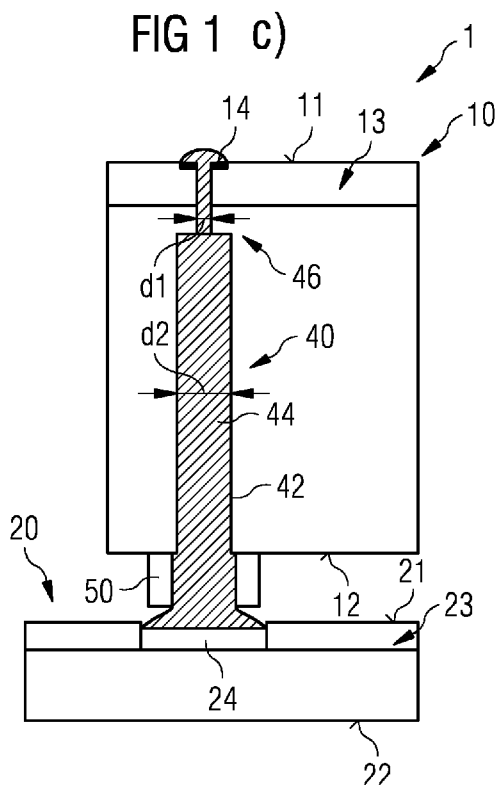
(81) Bestimmungsstaaten (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY,
BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM,
DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT,
HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG,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

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: INTEGRATED CIRCUIT COMPRISING AN ELECTRICAL THROUGH-PLATING AND METHOD FOR
PRODUCING AN ELECTRICAL THROUGH-PLATING

(54) Bezeichnung : INTEGRIERTE SCHALTUNG MIT EINER ELEKTRISCHEN DURCHKONTAKTIERUNG SOWIE
VERFAHREN ZUR HERSTELLUNG EINER ELEKTRISCHEN DURCHKONTAKTIERUNG



(57) Abstract: The invention relates to an integrated circuit (1), comprising a substrate (10) having a first surface (11) and an opposing second surface (12), wherein a functionalized region (13) is formed at least on the first surface (11) and wherein at least one electrical through-plating (40) is provided as a through-hole (42) which is continuously filled with an electrically conductive material (44) and which runs from the first surface (11) to the second surface (12) through the substrate (10). In order to ensure that the through-plating (40) can be reliably produced and is provided in a space-saving manner, the through-hole (42) has at least one gradation (46) on which a transition occurs from a smaller hole cross-section (d1) on the side of the first surface (11) to a larger hole cross-section (d2) on the side of the second surface (12).

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine integrierte Schaltung (1), umfassend ein Substrat (10) mit einer ersten Oberfläche (11) und einer gegenüberliegenden zweiten Oberfläche (12), wobei ein funktionalisierter Bereich (13) zumindest an der ersten Oberfläche (11) ausgebildet ist und wobei wenigstens eine elektrische Durchkontaktierung (40) als ein von der ersten Oberfläche (11) zur zweiten Oberfläche (12)

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

WO 2012/126725 A1



TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, 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, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht (Artikel 21 Absatz 3)

durch das Substrat (10) hindurch verlaufendes und mit einem elektrisch leitfähigen Material (44) durchgängig aufgefülltes Durchgangsloch (42) vorgesehen ist. Um die Durchkontaktierung (40) zuverlässig herstellbar und platzsparend vorzusehen, weist das Durchgangsloch (42) wenigstens eine Abstufung (46) auf, an der ein Übergang von einem kleineren Lochquerschnitt (d1) seitens der ersten Oberfläche (11) zu einem größeren Lochquerschnitt (d2) seitens der zweiten Oberfläche (12) erfolgt.

Beschreibung

Integrierte Schaltung mit einer elektrischen Durchkontaktierung sowie Verfahren zur Herstellung einer elektrischen

5 Durchkontaktierung

Die vorliegende Erfindung betrifft eine integrierte Schaltung nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1 sowie ein Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Durchkontaktierung nach dem

10 Oberbegriff des Anspruchs 8.

Eine derartige integrierte Schaltung und ein derartiges Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Durchkontaktierung sind beispielsweise aus der DE 10 2006 035 864 A1 bekannt.

15 Bei diesem Stand der Technik wird eine mikroelektronisch integrierte Schaltung durch Stapeln von mehreren, jeweils einen mikroelektronisch funktionalisierten Bereich aufweisenden Substraten gebildet, wobei (wenigstens) eines dieser Substrate mit (wenigstens) einer elektrischen Durchkontaktierung

20 versehen wird, um Signal- oder auch Leistungsverbindungswege von einem Substrat zu einem anderen Substrat des Substratstapels oder auch aus der integrierten Schaltung heraus zu ermöglichen. Insbesondere sind hierbei elektrische Durchkontaktierungen vorgesehen, die jeweils als ein von einer ersten

25 Substratoberfläche zu einer gegenüberliegenden zweiten Substratoberfläche durch das betreffende Substrat hindurch verlaufende und mit einem elektrisch leitfähigen Material durchgängig aufgefüllte Durchgangslöcher ausgebildet sind.

30 In der DE 10 2006 035 864 A1 wird hinsichtlich eines "Aspektverhältnisses" derartiger Löcher in einem Substrat, also dem Verhältnis zwischen Lochtiefe und Lochbreite (Lochdurchmesser), angemerkt, dass dieses in einem Bereich von 2 bis 10 liegt, typischerweise jedoch größer als 3 ist.

35

Hierzu ist folgendes anzumerken: Um den Flächen- bzw. Volumenbedarf einer elektrischen Durchkontaktierung der bekannten Art zu verringern, wurde bereits versucht, das Durchgangsloch

im Substrat mit einem Aspektverhältnis von mehr als 10 bzw. dementsprechend mit einem "sehr kleinen Durchmesser" zu erzeugen. Dieser Ansatz für eine Miniaturisierung der Durchkontaktierung scheiterte bislang jedoch an zahlreichen Technologieproblemen.

Insbesondere wird bei größeren Aspektverhältnissen der Füllprozess (Auffüllung mit elektrisch leitfähigem Material) extrem erschwert und verlangsamt. Außerdem können Inhomogenitäten bzw. eine unvollständige Füllung resultieren. In der Praxis wird also bei besonders großem Aspektverhältnis insbesondere eine durchgängige und fehlerfreie Auffüllung "aus einem Guss" verhindert.

Ein anderer Ansatz zur Miniaturisierung bestand darin, bei einem vorgegebenen Aspektverhältnis den Lochdurchmesser zu verringern, indem die Dicke des Substrates verringert wird. Jedoch sind einem solchen "Abdünnen" der Substrate bzw. Wafer in der Praxis ebenfalls technologische Grenzen gesetzt. Außerdem kann (bei nicht allzu kleinem Aspektverhältnis) ein besonders kleiner Lochquerschnitt wieder die fehlerfreie durchgängige Auffüllung vereiteln.

Es ist eine Aufgabe der vorliegenden Erfindung, bei einer integrierten Schaltung der eingangs genannten Art eine einfach und zuverlässig herstellbare und dennoch vorteilhaft platzsparende elektrische Durchkontaktierung zu ermöglichen.

Diese Aufgabe wird bei einer erfindungsgemäßen integrierten Schaltung dadurch gelöst, dass das Durchgangsloch wenigstens eine Abstufung aufweist, an der ein Übergang von einem kleineren Lochquerschnitt seitens der ersten Oberfläche zu einem größeren Lochquerschnitt seitens der zweiten Oberfläche erfolgt.

Die Grundidee der Erfindung besteht darin, ein Durchgangsloch mit einem Lochquerschnitt auszubilden, der über die Lochlänge betrachtet derart variiert, dass zugunsten eines technolo-

gisch weniger problematischen Auffüllprozesses zwar ein größerer Lochquerschnitt vorgesehen wird, der im Bereich wenigstens einer Abstufung jedoch zugunsten einer Verringerung des Flächenbedarfes im funktionalisierten Substratbereich in einen kleineren Lochquerschnitt übergeht.

Die Erfindung ermöglicht somit die Schaffung einer elektrischen Durchkontaktierung mit geringem Platzbedarf (im relevanten Bereich) und dennoch überragender Qualität und Zuverlässigkeit hinsichtlich sowohl des Herstellungsprozesses als auch der späteren Funktion. Vorteilhaft gelingt die für die spätere Funktion wichtige durchgängige Auffüllung des Durchgangsloches mit dem elektrisch leitfähigen Material "aus einem Guss", d. h. durchgehend über die gesamte Lochlänge zwischen den beiden betreffenden Substratoberflächen mit großer Prozesssicherheit.

Das Durchgangsloch kann eine oder mehrere solche querschnittsverändernden Abstufungen aufweisen, wobei an jeder Abstufung bevorzugt eine sehr abrupte Querschnittsveränderung erfolgen kann (z. B. über einen in Längsrichtung des Loches betrachteten Übergangsbereich von weniger als 10% der Lochgesamtlänge).

Die Begriffe "kleinerer Lochquerschnitt" und "größerer Lochquerschnitt" beziehen sich hier auf den Unterschied der Lochquerschnitte beiderseits der betreffenden Abstufung.

Oftmals ist es vorteilhaft, wenn beim oder nach dem Erzeugen des Durchgangsloches dessen Umfangsfläche zunächst "passiviert", d. h. mit einer elektrischen Isolation versehen wird, bevor das elektrisch leitfähige Material eingebracht wird. Bei einem Durchgangsloch in einem Siliziumsubstrat kann die Passivierung beispielsweise durch eine Siliziumoxidschicht ausgebildet werden.

Das Durchgangsloch besitzt bevorzugt einen kreisförmigen Lochquerschnitt. Im Folgenden werden im Hinblick auf einen

solchen kreisförmigen Lochquerschnitt bevorzugte Dimensionierungen bzw. Dimensionierungsregeln angegeben. Es versteht sich, dass damit auch entsprechende Dimensionierungen und Dimensionierungsregeln hinsichtlich der entsprechenden Lochquerschnitte (Flächen) offenbart sind, welche bei den nachfolgenden Angaben jeweils mitzulesen sind (und auch für nicht-kreisförmige Lochquerschnitte angewendet werden können).

10 In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein Durchmesser des kleineren Lochquerschnittes kleiner als 20 μm , insbesondere kleiner als 10 μm ist. Andererseits beträgt dieser Durchmesser bevorzugt wenigstens 1 μm oder wenigstens 2 μm , beispielsweise etwa 5 μm .

15 In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass ein Durchmesser des kleineren Lochquerschnittes kleiner als 200%, insbesondere kleiner als 100%, der Höhe des funktionalisierten Bereiches ist. Die Höhe des funktionalisierten Bereiches kann beispielsweise im Bereich von 1 μm bis 20 μm liegen. Falls der funktionalisierte Bereich über seine laterale Ausdehnung betrachtet eine ungleichmäßige Höhe besitzt, so bezieht sich der hier verwendete Begriff "Höhe des funktionalisierten Bereiches" auf diejenige Höhe, welche in der unmittelbaren Umgebung der betreffenden Mündung des Durchgangsloches vor-
20
25 liegt.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass sich die Durchmesser des kleineren Lochquerschnittes und des größeren Lochquerschnittes um mindestens einen Faktor 2, bevorzugt um mindestens einen Faktor 5, unterscheiden.

30 In einer Ausführungsform ist ein Durchmesser des größeren Lochquerschnittes größer als 30 μm , insbesondere größer als 60 μm . Andererseits ist dieser Durchmesser bevorzugt kleiner als 200 μm , beispielsweise etwa 100 μm .

Wie bereits erwähnt kann das Durchgangsloch auch mehr als eine Abstufung aufweisen, an welcher sich der Lochquerschnitt bzw. Lochdurchmesser verändert. Falls mehr als eine Abstufung vorgesehen ist, so beziehen sich die vorstehend angegebenen Angaben betreffend den "kleineren Lochquerschnitt" auf den unmittelbar an die erste Substratoberfläche heranreichenden Lochquerschnitt, also gewissermaßen den "allerkleinsten Lochquerschnitt" in dieser mehrstufigen Gestaltung. Demgegenüber bezeichnet in diesem Fall der "größere Lochquerschnitt" den unmittelbar an die zweite Oberfläche heranreichenden Lochquerschnitt, also gewissermaßen den "allergrößten Lochquerschnitt" in der mehrstufigen Gestaltung.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, dass der Abstand der Abstufung von der ersten Oberfläche kleiner als der Abstand der Abstufung von der zweiten Oberfläche ist, bevorzugt um wenigstens einen Faktor 2. Alternativ oder zusätzlich kann vorteilhaft vorgesehen sein, dass der Abstand der Abstufung von der ersten Oberfläche 150% bis 300% der Höhe des funktionalisierten Bereiches beträgt. Bei variierender Höhe bezieht sich diese Angabe wieder auf die im Bereich der betreffenden Mündung des Durchgangsloches vorliegende Höhe.

Die Dicke des Substrates, in welchem das Durchgangsloch ausgebildet ist, entsprechend dem Abstand zwischen der ersten und der zweiten Substratoberfläche, kann beispielsweise im Bereich von 50 μm bis 500 μm liegen.

Unter Berücksichtigung der hier angegebenen Dimensionierungen bzw. Dimensionierungsregeln lassen sich der Platzbedarf (insbesondere Flächenbedarf im funktionalisierten Bereich) und die Zuverlässigkeit der elektrischen Durchkontaktierung besonders weitgehend optimieren.

Für die Ausbildung des Durchgangsloches mit der wenigstens einen Abstufung gibt es vielfältige Möglichkeiten. Gemäß einer (weniger bevorzugten) Ausführung ist vorgesehen, dass das Substrat hierfür lediglich von der zweiten Oberfläche her be-

arbeitet wird, also z. B. zunächst ein Sackloch mit größerem Lochquerschnitt ausgebildet wird und sodann ausgehend vom Boden dieses Sackloches der Lochabschnitt mit demgegenüber kleinerem Querschnitt bis hin zur ersten Oberfläche herausgearbeitet wird. Diese Bearbeitung des Substrates von der zweiten Oberfläche her kann auch in mehreren (querschnittsverkleinernden) Stufen durchgeführt werden. In einer alternativen (bevorzugten) Ausführung werden einerseits von der zweiten Oberfläche und andererseits von der ersten Oberfläche her erzeugte Lochabschnitte zum gewünschten Durchgangsloch ergänzt.

Das durchgängige Auffüllen des Durchgangsloches mit dem elektrisch leitfähigen Material erfolgt bevorzugt mittels eines Flüssig-Füll-Verfahrens, z. B. mit einem aufgeschmolzenen Lotmaterial. Hierfür können vorteilhaft an sich bekannte Lotmaterialien (z. B. "Solder-Legierungen") verwendet werden. Gegebenenfalls, zumeist bevorzugt, erfolgt eine Passivierung der nach Ausbildung des Durchgangsloches freigelegten Substratflächen, bevor das elektrisch leitfähige Material eingebracht wird.

Durch ein Flüssig-Füllverfahren gemäß einer "Ein-Schuss-Ein-Material"-Methode, z. B. durch Untertauchen des Substrates in ein Bad des verflüssigten elektrisch leitfähigen Materials, kann die von dem Durchgangsloch gebildete Kavität mit hoher Prozesssicherheit praktisch vollständig mit dem leitfähigen Material aufgefüllt werden.

In einer besonders bevorzugten Ausführung bildet das in das Durchgangsloch gefüllte leitfähige Material an wenigstens einer der beiden Substratoberflächen eine Kontaktierung, beispielsweise so genannte "Lotbällchen-Kontaktierung" aus. Die durchgängige Auffüllung des Durchgangsloches wie auch die Ausbildung einer Kontaktierung an der ersten und/oder zweiten Substratoberfläche können vorteilhaft in einem einzigen Prozessschritt erfolgen.

Insbesondere zur Herstellung eines elektrischen Kontaktes zwischen der Durchkontaktierung und dem funktionalisierten Bereich an der ersten Substratoberfläche kann vorgesehen sein, dass an der ersten Oberfläche eine mit dem leitfähigen Material benetzbare Kontaktfläche vorgesehen ist, welche die Mündung des Durchgangsloches an der ersten Substratoberfläche ringförmig umgibt. Beim Auffüllen des Durchgangsloches mit dem leitfähigen Material kann somit vorteilhaft sogleich eine Benetzung der (z. B. metallischen) Kontaktfläche erfolgen. Falls auch an der zweiten Substratoberfläche ein funktionalisierter Bereich ausgebildet ist, so kann auch dort eine derartige benetzbare Kontaktfläche vorgesehen sein.

Der eine solche Kontaktfläche benetzende Anteil des leitfähigen Materials kann darüber hinaus auch eine Kontaktierung zu einer Oberfläche eines unmittelbar angrenzenden weiteren Substrates der betreffenden integrierten Schaltung darstellen, etwa zu einem anderen Substrat welches zur Ausbildung der integrierten Schaltung mit dem erstgenannten Substrat gestapelt wird.

Insbesondere zur Ausbildung einer elektrischen Kontaktierung hin zu einem benachbarten Substrat in einem Substratstapel ist eine Ausführungsform besonders vorteilhaft, bei welcher an der zweiten Oberfläche die Mündung des Durchgangsloches umgebend ein von der zweiten Oberfläche abstehender und in einem Ausmaß mit dem leitfähigen Material gefüllter Ring vorgesehen ist, so dass das leitfähige Material aus dem distalen Ende des Ringes heraussteht.

Mit einem solchen Ring kann vorteilhaft ein aus der Substratoberfläche definiert herausragendes lötfähiges Kontaktierungselement geschaffen werden. Der Ring kann z. B. aus einem Polymermaterial ausgeführt werden. Die Höhe, der Innendurchmesser und die Wandungsstärke des Ringes können je nach Anwendungsfall und Zuverlässigkeitsanforderungen festgelegt werden. Für viele Anwendungsfälle geeignete Dimensionierungen sind beispielsweise eine Höhe von 30 µm bis 100 µm, bei-

spielsweise etwa 40 μm , ein Innendurchmesser im Bereich von 30 μm bis 200 μm , beispielsweise etwa 50 μm , und eine Wandungsstärke im Bereich von 20 μm bis 200 μm , beispielsweise etwa 50 μm . Ganz allgemein ist eine Wandungsstärke von wenigstens 10 % des Innendurchmessers und/oder höchstens 100 % des Innendurchmessers vorteilhaft.

Aufgrund der eher kleinen Abmessungen des Ringes wird dieser bevorzugt nicht als "separates Bauteil" angebracht sondern durch einen Strukturierungsprozess hergestellt, wobei hierfür auf an sich bekannte Methoden zur Mikrostrukturierung von Substratoberflächen zurückgegriffen werden kann, insbesondere Methoden, die aus der Halbleiterindustrie bekannt sind. Die Herstellung eines Ringes aus Kunststoffmaterial (z. B. Polymer) kann dementsprechend beispielsweise so erfolgen, dass die betreffende Substratoberfläche zunächst vollflächig mit einer Kunststofffolie bzw. -beschichtung versehen wird und dann unter Verwendung von photolithographischen Methoden (z. B. unter Verwendung von Photolack) eine großflächige Abtragung (z. B. Ätzen) des Kunststoffmaterials erfolgt, wobei lediglich an dem bzw. den gewünschten Orten der Ringe das betreffende Material stehengelassen wird.

Der Ring (z. B. aus Polymer) kann vorteilhaft zu einer Stabilisierung des aus dem Ringende herausstehenden Materialanteils (z. B. "Solder-Ball") in der Ebene und damit zur Erhöhung der Zuverlässigkeit führen. Außerdem kann der Ring eine Scherwirkung zwischen verlötetem Substrat und Unterlage (z. B. anderes Substrat bzw. "Schaltungsträger" in einem Substratstapel) verringern, welche bei thermischer Beanspruchung aufgrund unterschiedlicher Längenausdehnungen der Fügepartner entstehen kann.

Falls bei der Herstellung der elektrischen Durchkontaktierung ein Flüssig-Befüllen des Durchgangsloches (z. B. mit einem verflüssigten Lot) durchgeführt wird, so kommt es im Falle einer nicht-benetzbaren Ringoberfläche oftmals zu Füllungen, welche nicht bis zum distalen Ringende reichen bzw. aus die-

sem Ringende herausstehen. Abhilfe kann z. B. eine zusätzliche Beschichtung des Verbindungselementes (z. B. Polymerring) mit einer benetzbaren Schicht (bevorzugt metallische Schicht) schaffen. Insbesondere kann der Ring an seiner distalen

5 Stirnseite und gegebenenfalls zusätzlich an seiner äußeren Umfangsfläche eine mit dem betreffenden Füllmaterial benetzbare Beschichtung aufweisen. Auch derartige Beschichtungen können z. B. unter Verwendung von photolithographischen Methoden oder dergleichen realisiert werden.

10

Will man sich den Aufwand einer solchen Beschichtung ersparen, so kann man in der Formgestaltung eines nicht-benetzbaren Ringes ein Reservoir für das leitfähige Material vorsehen, bevorzugt mit großer Oberfläche bei relativ kleinem

15 Volumen, beispielsweise in Form von einer oder mehreren radialen Buchten an der Innenmantelfläche des Ringes. Wenn das leitfähige Material in die Durchgangsöffnung und den daran angelagerten Ring eingefüllt wird, so füllt sich auch das Reservoir mit dem Material, welches in dieser Situation nicht

20 aus dem Ringende hervorsteht. Erfolgt jedoch sodann ein Umschmelzen des Materials (Lot), bevorzugt unter Schutzgas, so verringert sich die Gesamtoberfläche des Materials im Ring und es kann die Ausbildung eines kugelförmigen Balles bewirkt werden, welcher dann aus dem Ring hervorsteht.

25

Der Begriff "Ring" ist hier sehr weitgehend zu verstehen, etwa als ringförmig geschlossene Erhebung an der betreffenden Substratoberfläche im Bereich der Mündung eines betreffenden Durchgangsloches. Insbesondere wenn ein solcher Ring mit einem Materialreservoir der vorstehend erwähnten Art vorgesehen

30 werden soll, so kann der Ring auch insbesondere einen nicht-kreisförmigen Außenumfang besitzen.

35

In einer Ausführungsform umfasst die integrierte Schaltung mehrere gestapelt angeordnete und elektrisch miteinander kontaktierte Substrate, wobei wenigstens eines dieser Substrate mit wenigstens einer elektrischen Durchkontaktierung wie oben beschrieben versehen ist.

Beispielsweise kann eine solche Schaltung aus drei übereinander gestapelten Substraten zusammengesetzt sein. Ein unterstes Substrat kann z. B. als Schaltungsträger fungieren, bei welchem an der Oberseite Leiterbahnen und benetzbare (z. B. metallische) Kontaktflächen vorgesehen sind, über welche die elektrische Verbindung mit dem darüber angeordneten Substrat (mittleres Substrat im Stapel) hergestellt wird. Das mittlere Substrat kann hierfür z. B. mehrere elektrische Durchkontaktierungen der oben bereits beschriebenen Art aufweisen, z. B. mit Verbindungselementen in Form von Ringen an der Substratunterseite, aus welchen leitfähiges Material (aus dem zugehörigen Durchgangsloch) herausragt. Die Durchkontaktierungen können zu der Oberseite dieses Substrats und einem dort angeordneten funktionalisierten Bereich (mikroelektronische Schaltungsanordnung) führen und/oder an dieser Substratoberseite wiederum elektrische Kontaktierungen zur elektrischen Anbindung des dritten, im Substratstapel obersten Substrates bilden. Das oberste Substrat kann also wiederum elektrische Durchkontaktierungen aufweisen, welche dessen Unterseite mit der Oberseite verbinden, wobei z. B. an der Oberseite (alternativ oder zusätzlich auch Unterseite) des obersten Substrates wieder ein funktionalisierter Bereich vorgesehen sein kann. Die elektrischen Durchkontaktierungen des mittleren Substrates und des oberen Substrates können z. B. wenigstens zum Teil coaxial zueinander angeordnet sein, so dass sich in diesem Fall elektrische Durchkontaktierungen von der Unterseite des mittleren Substrates bis hin zur Oberseite des oberen Substrates bilden.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Durchkontaktierung in einem Substrat für eine integrierte Schaltung umfasst die Schritte:

- Ausbilden eines von einer ersten Substratoberfläche zu einer gegenüberliegenden zweiten Substratoberfläche durch das Substrat hindurch verlaufenden Durchgangsloches (bevorzugt mit nachfolgender Passivierung der Lochinnenfläche), wobei

das Durchgangsloch mit wenigstens einer Abstufung ausgebildet wird, an der ein Übergang von einem kleineren Lochquerschnitt seitens der ersten Substratoberfläche zu einem größeren Lochquerschnitt seitens der zweiten Substratoberfläche erfolgt,

- durchgängiges Auffüllen des Durchgangsloches mit einem elektrisch leitfähigen Material.

Das Ausbilden des Durchgangsloches kann insbesondere durch einen Ätzprozess erfolgen, bei welchem das Substrat von beiden Substratoberflächen her geätzt wird (mit unterschiedlichen Lochquerschnitten), so dass die Lochabstufung an der Stelle entsteht, an welcher die beiden (koaxialen) Teilätzungen "aufeinandertreffen". Nach der sodann bevorzugt erfolgten vollständigen Passivierung der Innenoberfläche ("Relief") des Durchgangsloches, beispielsweise durch ein CVD-Verfahren oder dergleichen, kann ein vollständiges, durchgängiges Auffüllen ohne Materialübergänge mit einem (einzigen) elektrisch leitfähigen Material zwischen den beiden Substratoberflächen erfolgen. Dies bevorzugt mit einem Flüssig-Füllverfahren der oben bereits erläuterten Art. Damit resultiert eine homogene "Ein-Material"-Füllung der Struktur.

Die weiter oben für die integrierte Schaltung bzw. deren elektrische Durchkontaktierung bereits beschriebenen besonderen Ausgestaltungen und Weiterbildungen können in analoger Weise, einzeln oder in beliebigen Kombinationen, auch für das erfindungsgemäße Herstellungsverfahren vorgesehen sein.

Die Erfindung wird nachfolgend anhand von Ausführungsbeispielen mit Bezug auf die beigefügten Zeichnungen weiter beschrieben. Es stellen schematisch und nicht maßstäblich dar:

Fig. 1 die Herstellung einer elektrischen Durchkontaktierung in einem Substrat einer integrierten Schaltung gemäß eines ersten Ausführungsbeispiels,

- Fig. 2 ein derartiges Verfahren gemäß eines weiteren Ausführungsbeispiels,
- 5 Fig. 3 eine Darstellung zur Veranschaulichung einer gegenüber dem Beispiel von Fig. 1 abgewandelten Ausgestaltung eines elektrischen Verbindungselementes der elektrischen Durchkontaktierung,
- 10 Fig. 4 ein Ausführungsbeispiel der Herstellung einer integrierten Schaltung aus mehreren gestapelten Substraten, und
- 15 Fig. 5 die Anordnung des Substratstapels von Fig. 4 auf einen weiteren, als Schaltungsträger fungierenden Substrat.

Die Fig. 1a bis 1c veranschaulichen die Herstellung einer integrierten Schaltung 1 umfassend eine gestapelte Anordnung
20 aus einem ersten Substrat 10 und einem zweiten Substrat 20.

Mit Bezug auf Fig. 1c wird nachfolgend zunächst der Aufbau der bereits fertig hergestellten integrierten Schaltung 1 beschrieben.
25

Die Substrate 10, 20 bilden im dargestellten Beispiel ein erstes (oberes) Substrat (10) und ein zweites (unteres) Substrat (20) des Substratstapels.

30 Das Substrat 10 besitzt eine (obere) erste Oberfläche 11 und eine gegenüberliegende (untere) zweite Oberfläche 12. Das Substrat 20 besitzt eine (obere) erste Oberfläche 21 und eine gegenüberliegende (untere) zweite Oberfläche 22.

35 Als Material für die Substrate 10, 20 kann z. B. Silizium vorgesehen sein. Es kommen jedoch auch insbesondere alle in der Halbleiterindustrie zur Herstellung von mikroelektronisch integrierten Schaltungen üblichen Materialien in Betracht.

Im dargestellten Beispiel stellt das untere Substrat 20 lediglich einen Schaltungsträger bzw. eine Leiterplatte dar und dient somit vornehmlich zur elektrischen "Verdrahtung" des darauf angeordneten Substrates 10 und zur Schaffung von Möglichkeiten zur externen Kontaktierung der integrierten Schaltung 1. Insofern kann speziell das Substrat 20 z. B. auch aus einem Keramikmaterial oder Epoxidharz oder anderen elektrisch isolierenden Materialien hergestellt sein, wobei jedoch zumindest an dessen Oberseite elektrisch leitende Bereiche wie metallische Leiterbahnen bzw. Kontaktflächen vorzusehen sind.

An den ersten Oberflächen 11 und 21 der Substrate 10 und 20 sind jeweilige "funktionalisierte Bereiche" 13 bzw. 23 ausgebildet.

Diese funktionalisierten Bereiche 13 und 23, nachfolgend auch als Funktionsbereiche bezeichnet, beinhalten in an sich bekannter Weise essentielle elektrische bzw. elektronische Komponenten der integrierten Schaltung 1, wohingegen tiefer im Substratinneren liegende Bereiche ("bulk") vornehmlich als elektrische Isolation bzw. Träger für die Funktionsbereiche 13, 23 dienen.

Der Funktionsbereich 13 des ersten Substrates 10 kann insbesondere unterschiedlich dotierte Bereiche, Passivierungen (z. B. aus Oxiden oder Nitriden (z. B. SiO_2) oder auch Metallisierungen umfassen, um die jeweils gewünschten elektronischen Komponenten (z. B. Transistoren, Dioden, Widerstände etc.) und deren elektrische Verbindungen bereitzustellen (z. B. in CMOS-Technologie oder einer anderen geeigneten Technologie gefertigt). Als Teil des Funktionsbereiches 13 ist in den Figuren eine Kontaktfläche 14 (z. B. metallisierter Bereich) eingezeichnet.

Der Funktionsbereich 23 des zweiten Substrates 20 umfasst im dargestellten Beispiel im Wesentlichen Leiterbahnen, die zu verschiedenen Kontaktflächen führen bzw. solche Kontaktflä-

chen miteinander verbinden. In Fig. 1c eingezeichnet ist eine solche Kontaktfläche 24 (Metallschicht). Mit 25 ist eine so genannte Lötstoppschicht bezeichnet.

- 5 Die einzelnen Funktionsbereiche der aus mehreren Substraten gebildeten integrierten Schaltung 1 sind über eine oder mehrere elektrische Durchkontaktierungen miteinander verbunden.

10 In Fig. 1c ist beispielhaft eine solche Durchkontaktierung 40 eingezeichnet, welche eine elektrische Verbindung zwischen der Kontaktfläche 14 des ersten Substrates 10 und der Kontaktfläche 24 des zweiten Substrates 20 bereitstellt.

15 Konventionell ist bei dieser Durchkontaktierung 40, dass diese als ein von der ersten Substratoberfläche 11 zur zweiten Substratoberfläche 12 durch das Substrat 10 hindurch verlaufendes Durchgangsloch 42 ausgebildet ist, welches (nach Passivierung der Innenumfangsfläche) mit einem elektrisch leitfähigen Material aufgefüllt wurde (Das leitfähige Material ist in den Figuren schraffiert dargestellt). Bei dem leitfähigen Material handelt es sich im dargestellten Beispiel um ein Lot 44 aus Metall bzw. einer Metalllegierung (z. B. mit einem Schmelzpunkt im Bereich von 150°C bis 300°C). Konventionell ist bei dem dargestellten Beispiel auch, dass ein Loch-

20
25

Eine Besonderheit der Durchkontaktierung 40 besteht jedoch darin, dass das Durchgangsloch 42 eine Abstufung 46 aufweist, an der ein Übergang von einem kleineren Lochdurchmesser d1 seitens der ersten Oberfläche 11 zu einem größeren Lochquerschnitt d2 seitens der zweiten Oberfläche 12 erfolgt. Mit anderen Worten verkleinert sich über die Länge des Durchgangs-

30
35

Bei der Herstellung der integrierten Schaltung 1 (Fig. 1c) wurde wie folgt vorgegangen:

Zunächst wurde, wie in Fig. 1a dargestellt, das erste Substrat 10 (hier: Halbleitersubstrat, z. B. Silizium) bearbeitet, um an der Oberseite (erste Oberfläche 11) den Funktionsbereich 13 und durch das Substrat 10 hindurch verlaufend das Durchgangsloch 42 auszubilden. Hierfür kann vorteilhaft auf an sich bekannte Prozesse der Halbleiterindustrie zurückgegriffen werden (z. B. CMOS-Technologie). Das Durchgangsloch 42 kann z. B. mit Hilfe von üblichen Verfahren wie anisotropes Ätzen, Trockenätzen, anisotropes Nassätzen, Ätzen mit Unterstützung eines elektrischen Feldes oder Laserätzen ausgebildet werden, wobei im dargestellten Beispiel an einer Stelle im Lochverlauf die erwähnte Abstufung 46 erzeugt wird, an welcher im dargestellten Beispiel ein Übergang von dem kleineren Lochdurchmesser $d_1 = 5 \mu\text{m}$ (seitens der ersten Oberfläche 11) auf den größeren Lochdurchmesser $d_2 = 100 \mu\text{m}$ erfolgt.

Im dargestellten Beispiel befindet sich die Abstufung 46 in Höhenrichtung betrachtet relativ knapp (z. B. weniger als $10 \mu\text{m}$, insbesondere weniger als $5 \mu\text{m}$) unter dem Funktionsbereich 13. An der zweiten Oberfläche 12, im Bereich der Mündung des Durchgangsloches 42, ist koaxial zum Durchgangsloch 42 eine ringförmige Erhebung, hier ein Ring 50 aus Polymermaterial angeordnet, dessen Innenquerschnitt etwa dem Lochquerschnitt an dieser Stelle entspricht.

Sodann erfolgt ein durchgängiges und vollständiges Auffüllen des Durchgangsloches 42 (einschließlich des Ringes 50) mit dem elektrisch leitfähigen Material, im dargestellten Beispiel mit dem Lot 44. Dieses "voidfreie" Auffüllen des gesamten Lochreliefs in "einem Schuss" und mit einem einzigen Material erfolgt mittels eines Flüssig-Befüllverfahrens, bei welchem das Substrat 10 beispielsweise unter Vakuum vollständig in ein Bad des verflüssigten Lotes 44 (z. B. bei einer Temperatur von mehr als 150°C) eingetaucht wird, wobei mit einer Druckerhöhung nach dem Untertauchen bewirkt wird, dass das flüssige Lot in die Durchgangsöffnung hineingedrückt wird. Nach dem Entfernen des Substrates 10 aus dem Lotbad

(und Erstarren des Lotes 44) ergibt sich z. B. der in Fig. 1b dargestellte Zustand, bei welchem das Durchgangsloch 42 vollständig und homogen mit dem elektrisch leitfähigen Material (Lot 44) gefüllt ist, wobei an der Substratoberseite die metallische Kontaktfläche 14 benetzt wurde und an der Substratunterseite am distalen Ende des Polymerringes 50 ein konvexer Überstand eines Anteils des Lotes 44 vorhanden ist. Der Ring 50 dient gewissermaßen als Begrenzungsring zur lateralen Begrenzung des an der unteren Mündung des Durchgangsloches 42 herausstehenden Lotes 44 und bildet zusammen mit diesem Lot 44 ein vorteilhaftes elektrisches "Verbindungselement" zur Kontaktierung der Durchkontaktierung 40 mit einem anderen Substrat bzw. Schaltungsträger. Der Ring 50 (oder eine andere diesem Zweck dienende ringförmig geschlossene Erhebung) wurde z. B. durch ein photolithographisches Verfahren an der zweiten Oberfläche 12 des Substrates 10 ausgebildet.

Im dargestellten Beispiel, wie in Fig. 1b unten dargestellt, wird sodann das zweite Substrat 20 derart an das erste Substrat 10 angefügt, dass eine elektrische Kontaktierung der Durchkontaktierung 40 an der metallischen Kontaktfläche 24 des Funktionsbereiches 23 des zweiten Substrates 20 erfolgt. Dies bevorzugt unter geeignet erhöhter Temperatur, so dass der aus dem Ring 50 hervorstehende Anteil des Lotes 44 die Kontaktfläche 24 hierbei gut benetzt.

Es resultiert die in Fig. 1c dargestellte und bereits beschriebene Struktur, bei welcher die integrierte Schaltung 1 aus den beiden vertikal gestapelt aneinandergesetzten Substraten 10 und 12 gebildet wird. Selbstverständlich kann das Substrat 10 in der Praxis mit einer Vielzahl von Durchkontaktierungen der dargestellten Art versehen werden, die z. B. gleichzeitig durch dieselben Prozessschritte ausgebildet werden. Die im dargestellten Ausführungsbeispiel veranschaulichte vertikale Stapelung schließt keineswegs aus, dass zusätzlich auch eine horizontale Stapelung bzw. Nebeneinanderanordnung von Substraten erfolgt. Bei dem dargestellten Beispiel könnte das als Schaltungsträger fungierende zweite Substrat

20 beispielsweise mehrere (nebeneinander) darauf angeordnete erste Substrate (wie das dargestellte Substrat 10) tragen.

Mit der besonderen Ausgestaltung der Durchkontaktierung 40

5 ist vorteilhaft der Aufbau von geometrisch platzsparenden multifunktionalen Systemen ermöglicht, bei denen mehrere Substrate nicht nur lateral sondern alternativ oder zusätzlich auch vertikal gestapelt zu einer integrierten Schaltung zusammengefasst werden können. Mittels der erfindungsgemäßen

10 Durchkontaktierung, bei welcher zumindest an einer Substratoberfläche (an welcher ein funktionalisierter Bereich ausgebildet ist) ein besonders kleiner Lochquerschnitt bzw. Lochdurchmesser vorgesehen ist, wird wertvolle Oberfläche im Bereich des funktionalisierten Bereich eingespart, wobei aufgrund des größeren Lochquerschnittes im Inneren des Substrates dennoch eine durchgehende Befüllung des Durchgangsloches mit hoher Qualität (insbesondere ohne Einschlüsse) gut gelingt. Die Grundidee des Ausführungsbeispiels gemäß Fig. 1 besteht darin, die Durchkontaktierung 40 in drei Bereiche

20 einzuteilen, die der jeweiligen Funktionalität speziell angepasste Besonderheiten aufweisen: Im aktiven Bereich (Funktionsbereich 13) besitzt das Durchgangsloch 42 einen relativ kleinen Durchmesser, so dass sich eine hohe Effizienz der Flächenausnutzung im Bereich der ersten Oberfläche 11 ergibt. Demgegenüber ist im "bulk" des Substrates 10 ein relativ großer Lochquerschnitt vorgesehen, der sich abweichend vom dargestellten Ausführungsbeispiel auch mehrstufig zur zweiten Oberfläche 12 hin vergrößern könnte. Damit ergibt sich eine problemlosere Befüllung wie auch vorteilhaft eine hohe elektrische Leitfähigkeit. Das an der zweiten Oberfläche 12 vorgesehene Verbindungselement, wie insbesondere die mit dem Ring

30 50 realisierte Polymereinfassung, verbessert schließlich vorteilhaft die thermomechanische Zuverlässigkeit der damit bewerkstelligten elektrischen Kontaktierung.

35

Diese drei Bereiche können vorteilhaft in einem Prozessschritt, mit einem lötfähigen, leitfähigen Material (hier: Lot 44) ohne zusätzliche verkomplizierende Maßnahmen gefüllt

und somit gleichzeitig erzeugt werden. Das vereinfacht den Prozess und erhöht die Produktzuverlässigkeit.

5 Mit anderen Worten wird bei dem dargestellten Beispiel eine gestufte Durchkontaktierung 40 vorgesehen, die zusammen mit dem elektrischen Verbindungselement ("Solder-Bump") zu einem durchgängigen und homogenen elektrischen Leiter ohne "Interfaces" integriert wird. Die mechanische Unterstützung des zur Kontaktierung verwendeten Lotanteiles durch den Begrenzungs-
10 ring 50 erweitert die Funktionalität der Durchkontaktierung 40 erheblich.

Die Erfindung ermöglicht somit vorteilhafte Stapelungen von mehreren Substraten mit einer "3D-Kontaktierung".

15 Bei der nachfolgenden Beschreibung von weiteren Ausführungsbeispielen werden für gleichwirkende Komponenten die gleichen Bezugszahlen verwendet, jeweils ergänzt durch einen kleinen Buchstaben zur Unterscheidung der Ausführungsform. Dabei wird
20 im Wesentlichen nur auf die Unterschiede zu dem bzw. den bereits beschriebenen Ausführungsbeispielen eingegangen und im Übrigen hiermit ausdrücklich auf die Beschreibung vorangegangener Ausführungsbeispiele verwiesen.

25 Die Fig. 2a bis 2c zeigen in einer den Fig. 1a bis 1c entsprechenden Darstellung ein modifiziertes Ausführungsbeispiel.

Die Modifikation gegenüber dem bereits beschriebenen Ausführungsbeispiel besteht darin, dass ein an der Unterseite eines
30 ersten Substrates 10a angeordneter Polymerring 50a mit einer benetzbaren Beschichtung 52a versehen ist, die sich im dargestellten Beispiel ausgehend von der distalen Stirnfläche des Ringes 50a auch über die gesamte Mantelfläche des Ringes 50a
35 erstreckt.

Wenn das Auffüllen des betreffenden Durchgangsloches 42a mit einem verflüssigtem Lot 44a erfolgt, so benetzt der aus dem

distalen Ende des Ringes 50a hervortretende Anteil des Lotes 44a die Metallbeschichtung 52a, was bei dem Flüssig-Befüllprozess die Ausbildung eines zuverlässigen elektrischen Verbindungselementes mittels des Ringes 50a begünstigt.

5

Ansonsten gelten für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 2 die oben bereits für das Ausführungsbeispiel gemäß Fig. 1 gegebenen Erläuterungen.

10 Den Beispielen gemäß der Fig. 1 und Fig. 2 ist gemeinsam, dass an der Unterseite eines ersten Substrates bzw. dem dort ausgebildeten Begrenzungsring Lotmaterial absteht. Gemäß einer bevorzugten Ausführungsform besitzt dieser Lotüberstand eine ballige Form, wofür bei einem nicht-benetzbaren Ringma-
15 terial (z. B. Polymer) die erwähnte Beschichtung aus einem benetzbaren Material (Metallbeschichtung 52a) von Vorteil ist.

Eine alternative Möglichkeit zur Verbesserung der Ausbildung eines "Lötbällchens" am distalen Ende eines Begrenzungsringes veranschaulicht die in Fig. 3 beispielhaft gezeigte Ausges-
20 taltung eines (ebenfalls nicht-benetzbaren) Ringes 50b, z. B. wieder aus Polymermaterial.

25 Die Teilfiguren 3a bis 3c stellen verschiedene Stadien des Befüllprozesses dar. Fig. 3a zeigt den noch unbefüllten Zustand. Eine Besonderheit des Ringes 50b besteht darin, dass dieser ausgehend von einer etwa zylindrischen zentralen Kavität sternförmig nach außen hin abstehende Ausbuchtungen 54b
30 aufweist, welche als Lotreservoir für das nachfolgend eingebrachte Lot 44b fungieren.

Wie in Fig. 3b dargestellt kann in diesen Ausbuchtungen 54b eine gewisse Menge des Lotes 44b eingebracht werden, insbe-
35 sondere wenn z. B. aufgrund der mangelnden Benetzbarkeit des Ringmaterials kein Überstand des Lotes 44b am distalen Ende des Ringes 50b ausgebildet wird. Diese Situation ist in Fig. 3b dargestellt.

Nach einer derartigen Befüllung des Durchgangsloches 42b und des Ringes 50b mitsamt dessen Reservoir (Ausbuchtungen 54b) kann jedoch ein Umschmelzen des Lotes 44b erfolgen, bei welchem sich die Gesamtoberfläche des Lotes 44b im Ring 50b verringert und sich ein mehr oder weniger kugelförmiger Ball (Lötballchen) ergibt, welcher dann auch dem Ring 50b hervorsteht. Diese Situation ist in Fig. 3c dargestellt.

Die Fig. 4a bis 4c zeigen ein weiteres Ausführungsbeispiel der Herstellung einer integrierten Schaltung 1c (Fig. 4c).

Wie in Fig. 4a dargestellt, werden zunächst separat zwei Substrate 10c und 30c bereitgestellt und wenigstens zum Teil mit Durchgangslöchern 42c der oben bereits beschriebenen Art versehen. Das in Fig. 4a dargestellte Substrat 10c entspricht von der Ausführung her dem in Fig. 2a gezeigten und bereits erläuterten Beispiel. Bei der Darstellung des Substrates 30c wurden in Fig. 4a gleichzeitig zwei Varianten eingezeichnet, nämlich im linken Teil der Figur mit zum ersten Substrat 10c hinweisendem Funktionsbereich 33c und im rechten Teil der Figur mit diesem Substrat 10c abgewandtem Funktionsbereich 33c. Erste und zweite Oberflächen des Substrates 30c sind mit 31c bzw. 32c bezeichnet.

Wie aus Fig. 4b ersichtlich, werden die beiden Substrate 10c und 30c sodann in einer gestapelten Anordnung zueinander positioniert. Das Substrat 30c wird hierbei an der (oberen) ersten Oberfläche 11c des ersten Substrates 10c aufgestapelt.

Der in Fig. 4b dargestellte Substratstapel wird sodann einem Flüssig-Befüllvorgang unterzogen, beispielsweise wie oben bereits beschrieben (durch Eintauchen des Substratstapels in ein Bad aufgeschmolzenen Lotes), um die Durchgangslöcher 42c und an der (unteren) zweiten Oberfläche 12c des Substrates 10c befindliche Verbindungselementringe 50c in "einem Schuss" mit Lot 44c zu füllen.

Es resultiert der in Fig. 4c gezeigte Zustand, in welchem die Durchgangslöcher 42c homogen und durchgängig mit Lot 44c gefüllt sind und hierbei gleichzeitig auch die entsprechenden Durchkontaktierungen 40c fertig gestellt sind.

5

Wie aus Fig. 4c ersichtlich, gibt es hinsichtlich der elektrischen Verbindungen, welche durch die Durchkontaktierungen 40c geschaffen werden, verschiedenste Möglichkeiten.

10 Beispielsweise ist für die in Fig. 4c ganz links eingezeichnete Durchkontaktierung 40c vorgesehen, dass am oberen Ende ein elektrischer Kontakt mit Kontaktflächen sowohl des Substrates 10c als auch des Substrates 30c geschaffen ist. Bei der in der Figur rechts benachbarten Durchkontaktierung 40c
15 ist hingegen am oberen Ende lediglich ein Kontakt mit einer Kontaktfläche im Funktionsbereich 13c des Substrates 10c geschaffen. Aus dem rechten Teil der Fig. 4c sind weitere (selbsterklärende) Varianten der hergestellten elektrischen Verbindungen ersichtlich.

20

Beispielsweise um die in Fig. 4c gezeigte integrierte Schaltung 1c in einem üblichen Gehäuse (z. B. Epoxidharzummantelung) einzuschließen und eine elektrische Verbindung aus einem solchen Gehäuse heraus vorsehen zu können, können

25 schließlich die an der Unterseite des Substrates 10c ausgebildeten elektrischen Verbindungselemente (Ringe 50c mit davon herausstehenden Anteilen an Lot 44c) auf ein weiteres, als Schaltungsträger dienendes Substrat 20c aufgesetzt und somit kontaktiert werden, wie dies in Fig. 5 dargestellt ist.

30

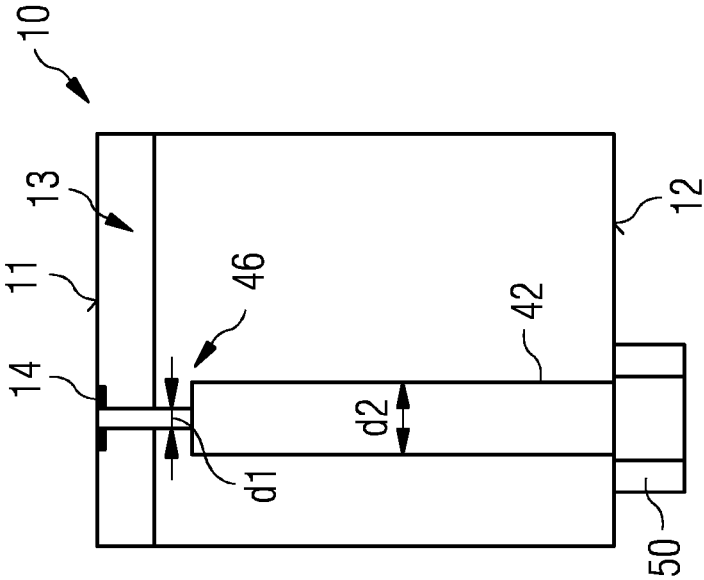
Patentansprüche

1. Integrierte Schaltung, umfassend ein Substrat (10) mit einer ersten Oberfläche (11) und einer gegenüberliegenden zweiten Oberfläche (12), wobei ein funktionalisierter Bereich (13) zumindest an der ersten Oberfläche (11) ausgebildet ist und wobei wenigstens eine elektrische Durchkontaktierung (40) als ein von der ersten Oberfläche (11) zur zweiten Oberfläche (12) durch das Substrat (10) hindurch verlaufendes und mit einem elektrisch leitfähigen Material (44) durchgängig aufgefülltes Durchgangsloch (42) vorgesehen ist, dadurch gekennzeichnet, dass das Durchgangsloch (42) wenigstens eine Abstufung (46) aufweist, an der ein Übergang von einem kleineren Lochquerschnitt (d1) seitens der ersten Oberfläche (11) zu einem größeren Lochquerschnitt (d2) seitens der zweiten Oberfläche (12) erfolgt.
2. Integrierte Schaltung nach Anspruch 1, wobei ein Durchmesser (d1) des kleineren Lochquerschnittes kleiner als 20 µm, insbesondere kleiner als 10 µm ist.
3. Integrierte Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei ein Durchmesser (d1) des kleineren Lochquerschnittes kleiner als 200%, insbesondere kleiner als 100%, der Höhe des funktionalisierten Bereiches (13) ist.
4. Integrierte Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei sich die Durchmesser (d1, d2) des kleineren Lochquerschnittes und des größeren Lochquerschnittes um mindestens einen Faktor 2 voneinander unterscheiden.
5. Integrierte Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei der Abstand der Abstufung (46) von der ersten Oberfläche (11) kleiner als der Abstand der Abstufung (46) von der zweiten Oberfläche (12) ist.

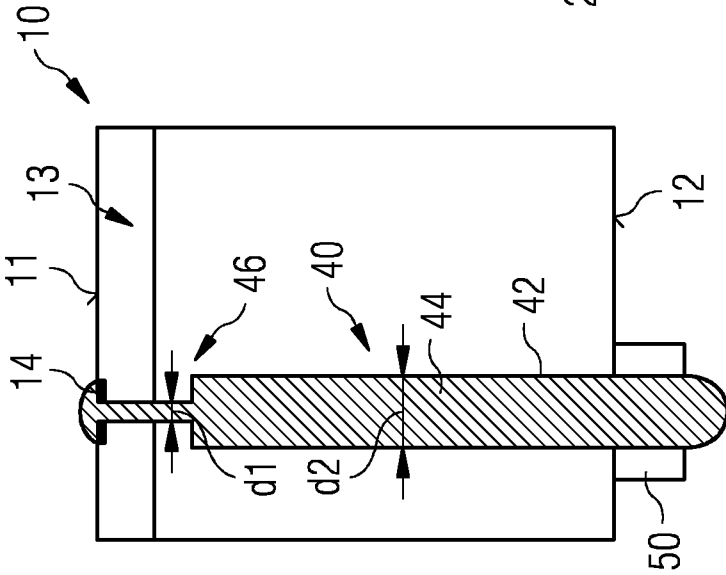
6. Integrierte Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei an der zweiten Oberfläche (12) die Mündung des Durchgangsloches (42) umgebend ein von der zweiten Oberfläche (12) abstehender Ring (50) vorgesehen ist, der
5 in einem Ausmaß mit dem leitfähigen Material (44) gefüllt ist, so dass das leitfähige Material (44) aus dem distalen Ende des Ringes (50) heraussteht.
7. Integrierte Schaltung nach einem der vorangehenden Ansprüche, wobei das genannte Substrat (10) eines von mehreren gestapelt angeordneten und elektrisch miteinander kontaktierten Substraten (10, 20, 30) darstellt.
- 10 8. Verfahren zur Herstellung einer elektrischen Durchkontaktierung (40) in einem Substrat (10) für eine integrierte Schaltung, umfassend die Schritte:
- 15 - Ausbilden eines von einer ersten Oberfläche (11) des Substrates (10) zu einer gegenüberliegenden zweiten Oberfläche (12) des Substrates (10) durch das Substrat (10) hindurch verlaufenden Durchgangsloches (42), und
- 20 - durchgängiges Auffüllen des Durchgangsloches (42) mit einem elektrisch leitfähigen Material (44),
- 25 dadurch gekennzeichnet, dass das Durchgangsloch (42) mit wenigstens einer Abstufung (46) ausgebildet wird, an der ein Übergang von einem kleineren Lochquerschnitt (d1) seitens der ersten Oberfläche (11) zu einem größeren Lochquerschnitt (d2) seitens der zweiten Oberfläche (12)
- 30 erfolgt.

FIG 1

a)



b)



c)

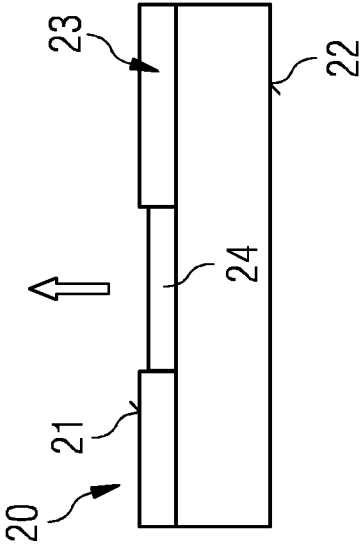
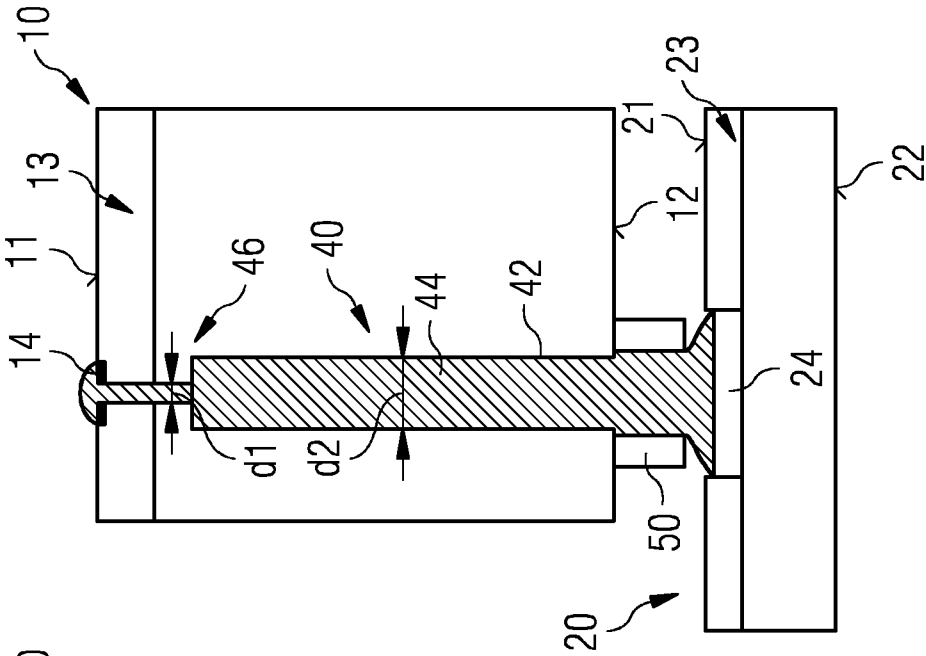


FIG 2

a)

b)

c)

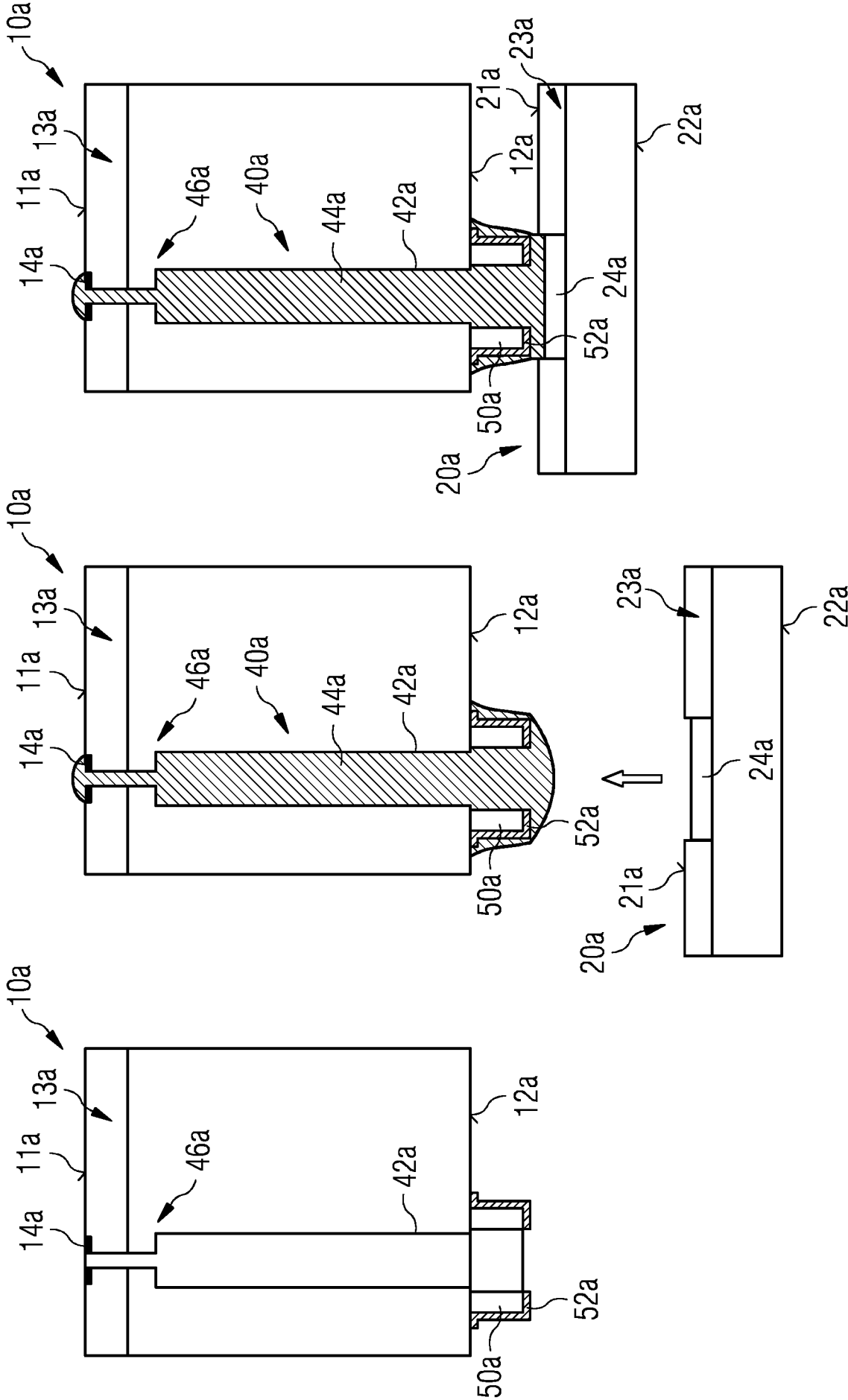
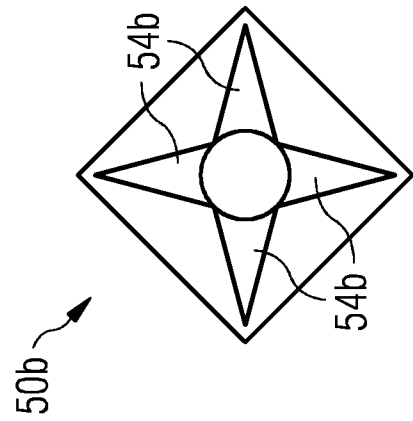
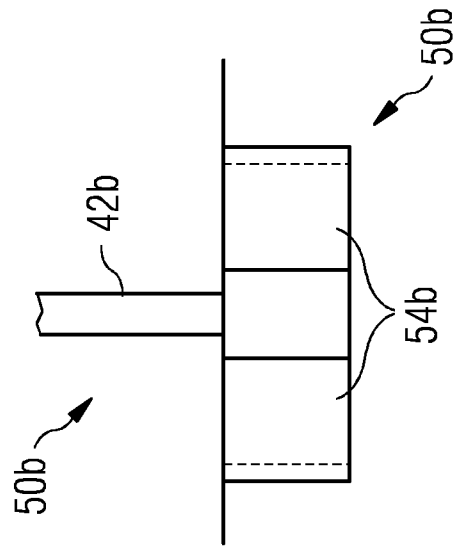
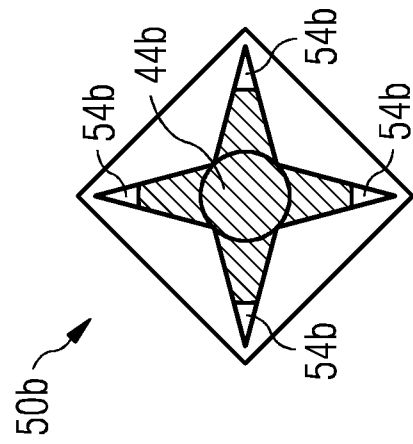
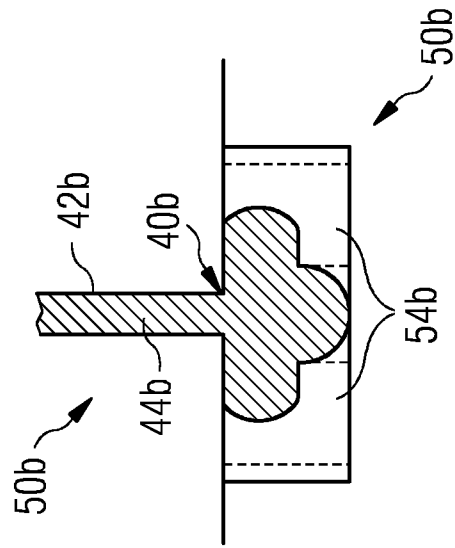


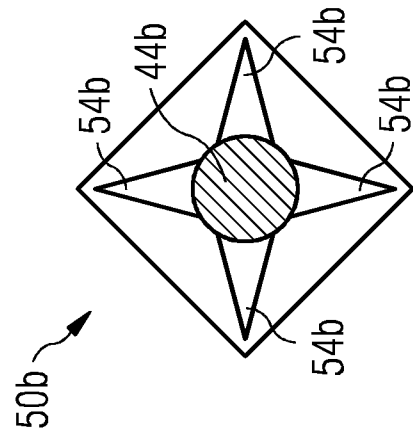
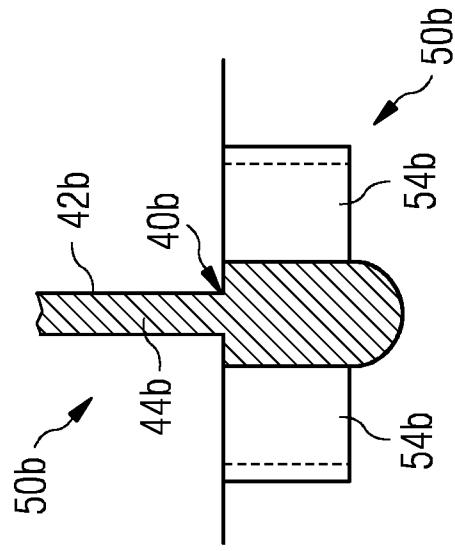
FIG 3 a)

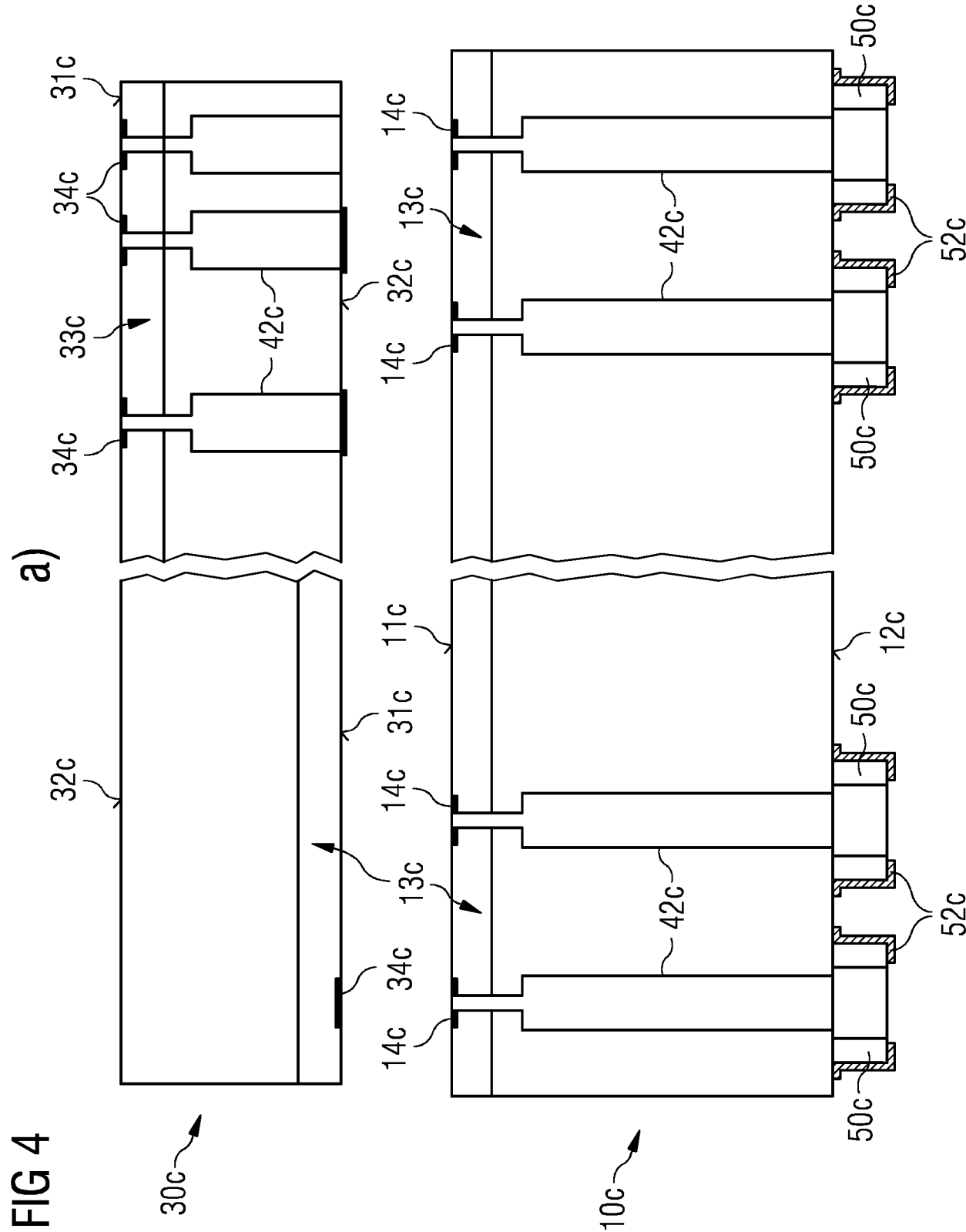


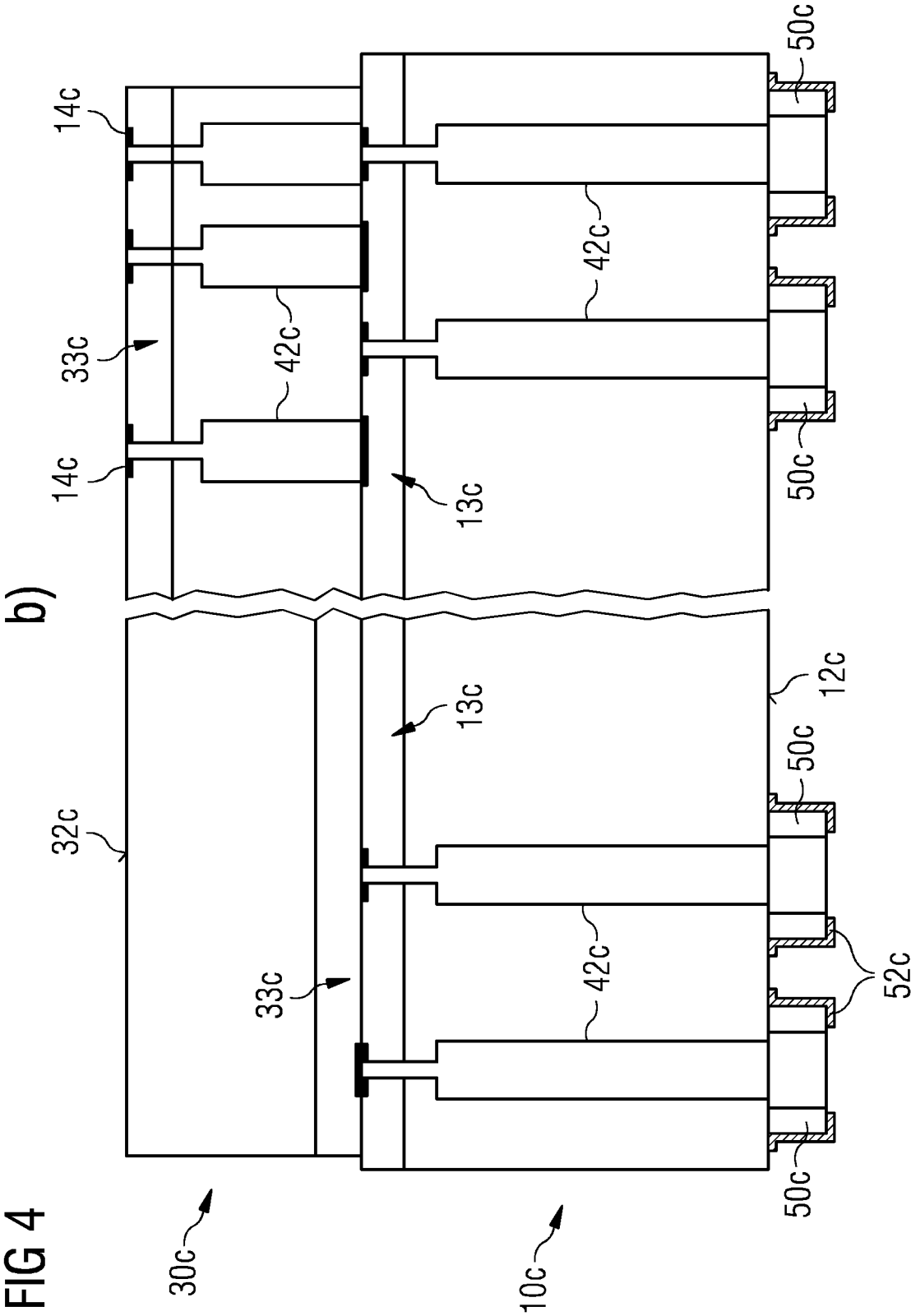
b)

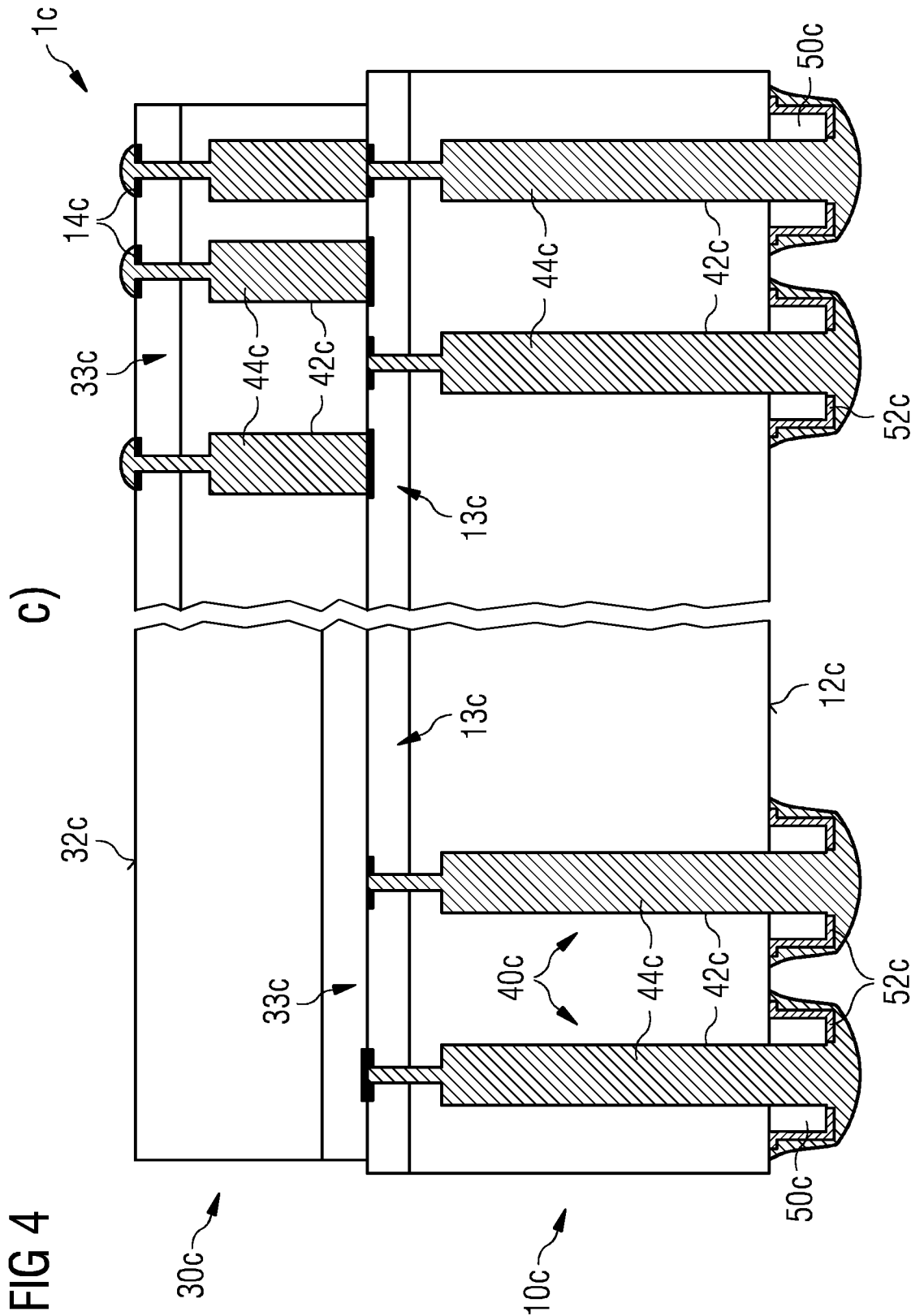


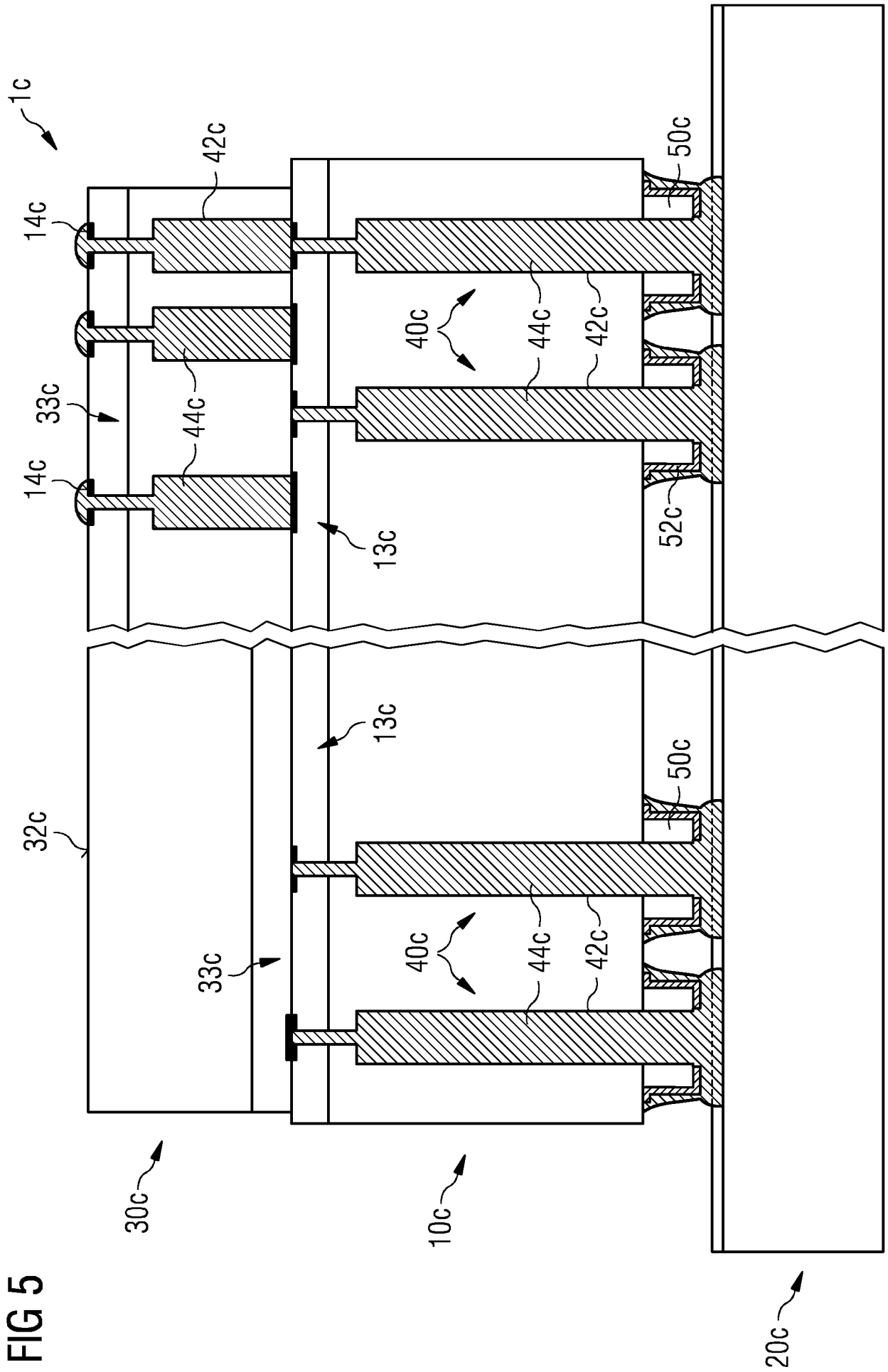
b)











INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053849

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER
INV. H01L21/768 H01L23/48
ADD.

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 2010/001378 A1 (DENATALE JEFFREY F [US] ET AL) 7 January 2010 (2010-01-07) paragraph [0016] - paragraph [0017] paragraph [0024] paragraph [0030]; figures 1a-g,2 -----	1-5,7,8
X	US 2006/046471 A1 (KIRBY KYLE K [US] ET AL) 2 March 2006 (2006-03-02) paragraph [0009] - paragraph [0013] paragraph [0034] - paragraph [0052] paragraph [0059] - paragraph [0061]; figures 1-3,5,12 ----- -/-	1-5,7,8



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

8 June 2012

Date of mailing of the international search report

15/06/2012

Name and mailing address of the ISA/

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

Authorized officer

Micke, Kornelia

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2012/053849

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	US 2009/305502 A1 (LEE HO-JIN [KR] ET AL) 10 December 2009 (2009-12-10)	1,7
Y	paragraph [0034] paragraph [0041] paragraph [0057] - paragraph [0062]; figures 5,25-35 -----	6
Y	US 2010/032834 A1 (VANALLI GIAN PIETRO [IT] ET AL) 11 February 2010 (2010-02-11) paragraph [0003] - paragraph [0012] paragraph [0025] - paragraph [0042] paragraph [0051]; figure 9 -----	6

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2012/053849

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member(s)	Publication date
US 2010001378	A1	07-01-2010	NONE

US 2006046471	A1	02-03-2006	US 2006046471 A1 02-03-2006
			US 2007001168 A1 04-01-2007

US 2009305502	A1	10-12-2009	KR 20090128105 A 15-12-2009
			US 2009305502 A1 10-12-2009
			US 2011086486 A1 14-04-2011

US 2010032834	A1	11-02-2010	NONE

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. H01L21/768 H01L23/48
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 2010/001378 A1 (DENATALE JEFFREY F [US] ET AL) 7. Januar 2010 (2010-01-07) Absatz [0016] - Absatz [0017] Absatz [0024] Absatz [0030]; Abbildungen 1a-g,2 -----	1-5,7,8
X	US 2006/046471 A1 (KIRBY KYLE K [US] ET AL) 2. März 2006 (2006-03-02) Absatz [0009] - Absatz [0013] Absatz [0034] - Absatz [0052] Absatz [0059] - Absatz [0061]; Abbildungen 1-3,5,12 ----- -/-	1-5,7,8



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 erscheinen 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

8. Juni 2012

Absendedatum des internationalen Recherchenberichts

15/06/2012

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

Micke, Kornelia

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN		
Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
X	US 2009/305502 A1 (LEE HO-JIN [KR] ET AL) 10. Dezember 2009 (2009-12-10)	1,7
Y	Absatz [0034] Absatz [0041] Absatz [0057] - Absatz [0062]; Abbildungen 5,25-35	6
Y	----- US 2010/032834 A1 (VANALLI GIAN PIETRO [IT] ET AL) 11. Februar 2010 (2010-02-11) Absatz [0003] - Absatz [0012] Absatz [0025] - Absatz [0042] Absatz [0051]; Abbildung 9 -----	6

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2012/053849

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument	Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie	Datum der Veröffentlichung
US 2010001378 A1	07-01-2010	KEINE	
US 2006046471 A1	02-03-2006	US 2006046471 A1	02-03-2006
		US 2007001168 A1	04-01-2007
US 2009305502 A1	10-12-2009	KR 20090128105 A	15-12-2009
		US 2009305502 A1	10-12-2009
		US 2011086486 A1	14-04-2011
US 2010032834 A1	11-02-2010	KEINE	