

(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
13. März 2008 (13.03.2008)

PCT

(10) Internationale Veröffentlichungsnummer
WO 2008/028512 A1

(51) Internationale Patentklassifikation:
G01J 5/20 (2006.01) **H01L 27/146** (2006.01)

(74) Anwälte: **SCHOPPE, Fritz** usw.; SCHOPPE, ZIMMER-
MANN, STÖCKELER & ZINKLER, Postfach 246, 82043
Pullach bei München (DE).

(21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2006/008790

(81) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare nationale Schutzrechtsart): AE, AG, AL,
AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BW, BY, BZ, CA, CH,
CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, EG, ES,
FI, GB, GD, GE, GH, GM, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS,
JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS,
LT, LU, LV, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MY,
MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PG, PH, PL, PT, RO, RS,
RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, SV, SY, TJ, TM, TN,
TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(22) Internationales Anmeldedatum:
8. September 2006 (08.09.2006)

(25) Einreichungssprache: Deutsch

(26) Veröffentlichungssprache: Deutsch

(71) **Anmelder** (für alle Bestimmungsstaaten mit Aus-
nahme von US): **FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT
ZUR FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V.** [DE/DE]; Hansastrasse 27c, 80686
München (DE).

(84) **Bestimmungsstaaten** (soweit nicht anders angegeben, für
jede verfügbare regionale Schutzrechtsart): ARIPO (BW,
GH, GM, KE, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG,
ZM, ZW), eurasisches (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU,
TJ, TM), europäisches (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK,
EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC,
NL, PL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG,
CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

(72) **Erfinder; und**

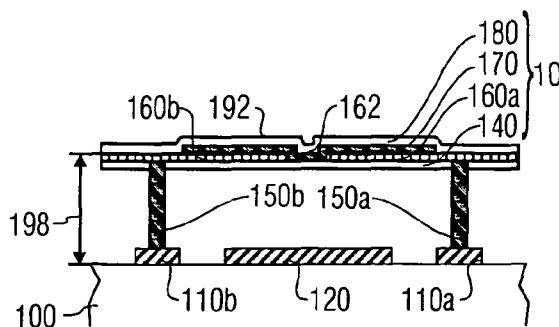
(75) **Erfinder/Anmelder** (nur für US): **VOGT, Holger**
[DE/DE]; Rotdornbogen 28, 45481 Mülheim (DE). **RUSS,
Marco** [DE/DE]; Timmerhausacker 8, 46145 Oberhausen
(DE).

Veröffentlicht:

— mit internationalem Recherchenbericht

(54) **Title:** BOLOMETER AND METHOD FOR PRODUCING A BOLOMETER

(54) **Bezeichnung:** BOLOMETER UND VERFAHREN ZUM HERSTELLEN EINES BOLOMETERS



(57) **Abstract:** A bolometer comprises a membrane, a first spacer and a second spacer, wherein the membrane comprises a resistance layer and a contact layer. On a side facing a substrate, the contact layer has a first contact region, in which the first spacer electrically contact-connects the contact layer, and a second contact region, in which the second spacer electrically contact-connects the contact layer. This keeps the membrane at a predetermined distance from the substrate. The contact layer is interrupted in the lateral direction by a gap, with the result that the contact layer is divided at least into two parts, the first part of which has the first contact region and the second part of which has the second contact region, and there is no direct connection between the first contact region and the second contact region within the contact layer, wherein the resistance layer is in contact with the first part of the contact layer and the second part of the contact layer.

(57) **Zusammenfassung:** Ein Bolometer umfasst eine Membran, einen ersten Abstandshalter und einen zweiten Abstandshalter, wobei die Membran eine Widerstandsschicht und eine Kontaktschicht umfasst. Die Kontaktschicht weist an einer einem Untergrund zugewandten Seite einen ersten Kontaktbereich auf, an dem der erste Abstandshalter die Kontaktschicht elektrisch kontaktiert, und einen zweiten Kontaktbereich auf, an dem der zweite Abstandshalter die Kontaktschicht elektrisch kontaktiert. Dadurch wird die Membran in einem vorbestimmten Abstand zu dem Untergrund gehalten. Die Kontaktschicht ist lateral durch einen Spalt unterbrochen, so dass sich die Kontaktschicht zumindest in zwei Teile gliedert, von denen der erste Teil den ersten Kontaktbereich und der zweite Teil den zweiten Kontaktbereich aufweist und innerhalb der Kontaktschicht keine direkte Verbindung von dem ersten Kontaktbereich und dem zweiten Kontaktbereich existiert, und wobei sich die Widerstandsschicht in Kontakt zu dem ersten Teil der Kontaktschicht und zu dem zweiten Teil der Kontaktschicht befindet.

WO 2008/028512 A1

Bolometer und Verfahren zum Herstellen eines BolometersBeschreibung

5

Die vorliegende Erfindung bezieht sich auf ein Bolometer und ein Verfahren zum Herstellen eines Bolometers und insbesondere auf eine skalierbare Mikrobolometerstruktur.

- 10 Ein Bolometer ist ein Gerät zum Messen einer elektromagnetischen Strahlungsintensität eines bestimmten Wellenlängenbereiches (ca. 3-15 μm). Es umfasst einen Absorber, der die elektromagnetische Strahlung in Wärme umwandelt, und eine Vorrichtung zur Messung einer Temperaturerhöhung. In Abhän-
- 15 gigkeit von einer Wärmekapazität des Materials besteht ein direkter Zusammenhang zwischen einer Menge an absorbierte Strahlung und der resultierenden Temperaturerhöhung. Damit kann die Temperaturerhöhung als ein Maß für eine Intensität einer eingefallenen Strahlung dienen. Besonders interessant
- 20 sind Bolometer zum Messen einer Infrarotstrahlung, wo die meisten Bolometer eine höchste Sensitivität aufweisen.

Ein Bolometer kann in der Technik als Infrarotsensor, Bildaufnehmer für ein Nachtsichtgerät oder als Wärmebildkamera

25 verwandt werden.

Ein Bolometer, welches als Infrarotsensor dient umfasst eine dünne Schicht, die thermisch isoliert in dem Sensor angeordnet ist, z.B. als Membran aufgehängt. Die Infrarot-

30 strahlung wird in dieser Membran absorbiert, die dadurch ihre Temperatur erhöht. Besteht diese Membran aus einem metallischen oder vorzugsweise einem halbleitenden Material, so ändert sich der elektrische Widerstand abhängig von der Temperaturerhöhung und dem Temperaturkoeffizienten des Widerstandes des verwendeten Materials. Beispielwerte für

35 verschiedene Materialien sind in dem Dokument: R.A. Wood: "Monolithic silicon microbolometer arrays," *Semiconductor Semimetals*, vol. 47, pp. 43-121, 1997 zu finden. Alternativ

ist die Membran ein Isolator (Siliziumoxid oder Siliziumnitrid), auf der der Widerstand als weitere dünne Schicht abgeschieden wurde. Bei anderen Ausführungen sind zusätzlich zur Widerstandsschicht Isolationsschichten und eine
5 Absorberschicht angebracht.

Die Temperaturabhängigkeit von Metallschichtwiderständen ist linear, Halbleiter als Widerstandsmaterial haben eine exponentielle Abhängigkeit. Eine ebenfalls hohe Abhängig-
10 keit versprechen Dioden als Wärmedetektoren mit ihrer Strom-Spannungskennlinie nach

$$I_D = I_0 \cdot (\exp\{eU_D/kT\} - 1)$$

15 wobei T die Temperatur, k die Boltzmann Konstante, e die elektrische Elementarladung, I_D und U_D eine Stromstärke und Spannung in der Diode bezeichnet sowie I_0 eine Spannungs-unabhängige Konstante ist.

20 Bolometer können als einzelne Sensoren dienen, aber auch als Zeilen oder 2D-Arrays aufgebaut sein. Zeilen und Arrays werden heute typisch mit Verfahren der Mikrosystemtechnik in Oberflächenmikromechnik auf Siliziumsubstrat hergestellt. Hier spricht man von Mikrobolometer-Arrays.

25 Eine bevorzugte Wellenlänge der zu detektierenden Infrarotstrahlung liegt bei 8-14 μm , da in diesem Wellenlängenbereich Materie strahlt, die in etwa Raumtemperatur (300 K) hat. Der Wellenlängenbereich von 3-5 μm ist ebenfalls inte-
30 ressanant wegen eines durchlässigen atmosphärischen Fensters.

Ein wesentlicher Vorteil der thermischen Bolometer gegenüber anderen (photonischen) IR-Detektoren (IR = infrarot) ist, dass sie bei Raumtemperatur, d.h. ungekühlt betrieben
35 werden können.

Ziel der Weiterentwicklung ist es, möglichst viele Bolometerzellen (Pixel) in einem Array anzuordnen. Somit weist

der Array eine höhere Pixelzahl auf und liefert eine bessere Auflösung eines Bildes bei gleicher Gesamtfläche (Chipfläche) des Arrays. So ist eine Anordnung von 160 x 120 Pixel üblich, 320 x 240 ebenfalls verfügbar, 640 x 480 Pixel (VGA-Auflösung) sind angekündigt, aber nur zu erheblichen Mehrkosten demnächst erhältlich. Gleichzeitig ist es sinnvoll, die Kosten des Arrays zu minimieren, um neue Märkte, z.B. den Automobilbereich, zu erschließen.

Die üblichen Abmessungen eines einzelnen Pixels im Array umfassen eine Pixelfläche von $35 \times 35 \mu\text{m}^2$ bis $50 \times 50 \mu\text{m}^2$. Damit beträgt eine Chipfläche bei 320 x 240 Pixel mindestens $12,2 \times 8,4 \text{ mm}^2 = 94 \text{ mm}^2$ (reine Pixelfläche) zuzüglich einer Fläche für eine Ausleseschaltung (z.B. 2 mm zusätzlich je Kante), in der Summe ca. 137 mm^2 . Da eine Ausbeute (die Anzahl guter Chips bezogen auf die Gesamtzahl auf einer Scheibe) stark abnimmt mit zunehmender Chipfläche, ist eine wirtschaftliche Fertigung eines solchen Arrays kaum noch möglich. Somit sollte eine Erhöhung der Pixelzahl mit einer Reduktion der Pixelfläche einhergehen. IR-Bildaufnehmer mit $35 \times 35 \mu\text{m}^2$ sind mittlerweile kommerziell verfügbar. Wie in dem Dokument <http://www-leti.cea.fr/commun/AR-2005/pdf/t7-2-Mottin.pdf> beschrieben, finden sich $25 \times 25 \mu\text{m}^2$ Arrays in der Entwicklung. Aber auch diese bereits skalierte Fläche führt bei Bildaufnehmern mit VGA-Auflösung zu einer unverhältnismäßig großen Chipfläche (abgeschätzt ca. 250 mm^2). Eine weitere Skalierung der Pixelfläche ist deshalb unbedingt notwendig. Ziel sind Pixel mit einer Pixelfläche von ca. $15 \times 15 \mu\text{m}^2$. Einer weiteren Verkleinerung steht dann entgegen, dass die dann eingesetzten Optiken eine sehr hohe Güte haben müssten, die wiederum nur zu sehr hohen Kosten machbar wäre.

Eine Detektion von Infrarot-Strahlung im Mikrobolometer beruht darauf, dass die Strahlung einen thermisch gut isolierten Widerstand erwärmt. Dieser ist temperaturabhängig und ändert daher seinen Widerstandswert als Funktion der Erwärmung. Eine Widerstandsänderung wird über ein ROIC

(ROIC = read out integrated circuit) ausgelesen. Typische Temperaturerhöhungen am Widerstand liegen im Bereich weniger Millikelvin (mK) je Grad Temperaturveränderung eines beobachteten Ziels. Damit diese Temperaturerhöhung am Bolometer möglich wird, muss der Widerstand thermisch sehr gut isoliert sein. Dies erreicht man, indem man den Widerstand auf einer Membran anordnet (oder ihn selbst als Membran ausbildet), die mit einem Abstand von einigen μm oberhalb einer Scheibenoberfläche angeordnet und an nur wenigen Punkten mit geringer Wärmeleitfähigkeit mit der Scheibenoberfläche bzw. mit einem Substrat verbunden ist.

Fig. 5 zeigt zwei ein Bolometer gemäß dem Stand der Technik, die in R.A. Wood: "Monolithic silicon microbolometer arrays," *Semiconductor Semimetals*, vol. 47, pp. 43-121, 1997, beschrieben sind. In Fig. 5a ist ein Single-Level-Pixel dargestellt mit einem Sensor 51, einer Elektronik 52, die sich auf einem Substrat 54 befindet, und eine Pixelgröße 53 aufweist. Fig. 5b zeigt ein Two-Level-Pixel, wo die Elektronik 52 unterhalb des Sensors 51 angebracht ist. Dieses Bolometer entspricht ebenfalls dem Stand der Technik und weist im Vergleich zu dem Bolometer, welches in Fig. 5a gezeigt ist, einen höheren Füllfaktor (Verhältnis aus IR-empfindlicher Fläche zur Gesamtfläche) auf.

Die Membran wird beispielsweise dadurch erzeugt, dass der Widerstand bzw. Sensor 51 auf einer Scheibenoberfläche 55 hergestellt wird und dann der Bereich unterätzt wird, so dass ein Hohlraum 56 entsteht. Durch lokales Entfernen von beispielsweise Silizium (Si), erhöht sich der Wärmewiderstand zwischen Widerstand auf der Membran 51 und dem Substrat 54. Eine Ausleseschaltung 52 wird neben der Membran 51 integriert und kostet somit zusätzliche Chipfläche. Daher ist eine Struktur aus Fig. 5b vorteilhafter, in der der Widerstand 51 in einer zweiten Ebene auf einer Membran oberhalb der Ausleseschaltung 52 angebracht ist.

Zur Messung des Widerstands sind zwei Kontaktpunkte notwendig. Sie können gebildet werden, indem Zuleitungen auf nach oben schrägen Abschnitten der Membran angeordnet sind. Die Schrägen dienen gleichzeitig als Abstandshalter für die Membran. Fig. 6 zeigt eine Raumsicht auf eine entsprechende Struktur mit einer Membran 10, die aus einem Träger 35 und einer Widerstandsschicht 18 besteht. Eine derartige Anordnung ist in der Abb. 2 in dem US Patent US 5,688,699 (Nov. 2, 1997; B.T. Cunningham, B.I. Patel: "Microbolometer") beschrieben. Die Membran 10 wird dabei durch schrägen Stützarmen 20, die eine elektrisch leitende Schicht 32 und eine thermischen Isolierschicht 22 aufweist, gehalten. Ein Kontakt der Membran 10 über die Stützarme 20 weist eine Überlappung 33 auf und die Stützarme 20 reichen bis in eine Epitaxieschicht 14, wo sich die entsprechende Schaltung (in der Figur nicht gezeigt) befindet. Die Epitaxischicht 14 befindet sich zwischen einem Substrat 12 und einer Isolierschicht 24.

Ist die Membran 10 eben (ohne Schrägen), so erfolgt die Signalzufuhr über metallische Stöpsel, die gleichzeitig als Abstandshalter dienen. Diese Struktur ist in <http://www-leti.cea.fr/commun/AR-2003/T5-Photodetection/25-J-LTissot.pdf> beschrieben und Fig. 7 zeigt eine Raumsicht auf eine derartige herkömmliche Struktur mit einer Membran 10 auf zwei Kontaktstöpsel 26a und 26b, die in einem Abstand 72 über einen Untergrund 73 gehalten wird. Die Membran 10 mit einer Größe 75 weist eine Dicke 74 auf und der Untergrund 73 umfasst einen Reflektor. Eine thermische Isolierung zu dem Untergrund 73 wird dabei über die Brücken 76a,b hergestellt. Auf dem Untergrund 73 befindet sich ein ROIC Input Pad 77, über den das Bolometer kontaktiert wird. Die Kontaktierung der Membran 10 weist dabei einen Überlapp 78 im Vergleich zu einem Durchmesser der Kontaktstöpsel 26a und 26b auf. Dieser Überlapp 78 verringert den Füllfaktor.

Optimale Absorption der IR-Strahlung erhält man dadurch, dass die Membran 10 einen Schichtwiderstand entsprechend

einem Ausbreitungswiderstands einer elektromagnetischen Welle in Luft ($377 \Omega/\square$) aufweist und in Höhe von $\lambda/4$ (ca. $2.5 \mu\text{m}$ bei der bevorzugten Wellenlänge λ von beispielsweise $8\text{--}14 \mu\text{m}$) über einem Reflektor 73 angeordnet ist.

5

In dem US Patent US 5,912,464 ist ein solches Bolometer und ein Verfahren zur Herstellung angeführt und in Fig. 8 ist ein Ausschnitt gezeigt. Fig. 8a zeigt einen Querschnitt durch eine Kontaktierung der Membran 10, wobei die Querschnittsebene durch eine Strich-Punkt-Linie in Fig. 8b mit einer Blickrichtung 81 gezeigt ist.

Der Kontaktstöpsel 26b kontaktiert ein Anschlusspad 77 und gleichzeitig eine Kontaktschicht 23. Weitere Schichten des Bolometers sind eine Reflexionsschicht 21, eine Opferschicht 22, die Bolometer- oder Widerstandsschicht 27 und Übergangsschichten 24 und 25. Die elektrische Kontaktierung der Widerstandsschicht 27 wird über die Kontaktschicht 23 hergestellt und die Übergangsschichten 24 und 25 dienen zur besseren Kontaktierung der Kontaktschicht 23. Die Kontaktschicht 23 erstreckt sich dabei schlangenförmig entlang der Widerstandsschicht 27 von einem Kontaktstöpsel 26a zu dem Kontaktstöpsel 26b. Die schlangenförmige Ausgestaltung der Elektrodenschicht 23 ist durch eine gestrichelte Linie 82 in Fig. 8b gezeigt. Die schlangenförmige Ausgestaltung der Elektrodenschicht 23 dient dabei einer besseren Absorption der Infrarotstrahlung.

Auch in diesem Bolometer gemäß dem Stand der Technik weist der Kontaktstöpsel 26b als auch die Membran 10 einen Überlapp auf. In Fig. 8a ist der Überlapp des Kontaktstöpsel 26b mit x gekennzeichnet und der Überlapp der Membran 10 mit y. Die Opferschicht 22 ist nur in dem hier gezeigten Zwischenschritt vorhanden und wird später entfernt.

35

Bei einer entsprechenden Prozessierung wird auf eine Scheibe mit integrierter Schaltung (z.B. in CMOS-Technologie; nicht in der Figur gezeigt) eine Opferschicht 22 aus Polyi-

mid als Abstandshalter aufgebracht. Im Bereich der Kontaktstöpsel 26a,b wird die Opferschicht 22 in Form eines Kontaktlochs geöffnet. In einer Ausführung, die in Fig. 8a gezeigt ist, wird nun eine metallische Kontaktschicht 25 abgeschieden und strukturiert, dann ein Kontaktmetall für die Kontaktstöpsel 26a,b abgeschieden. Dieses Metall wird so geätzt, dass es einen Rand des Kontaktlochs überlappt. Die Widerstandsschicht 27 wird abgeschieden und strukturiert. Zum Schluss wird die Opferschicht 22 unter der Membran 10 entfernt, so dass diese, gehalten von den Kontaktstöpseln 26a,b, über der Reflexionsschicht 21 schwebt und so ein $\lambda/4$ -Absorber entsteht.

Fig. 9 zeigt eine herkömmliche Kontaktierung wie sie auch in dem Beispiel von Fig. 8 verwendet wird. Der Kontaktstöpsel 26b weist dabei einen Überlapp x über einen Durchmesser z des Kontaktstöpsels 26b auf und die Membran 10 weist einen Überlapp um einen Wert y über den Kontaktstöpsel 26b auf.

20

Allen Ausführungsformen, die in dem US Patent US 5,912,464 beschrieben sind, aber auch den Strukturen nach dem US Patent US 5,688,699 oder aus dem Dokument <http://www-leti.cea.fr/commun/AR-2003/T5-Photodetection/25-J-LTissot.pdf> ist gemein, dass das Kontaktmetall über den Durchmesser z des Kontaktstöpsels 26b hinausragt (Abstand x in Fig. 9). Die Membran 10 selbst ragt noch weiter hinaus (Abstand y in Fig. 9). Die Überlappungen x und y geben einen Ausgleich für Justiertoleranzen, sie sorgen dafür, dass der Bereich des Kontaktstöpsels (die Kontaktfläche in Fig. 7) nicht angeätzt wird.

Fig. 10 zeigt wie die Bolometer gemäß dem Stand der Technik bei einer Verkleinerung der Pixelgröße 75 skalieren. Fig. 10a zeigt eine Aufsicht auf die Membran 10 mit herkömmlicher Kontaktierung durch die Kontaktstöpsel 26a und 26b, wobei die Membran 10 über die Brücken 76a,b mit den Kontaktstöpseln 26a,b verbunden ist. Die Brücken 76a,b dienen

zur thermischen Isolierung. Wie in Fig. 9 erläutert, überlappt die Membran 10 um den Wert y den Kontaktstöpsel 26b und der Kontaktstöpsel 26b überlappt den Durchmesser z des Kontaktstöpsels 26b um den Wert x . Bei einer Verkleinerung
5 (Skalierung) der Pixelgröße 75, wie es in Fig. 10b gezeigt ist, wird die Größe der Kontaktstöpsel technologiebedingt nicht skaliert und dementsprechend sinkt der Füllfaktor. Ein Grund dafür ist, dass der herkömmliche Herstellungsprozess auf fotoempfindlichem Polyimid als Opferschicht 22 ba-
10 siert und daher begrenzt ist auf eine minimale Lochgröße, die größer als ca. 3 μm sein muss (weitere Bemerkungen weiter unten).

Fig. 10a zeigt also, dass, wie auch in Fig. 7 sichtbar, die
15 Kontaktstöpsel 26a,b mit ihrem Kontakt zur Membran 10 zwar relativ groß, bei einem Pixel von ca. 50 μm Kantenlänge sein Flächenanteil jedoch noch relativ gering sind. Allerdings ist in Fig. 6 bereits ersichtlich, dass die eigentliche Membranfläche 35 nur einen relativ kleinen Anteil an
20 der Gesamtfläche des Pixels hat und der Füllfaktor in dieser Ausführung unter 50 % liegt.

Wie in Fig. 6, Fig. 8b oder Fig. 10a ersichtlich, ist der Kontaktstöpsel 26b über einen dünnen Arm 20 bzw. 76b, mit
25 der Membran 10 verbunden. Der Arm 20 bzw. 76b dient neben dem mechanischen Halt und der elektrischen Zuführung zusätzlich der thermischen Isolation der Membran 10 von dem Kontaktstöpsel 26b. Seine große Länge und seine kleine Querschnittsfläche sorgen für einen hohen Wärmewiderstand
30 zwischen Membran 10 und Substrat.

Wie bereits beschrieben, ist es wünschenswert die Pixel möglichst klein zu machen. Ein direkter Vergleich der Fig. 10a und 10b zeigt, dass dies bei Pixel herkömmlicher Tech-
35 nik nur unzureichend lösbar ist. Beim skalierten Pixel in Fig. 10b nehmen die Kontaktstöpsel 26a,b einen unverhältnismäßig großen Anteil an der gesamten Pixelfläche in Anspruch. Dies liegt daran, dass das Metall des Stöpsels sei-

ne Öffnung durch die Membran 10 um x überragt, zudem ist die Membran 10 typisch noch um y größer als der Überlapp x. Bei vorgegebener Gesamtfläche wird der Anteil einer aktiven Fläche auf der Membran 10 kleiner, der Füllfaktor nimmt ab,
5 und damit auch eine Empfindlichkeit der Pixel für die IR-Strahlung.

Ausgehend von diesem Stand der Technik liegt der vorliegenden Erfindung die Aufgabe zugrunde, ein Bolometer und ein
10 Verfahren zum Herstellen eines Bolometers zu schaffen, wobei das Bolometer keinen Überlapp der Membran 10 oder der Kontaktstöpsel aufweist und dadurch eine Verkleinerung (Skalierung) der Pixelabmessungen möglich ist und bei dem die aktive Fläche der Membran 10 möglichst groß gehalten
15 ist.

Diese Aufgabe wird durch ein Bolometer gemäß Anspruch 1 und ein Verfahren gemäß Anspruch 16 oder Anspruch 24 gelöst.

20 Der vorliegenden Erfindung liegt die Erkenntnis zugrunde, dass unter Verwendung von Prozessschritten, die beispielsweise in der CMOS-Technologie üblich sind, eine Pixelstruktur hergestellt werden kann, die eine deutliche Skalierung erlaubt.

25 Grundzüge eines Lösungsweges können wie folgt beispielhaft zusammengefasst werden.

Als Ausgangssubstrat dient beispielsweise ein CMOS-Wafer,
30 der im Bereich der Membran 10 des Bolometers einen Reflektor, z.B. in Form einer Al-Schicht, aufweist. Im Bereich der Kontaktstöpsel bzw. Abstandshalter wird je ein Anschlusspad (z.B. aus Al) mit einer Ausleseschaltung verbunden. Auf dieses Substrat wird eine Opferschicht, beispielweise eine ca. 2.5 µm dicke amorphe Siliziumschicht
35 (a-Si-Schicht), abgeschieden. Dies kann beispielsweise in einem CVD-Verfahren (CVD = chemical vapour deposition), ggf. durch Plasma unterstützt, geschehen.

Anschließend wird eine erste Schutzschicht abgeschieden (z.B. eine dünne Schicht aus Siliziumoxid im CVD-Verfahren; ca. 50 - 200 nm), so dass eine Schichtfolge erste Schutzschicht/Opferschicht entsteht. Gegebenfalls wird stattdessen eine stresskompensierte Schicht beispielsweise aus Oxid und Nitrid abgeschieden. Die Schichtenfolge wird nun im Bereich der Abstandshalter geöffnet. Dies kann beispielsweise durch einen Ätzprozess geschehen, wobei in einer Fototechnik eine kleine Kontaktöffnung (beispielsweise ca. $0.5 \times 0.5 \mu\text{m}^2$ bis $1.5 \times 1.5 \mu\text{m}^2$) in einer Lackmaske belichtet wird. Anschließend wird die Schichtfolge mit der Lackmaske anisotrop, d.h. senkrecht geätzt, so dass ein Loch hinunter bis zum Anschlusspad (Metallanschluss der Ausleseschaltung) reicht. Gegebenfalls kann die Opferschicht unter der ersten Schutzschicht leicht unterätzt werden, so dass die erste Schutzschicht etwas überhängt. Eine dünne Zwischenschicht beispielsweise aus Ti/TiN (z.B. 20 nm/80 nm) wird gesputtert, so dass ein Boden und eine Lochwand zumindest teilweise bedeckt sind. Darauf wird ein leitfähiges Material abgeschieden (beispielsweise Wolfram im CVD-Verfahren), bis das Loch vollständig bis zu einer Oberfläche aufgefüllt ist. Z.B. mittels eines CMP-Verfahren (CMP = chemisch mechanisches Polieren) wird nun das leitfähige Material von der Oberfläche wegpoliert (einschließlich der Zwischenschicht). Dabei bleibt das Loch mit dem leitfähigen Material gefüllt. Die erste Schutzschicht wird nur anpoliert, jedoch nicht vollständig entfernt.

Als Resultat liegt eine Grundstruktur vor, auf deren Basis zwei verschiedene Fortführungen des Prozesses möglich.

Prozessfolge A

35

Eine Kontaktschicht, z.B. eine dünne Ti/TiN-Schicht, wird auf die Grundstruktur aufgebracht und strukturiert. Darauf wird eine temperaturempfindliche Widerstandsschicht (bei-

spielsweise aus a-Silizium, gegebenenfalls auch aus Vanadiumoxid (VO_x) oder einem organischen Halbleiter) abgeschieden. Der eigentliche Messwiderstand des Bolometers wird durch die Widerstandsschicht oberhalb einer schmalen Lücke (Spalt) in der Kontaktschicht gebildet. Um eine möglichst hohe thermische Isolierung des Messwiderstandes von den Abstandshaltern und somit auch vom Untergrund zu erhalten, ist bei der dieser Prozessführung der Spalt vorzugsweise möglichst mittig zwischen den Abstandshalter angeordnet.

Durch eine entsprechende Ausgestaltung der Kontaktschicht, beispielsweise durch geeignete Wahl der Schichtdicke bzw. Schichtmaterials, hat die Membran einen Schichtwiderstand von $377 \Omega/\square$ und ist daher als $\lambda/4$ -Absorber geeignet, unabhängig vom eigentlich höheren Widerstand der Widerstandsschicht.

Die Widerstandsschicht wird nun ebenfalls strukturiert (beispielsweise mit Lithographie und Ätzschritt). Als nächstes wird eine zweite Schutzschicht (Deckschicht, beispielsweise aus Oxid, gegebenenfalls aus einem organischen Material) abgeschieden und strukturiert, so dass zwischen den Membranen, beispielsweise in einem Bolometer-Array, und zwischen den Trägerarmen und der zugehörigen Membran alle Schichten oberhalb der Opferschicht entfernt sind. Die Widerstandsschicht bleibt ringsum durch die zweite Schutzschicht und/oder eine organische Deckschicht geschützt.

Jetzt wird durch die entstandenen Öffnungen die Opferschicht vollständig entfernt. Hierzu eignet sich besonders ein Ätzerfahren beispielsweise mit XeF_2 , welches in Chu, P.B.; J.T. Chen; R. Yeh; G. Lin; J.C.P. Huang; B.A. Warneke; K.S.J. Pister "Controlled Pulse Etching with Xenon Difluoride"; 1997 International Conference on Solid State Sensors and Actuators - TRANSDUCERS '97, Chicago, USA, June 16-19, p. 665-668 beschrieben ist, welches mit hoher Rate, isotrop, d.h. ungerichtet, aber mit hoher Selektivität beispielsweise zu Oxid und organischen Materialien nur die Op-

ferschicht entfernt. Dies ist insbesondere dann effektiv, wenn die Opferschicht amorphes Silizium aufweist. Damit ist die Membran freigelegt, nur gestützt und kontaktiert durch die Abstandshalter. Die allseits geschützte Widerstands-

5 schicht wird in diesem beispielhaften Prozess nicht angeätzt. Die Membran liegt auf den Abstandshaltern auf. Das Material der Abstandshalter überragt nicht die Widerstandsschicht.

10 Dieser Lösungsweg erfordert nur eine geringe Anzahl von Prozessschritten zur Realisation einer Bolometerstruktur. Im Folgenden wird eine alternative Prozessführung beschrieben, welche den zusätzlichen Vorteil einer möglichst großen Fläche der aktiven Widerstandsschicht aufweist.

Prozessfolge B

Ausgehend von der gleichen Grundstruktur wie vor der Prozessfolge A, wird eine dünne Widerstandsschicht (z.B. aus amorphem Silizium, VO_x , organischem Halbleiter) und eine Isolierschicht (beispielsweise aus Oxid) abgeschieden. Anschließend werden diese beiden Schichten strukturiert, so dass die Abstandshalter, die beispielsweise aus Wolfram bestanden, freiliegen. Zur Anpassung des Schichtwiderstandes der Membran wird eine Kontaktschicht (beispielsweise eine dünne Schicht aus TiN , 3-15 nm) aufgebracht, gegebenenfalls gefolgt von einer zweiten Schutzschicht, die beispielsweise ein Oxid aufweisen kann. Zur thermischen Isolation der

20

25

30

35

Membran werden Verbindungen zu den Abstandshaltern nun auf zwei schmale Stege reduziert. Dies kann beispielsweise durch eine Folge von Ätzschritten geschehen. Bei der Ausgestaltung der Stege ist zum einen darauf zu achten, dass sie einen hohen Füllfaktor erlaubt und zum anderen, dass die Membran mechanisch stabil gehalten wird.

Zu diesem Zeitpunkt kontaktiert die Kontaktschicht beide Abstandshalter mit einem geringen Widerstand parallel zur

eigentlichen Widerstandsschicht. Die Kontaktschicht wird daher in zwei schmalen Bereichen (Stege) so unterbrochen, dass eine parallele Stromführung durch die Kontaktschicht verhindert wird. Dies kann beispielsweise in einem weiteren
5 Ätzschritt erfolgen.

Die gesamte Struktur wird nun durch eine dünne Schutzschicht passiviert (beispielsweise durch eine Oxidschicht), um die Widerstandsschicht zu schützen. Abschließend wird
10 die Opferschicht entfernt und so die Membran freigelegt. Auch bei dieser Prozessfolge kann beispielsweise ein isotroper Ätzprozess mit XeF_2 verwendet werden.

Alternativ kann die Opferschicht schon vor einer Definition
15 der Stege und der Isolation der Kontaktschicht entfernt werden. In diesem Fall ist die Widerstandsschicht auch ohne zusätzliche Passivierung allseitig vor einem Angriff des beispielhaft verwendeten Ätzprozess mit XeF_2 geschützt.

20 Wesentliche Vorteile einer erfindungsgemäßen Prozessierung sind somit, dass die Abstandshalter zu deutlich kleineren Abmessungen skaliert werden können und trotzdem noch eine ausreichende Haftung zur Membran 10 aufweisen. Deshalb sind keine Öffnungen in der Membran 10 und Überlappungen x und y
25 notwendig, wie es bei den Stöpsel 26a,b der Fall war; siehe Fig. 9.

In anderen Worten ausgedrückt, grenzen die Abstandshalter an die Unterseite der Kontaktschicht an bzw. enden an der-
30 selben, ohne die Kontaktschicht zu durchstoßen.

Außerdem erlaubt die erfindungsgemäße Prozessierung die Herstellung von Bolometer bzw. Bolometerarrays bei deutlich kleinerer Pixelgröße bei geringeren Kosten.

35 Bevorzugte Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung werden nachfolgend Bezug nehmend auf die beiliegenden Zeichnungen näher erläutert. Es zeigen:

- Fig. 1a-i Schritte zur Herstellung eines Bolometers gemäß Prozessfolge A der vorliegenden Erfindung und eine Aufsicht auf das Bolometer;
- 5
- Fig. 2a-j Schritte zur Herstellung eines Bolometers gemäß Prozessfolge B der vorliegenden Erfindung und eine Aufsicht auf das Bolometer;
- 10
- Fig. 3a-g Schritte zur Herstellung eines Bolometers mit einer veränderten Prozessreihenfolge; ran und einen Abstandshalter;
- 15
- Fig. 4a eine Aufsicht auf eine Membran mit Kontaktbereichen ohne Überlapp;
- Fig. 4b eine Aufsicht auf eine skalierte Membran mit Kontaktbereichen ohne Überlapp;
- 20
- Fig. 4c eine Querschnittsansicht durch einen Teil einer Membran und einen Abstandshalter;
- Fig. 5a-b Querschnittsansichten durch herkömmliche Mikrobolometerstrukturen;
- 25
- Fig. 6 eine Raumsicht auf eine herkömmliche Struktur mit Membran;
- Fig. 7 eine Raumsicht einer herkömmlichen Struktur mit einer Membran auf zwei Kontaktstöpseln mit Metallüberlappung;
- 30
- Fig. 8a eine Querschnittsansicht durch eine herkömmliche Struktur mit einem Kontaktstöpsel und einem Teil einer Membran sowie noch vorhandener Opferschicht;
- 35

Fig. 8b eine Draufsicht auf die herkömmliche Struktur aus Fig. 8a;

5 Fig. 9 eine Querschnittsansicht durch einen Kontaktstöpsel und einen Teil einer Membran und markierten Überlappungen;

10 Fig. 10a eine Aufsicht auf eine Membran mit herkömmlicher Kontaktierung mit Kontaktstöpsel; und

Fig. 10b eine Aufsicht auf eine skalierte Membran mit herkömmlicher Kontaktierung mit Kontaktstöpsel.

15 Bevor im Folgenden die vorliegende Erfindung anhand der Zeichnungen näher erläutert wird, wird darauf hingewiesen, dass gleiche Elemente in den Figuren mit den gleichen oder ähnlichen Bezugszeichen versehen sind und dass eine wiederholte Beschreibung dieser Elemente weglassen wird.

20 Fig. 1a-h zeigen Querschnittsansichten einer Schrittfolge für ein erstes Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung und Fig. 1i zeigt eine entsprechende Draufsicht mit markierter Schnittebene 199 der Querschnittsansichten.

25 Fig. 1a zeigt einen Querschnitt eines Substrats 100 (z.B. CMOS-Wafer), auf dem ein Anschlusspad 110a und ein Anschlusspad 110b abgeschieden ist und außerdem ein Reflektor 120 aufgebracht wurde. Eine Verbindung des Anschlusspads 110a und des Anschlusspads 110b zu einer dar-
30 unter liegenden CMOS-Schaltung ist nicht gezeigt. Beide Anschlusspads 110a, 110b dienen zu einer späteren Kontaktierung des Bolometers.

35 Auf die in Fig. 1a gezeigte Struktur wird in einem Folgeschritt eine Opferschicht 130 und eine erste Schutzschicht 140 wie in Fig. 1b gezeigt, abgeschieden. Die Opferschicht 130 wird in einem späteren Schritt wieder entfernt und weist eine Schichtdicke auf, so dass das Bolometer einen

$\lambda/4$ -Absorber darstellt. In einem bevorzugten Ausführungsbeispiel weist die Opferschicht 130 amorphes Silizium auf und die erste Schutzschicht 140 ein Oxid auf.

5 Wie in Fig. 1c gezeigt, werden in einem nächsten Schritt Durchgangsöffnungen 150a' und 150b' durch die Schutzschicht 140 und durch die Opferschicht 130 hergestellt. Die Durchgangsöffnung 150a' ist dabei derart positioniert, dass sie auf dem Anschlusspad 110a endet und die Durchgangsöffnung
10 150b' ist analog dazu derart positioniert, dass sie auf dem Anschlusspad 110b endet. In einem nächsten Schritt wird die Durchgangsöffnung 150a' und die Durchgangsöffnung 150b' mit einem leitfähigen Material aufgefüllt und überstehendes Material entfernt, so dass eine ebene Oberfläche 142 entsteht.
15

Wie in Fig. 1d gezeigt, wird in einem Folgeschritt auf die Oberfläche 142 eine Kontaktschicht 160 abgeschieden. In einem nächsten Schritt, der in Fig. 1e gezeigt ist, wird die
20 Kontaktschicht 160 strukturiert und eine Widerstandsschicht 170 abgeschieden. Die strukturierte Kontaktschicht 160 weist als Folge einen Spalt 162 auf, der einen ersten Teil 160a von einem zweiten Teil 160b der Kontaktschicht 160 trennt. Um eine möglichst gute thermische Isolierung des
25 Spaltes 162 von den Abstandshaltern 150a und 150b zu erreichen, sollte die minimale Entfernung vom ersten Abstandshalter 150a zum Spalt 162 möglichst gleich einer minimalen Entfernung vom zweiten Abstandshalter 150b zum Spalt 162 sein.

30 Der Spalt 162 weist dabei vorzugsweise eine Breite auf, so dass der Messwiderstand des Bolometers in einem Bereich von beispielsweise 0,1 k Ω bis 1 G Ω und vorzugsweise zwischen 1 k Ω und 100 M Ω liegt.

35 Die Widerstandsschicht 170 wird anschließend strukturiert und eine zweite Schutzschicht 180 wird aufgebracht. Dies ist in Fig. 1f gezeigt. Wie in Fig. 1g gezeigt, wird in ei-

nem Folgeschritt die Oberfläche des Bolometers strukturiert, so dass die zweite Schutzschicht 180 und die Kontaktschicht 160 im Wesentlichen bündig mit den Abstandshaltern 150a und 150b abschließen. Die strukturierte Widerstandsschicht 170 erstreckt sich auf einen Innenbereich einer später entstehenden Membranoberfläche 192, so dass die strukturierte Widerstandsschicht 170 keinen Kontakt zu einem Randbereich 190a und 190b aufweist. In diesem Schritt wird ebenfalls die erste Schutzschicht 140 strukturiert, so dass sich die erste Schutzschicht 140 zwischen der Kontaktschicht 160 und der Opferschicht 130 befindet.

In einem letzten Schritt, der in Fig. 1h gezeigt ist, wird die Opferschicht 130 entfernt. Das resultierende Bolometer weist eine Membran 10 auf, die eine Schichtfolge mit der ersten Schutzschicht 140, der Kontaktschicht 160 mit dem ersten Teil 160a und dem zweiten Teil 160b, der Widerstandsschicht 170 und der zweiten Schutzschicht 180 aufweist. Das Bolometer weist eine Oberfläche 192 auf, die im Wesentlichen bündig mit den Abstandshaltern 150a und 150b abschließt. Die Abstandshalter 150a und 150b weisen eine Höhe 198 auf, die derart gewählt wird, dass die Membran 10 in einem Abstand 198 gehalten wird und der Abstand 198 im Idealfall einem Viertel der zu detektierenden Wellenlänge entspricht.

Fig. 1i zeigt eine Draufsicht auf die Oberfläche 192 des Bolometers mit Kontaktflächen, an denen die Abstandshalter 150a und 150b die Membran 10 kontaktieren. Eine gestrichelte Linie 199 markiert die Querschnittsebene, die den Spalt 162 passiert und die in den Figuren 1a bis 1h in einer Blickrichtung 81 dargestellt ist.

Fig. 2a bis 2g zeigen ein zweites Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung. Dabei zeigen Fig. 2a bis 2f Querschnittsansichten Bezug nehmend auf eine Schrittfolge für die Herstellung eines Bolometers und Fig. 2g zeigt eine entsprechende Draufsicht mit markierter Schnittebene 230

der Querschnittsansichten. Die ersten Schritte des zweiten Ausführungsbeispiels entsprechen dabei einer Schrittfolge, die in Fig. 1a bis 1c beschrieben wurden. Auf eine Wiederholung der Erklärungen zu den einzelnen Schritten wird dabei hier verzichtet.

Auf die in Fig. 1c gezeigte Struktur wird zuerst eine Widerstandsschicht 170 und eine Isolierschicht 210 aufgebracht, so dass die in Fig. 2a gezeigte Struktur erhalten wird. Die Fig. 2a zeigt weiterhin das Substrat 100, das erste Anschlusspad 110a mit dem ersten Abstandshalter 150a, das zweite Anschlusspad 110b mit dem zweiten Abstandshalter 150b, den Reflektor 120, die Opferschicht 130 und die erste Schutzschicht 140.

Die Widerstandsschicht 170 und die Isolierschicht 210 werden anschließend strukturiert und das Ergebnis ist in Fig. 2b gezeigt. Die Strukturierung erfolgt dabei derart, dass die Widerstandsschicht 170 keinen Kontakt zu den Abstandshaltern 150a und 150b aufweist und darüber hinaus die Isolierschicht 210 die Widerstandsschicht 170 nicht vollständig bedeckt, so dass eine erste Kontaktstelle 175a und eine zweite Kontaktstelle 175b frei bleibt.

Wie Fig. 2c zeigt, wird darauf eine Kontaktschicht 160 aufgebracht, die einen Kontakt zwischen der Widerstandsschicht 170 und den Abstandshaltern 150a und 150b herstellt.

Daran anschließend wird (wie in Fig. 2d gezeigt) die Kontaktschicht 160 zunächst strukturiert, wobei insbesondere die Kontaktschicht 160 zweimal durch Spalten 250a und 250b durchtrennt wird. Als Resultat unterteilt sich die Kontaktschicht 160 in eine Schicht 160a, die Kontakt zum Abstandshalter 150a als auch zur Widerstandsschicht 170 hat, eine Schicht 160b, die Kontakt zum Abstandshalter 150b und zur Widerstandsschicht 170 hat als auch eine Schicht 160c, die von der Schicht 160a und der Schicht 160b getrennt ist. Folglich sind die Schichten 160a und 160b getrennt, so dass ein elektrischer Strom vom

ein elektrischer Strom vom ersten Abstandshalter 150a zum zweiten Abstandshalter 150b die Widerstandsschicht 170 passiert. Die Schicht 160c hat im Weiteren keinen Kontakt zur Widerstandsschicht 170 und besitzt die Aufgabe, einen Schichtwiderstand der Membran 10 entsprechend dem Wellenwiderstand einer elektro-magnetischen Welle in Luft einzustellen.

Auf die Kontaktschicht 160 wird anschließend eine zweite Schutzschicht 180 aufgebracht. Das Resultat ist in Fig. 2e gezeigt. Eine weitere Strukturierung der Schutzschicht 180 definiert eine Oberfläche 192 der Membran 10 des Bolometers.

In einem nächsten Schritt werden die in Fig. 2g gezeigten Spalten 220a und 220b erzeugt. Die Spalten 220a und 220b durchtrennen die Membran 10 mit der ersten Schutzschicht 140, der Widerstandsschicht 170, der Isolierschicht 210, der Kontaktschicht 160 und der zweiten Schutzschicht 180. Da eine Schnittebene, die zu den Querschnittsansichten 2a bis 2f gehört, nicht die Spalten 220a und 220b kreuzt, sind die Spalten 220a und 220b nicht in den Querschnittsansichten von Fig. 2a bis 2f gezeigt. In der Draufsicht von Fig. 2g ist die Schnittebene durch die gestrichelte Linie 230 gekennzeichnet. Die Pfeile 240 zeigen die Blickrichtung auf die Schnittebene.

In einem letzten Schritt, der in Fig. 2f gezeigt wird, wird die erste und zweite Schutzschicht (140, 180) derart strukturiert, dass die Oberfläche 192 der Membran 10 im wesentlichen bündig mit den Abstandshaltern 150a und 150b abschließt und schließlich wird die Opferschicht 130 entfernt.

Bei einem weiteren Ausführungsbeispiel erfolgt die Strukturierung der Kontaktschicht 160 asymmetrisch, d.h. die Kontaktschicht wird nur durch einen Spalt getrennt. Bei diesem Ausführungsbeispiel sind die Schritte bis hin zu der Struk-

tur, die in Fig. 2c gezeigt ist, identisch zu dem zuvor beschriebenen Ausführungsbeispiel und auf eine Wiederholung der Beschreibung wird hier verzichtet.

5 Die in Fig. 2c gezeigte Struktur wird bei diesem Ausführungsbeispiel so wie in Fig. 2h gezeigt strukturiert, d.h. insbesondere wird nur ein Spalt 250 erzeugt, der die Kontaktschicht 160 durchtrennt. Dadurch entsteht eine Schicht 160a, die Kontakt zum Abstandshalter 150a als auch zur Wi-
10 derstandsschicht 170 hat, eine Schicht 160b, die Kontakt zum Abstandshalter 150b und zur Widerstandsschicht 170 hat. Folglich sind auch hier die Schichten 160a und 160b getrennt, so dass ein elektrischer Strom vom ersten Abstandshalter 150a zum zweiten Abstandshalter 150b die Wider-
15 standsschicht 170 passiert. Bei diesem Ausführungsbeispiel kann der Schichtwiderstand der Membran 10 entsprechend dem Wellenwiderstand einer elektro-magnetischen Welle in Luft durch eine Anpassung beispielsweise der Schicht 160b oder der Schicht 160a erfolgen.

20

Die in Fig. 2i gezeigten Schritte (Abscheiden der zweiten Schutzschicht 180 und Strukturierung) entsprechen wieder den bei Fig. 2e beschriebenen Schritten. Das Gleiche gilt für die anderen Schritte (Erzeugen der Spalten 220a und
25 220b, weitere Strukturierung und Entfernen der Opferschicht 130), die im Kontext der Fig. 2f bereits beschrieben wurden. Auf eine erneute Wiederholung wird deshalb hier verzichtet. Fig. 2j zeigt schließlich das resultierende Bolometer mit der Membran 10 und dem asymmetrischen Spalt 250.

30

Die angegebene Reihenfolge der Schritte ist nur ein Beispiel und kann bei weiteren Ausführungsbeispielen verändert werden. So kann z.B. das Erzeugen der Spalten 220a und 220b bzw. das Herausbilden der Stege 76a und 76b auch zum
35 Schluss geschehen. Die Spalten 220a,b sind dabei derart ausgebildet, dass ein möglichst großer Bereich der Widerstandsschicht 170 thermisch isoliert ist von den Abstandshalter 150a,b und so der Füllfaktor möglichst groß ist.

Gleichzeitig sollen sie aber eine ausreichende Halterung für die Membran 10 liefern.

5 Neben der bisher diskutierten Prozessreihenfolge ist auch eine Umkehrung denkbar, bei der die Kontaktschicht 160 vor der Widerstandsschicht 170 abgeschieden wird. Dies ist in den Fig. 3a-3g gezeigt. Es sind wiederum Querschnittsansichten gezeigt, wobei die ersten Schritte wieder einer Schritttfolge entsprechen, die in Fig. 1a bis 1c beschrieben wurde. Auf eine Wiederholung der Erklärungen zu den einzel-
10 nen Schritten wird hier erneut verzichtet.

Die in Fig. 3a gezeigte Struktur entspricht der in Fig. 1c gezeigten Struktur und weist als oberste Schicht die erste
15 Schutzschicht 140 auf. Bei diesem Ausführungsbeispiel wird nun als erste weitere Schicht die Kontaktschicht 160 abgeschieden und strukturiert. Das Resultat ist in Fig. 3b gezeigt. Die Strukturierung erfolgt dabei derart, dass zum
20 Einen die Kontaktschicht 160 im wesentlichen bündig mit den Abstandshaltern 150a und 150b abschließt und zum Anderen einen Spalt 250 aufweist, der die Kontaktschicht 160 in die Schicht 160a und die Schicht 160b trennt. Die Schicht 160a steht dabei in Kontakt zu dem Abstandshalter 150a und die Schicht 160b zu dem Abstandshalter 150b.

25 Wie in Fig. 3c gezeigt, wird darauf die Isolierschicht 210 abgeschieden und strukturiert, so dass die Isolierschicht den Spalt 250 im wesentlichen auffüllt und außerdem die erste Kontaktstelle 175a an der Schicht 160a und die zweite
30 Kontaktstelle 175b an der Schicht 160b freilässt.

Wie in Fig. 3d gezeigt, wird darauf die Widerstandsschicht 170 abgeschieden und strukturiert, so dass die Widerstandsschicht 170 im wesentlichen bündig mit den Ab-
35 standshaltern 150a und 150b abschließt.

Wie in Fig. 3e gezeigt, wird darauf wieder die zweite Schutzschicht 180 aufgebracht und strukturiert, so dass die

Membran 10 mit der Oberfläche 192 definiert ist. Das Resultat ist in Fig. 3f gezeigt. Als letzter Schritt wird wiederum die Opferschicht 130 entfernt, so dass die Struktur aus Fig. 3g entsteht.

5

Fig. 4a zeigt eine Aufsicht auf die Membran 10 mit Kontaktflächen, wo die Abstandshalter 150a und 150b die Membran 10 kontaktieren.

10 Fig. 4b zeigt die skalierte Membran 10, d.h. eine entsprechend verkleinerte Membran 10. Dabei skalieren, im Gegensatz zum Stand der Technik, die Kontaktflächen 150a und 150b ebenfalls entsprechend einer Größe der Membran 10. In beiden Fällen zeigt die Membran 10 keinen Überlapp über
15 Kontaktflächen, an denen die Abstandshalter 150a und 150b die Membran 10 kontaktieren.

Fig. 4c zeigt einen skalierten Kontakt zwischen der Membran 10 und dem Abstandshalter 150b. Die Membran 10 liegt dabei
20 ohne Überlappung auf dem Abstandshalter 150b.

Ein erfindungsgemäßes Verfahren ist, im Vergleich zum Stand der Technik, in mehrfacher Hinsicht vorteilhaft. So erlaubt eine erfindungsgemäße Prozessführung mit den Abstandshaltern 150a und 150b, die vorzugsweise Wolfram aufweisen, und mit der Opferschicht 130, die vorzugsweise amorphes Silizium (a-Si) aufweist, eine Verkleinerung des IR-empfindlichen Pixels. Ein herkömmlicher Prozess mit fotoempfindlichem Polyimid hat eine minimale Lochgröße, die größer als ca. 3 µm
25 sein muss. Selbst wenn kleinere Löcher im Polyimid möglich wären (z.B. durch eine Mehrschichtmaske aus Fotolack und Oxid auf dem Polyimid, das dann mit einem anisotropem Ätzverfahren mit Sauerstoffplasma geöffnet werden kann), können diese nicht oder nur unzureichend beispielsweise mit
30 Wolfram aufgefüllt werden. Die Wolfram-Abscheidung im CVD-Verfahren benötigt typischerweise Temperaturen über 450°C, bei denen das Polyimid nicht mehr stabil ist.

Andererseits ist eine Verwendung von a-Si als Opferschicht 130 temperaturfest und erlaubt es, Abstandshalter 150a und 150b beispielsweise aus Wolfram in guter Qualität abzuscheiden, wie sie in der CMOS-Technik in der Mehrlagenmetallisierung üblich sind. In die a-Si-Schicht können beispielsweise Löcher mit sehr kleinem Durchmesser und hohem Aspektverhältnis (Tiefe/Durchmesser) geätzt werden, wie es aus der Herstellung von Trenches in DRAMs bekannt ist. Die a-Si-Schicht ist stabil, so dass vor dem Abscheiden der Kontaktschicht 160 (beispielsweise durch Sputtern von Ti/TiN) ein relativ starker Rückätzprozess, z.B. mit Ar-Ionen, möglich ist. Dies erniedrigt einen Kontaktwiderstand zwischen den Abstandshalter 150a,b und der Kontaktschicht 160 und verbessert die Haftung der Kontaktschicht 160 auf den Abstandshalter 150a,b.

Die resultierende Struktur mit auf den Abstandshaltern 150a,b aufliegender Membran 10 kann zu kleinen Abmessungen skaliert werden, da die genannten Prozessschritte (bis auf das Abscheiden und isotrope Entfernen der beispielhaften a-Si Opferschicht 130) einem fortschrittlichen CMOS-Prozess entnommen werden können. So erlaubt ein 0.25 µm-Prozess einen Durchmesser für die Abstandshalter 150a,b, der kleiner als 0.5 µm ist, die Haltearme können so breit wie ein Durchmesser der Abstandshalter 150a,b sein und 0.25 µm Abstand zur Membran 10 haben.

Wesentliche Vorteile einer erfindungsgemäßen Prozessierung sind somit, dass die Abstandshalter 150a,b zu deutlich kleineren Abmessungen skaliert werden können und trotzdem noch eine ausreichende Haftung zur Membran 10 aufweisen. Deshalb ist kein Durchführen der Abstandshalter 150a,b durch die Membran 10 und Überlapp um die Werte x und y notwendig, wie es bei den Stöpsel 26a,b der Fall war. In einem Ausführungsbeispiel der vorliegenden Erfindung kann weiterhin auf ein Ausbilden von Stegen 76a,b verzichtet werden, was zu einer weiteren Erhöhung des Füllfaktors und zu einer verbesserten mechanischen Stabilität führt.

Außerdem erlaubt die erfindungsgemäße Prozessierung die Herstellung von Bolometer bzw. Bolometerarrays bei deutlich kleinerer Pixelgröße bei geringeren Kosten.

5

Damit sind Pixel mit $20 \times 20 \mu\text{m}^2$, oder $15 \times 15 \mu\text{m}^2$ bei konstant hohem Füllfaktor möglich. Der Abstand zwischen den Membranen 10 in einem Bolometer-Array kann beispielsweise $0.5 \mu\text{m}$ betragen, so dass ein Pixel-Pitch (Abstand von Pixelmitte zu Pixelmitte) ebenfalls $15\text{--}20 \mu\text{m}$ sein kann.

10

Wie zuvor dargelegt, basieren zwei Ausführungsbeispiele der vorliegenden Erfindung auf zwei Prozessabläufen. Unter Angabe von bevorzugten Materialien, Schichtdicken, verwendeten Verfahren etc. lassen sich beide Prozessabläufe wie folgt zusammenfassen.

15

Prozessablauf A

- 20 - Bereitstellen einer CMOS-Scheibe mit passivierter Oberfläche
- Abscheiden eines metallischen Reflektors 120 und von zwei Anschlusspads 110a, 110b für eine Verbindung CMOS-Membran, z.B. aus dünnem Al (z.B. $100\text{--}200 \text{ nm}$, daher nur
- 25 kleiner Stufe)
- Abscheiden von a-Si ca. $2.5 \mu\text{m}$ (als Opferschicht 130)
- evtl. Glätten der Oberfläche durch ein CMP-Verfahren
- Oxidabscheidung einer ersten Schutzschicht 140 (ca. 200 nm)
- 30 - Durchgangsöffnungen 150a' und 150b' mittels Fototechnik definieren (Durchmesser ca. $0.5\text{--}1 \mu\text{m}$)
- Oxid-Ätzen, Silizium-Ätzen anisotrop, Stopp auf Padmetall von Anschlusspads 110a und 110b
- Ti/TiN Barriere Sputtern in den Durchgangsöffnungen 150a' und 150b'
- 35 - Wolfram-CVD Verfahren zum Auffüllen der Durchgangsöffnungen 150a' und 150b'

- CMP-Verfahren zum Entfernen des Wolfram und Ti/TiN von der Oberfläche
- Rücksputtern
- Sputtern der Kontaktschicht 160; TiN dünn (für Schichtwiderstand von 377 $\Omega/\square$)
- Ätzen der Kontaktschicht 160 mittels Fototechnik (Entfernen TiN unter dem eigentlichen Widerstand), Bilden eines Spaltes 162
- Abscheiden von a-Si, dotiert für Bolometer-Widerstand 170
- Fototechnik, Ätzen a-Si, Strukturieren der Widerstandsschicht 170
- Abscheidung von Oxid in einem CVD-Verfahren um zweite Schutzschicht 180 zu bilden(ca. 30 nm)
- Fototechnik zur Definition der Membranfläche und Freilegen der Anschlussarme
- Ätzen der Schichten bis in die a-Si-Opferschicht 130 hinein
- Entfernen der a-Si-Opferschicht 130, z.B. mit hochselektivem (Oxid wird kaum angegriffen), isotropem Ätzen in gasförmigem XeF₂.

Prozessablauf B

- Bereitstellen einer CMOS-Scheibe mit passivierter Oberfläche
- Abscheiden eines metallischen Reflektors 120 und von zwei Anschlusspads 110a und 110b für eine Verbindung CMOS-Membran, z.B. aus dünnem Al (z.B. 100 - 200 nm, daher nur kleiner Stufe)
- Abscheiden von a-Si ca. 2.5 μm (als Opferschicht 130)
- evtl. Glätten der Oberfläche durch ein CMP-Verfahren
- Oxidabscheidung einer ersten Schutzschicht 140 (ca. 200 nm)
- Durchgangsöffnungen 150a' und 150b' mittels Fototechnik definieren (Durchmesser ca. 0.5-1 μm)
- Oxid-Ätzen, Silizium-Ätzen anisotrop, Stopp auf Padmetall von Anschlusspads 110a und 110b

- Ti/TiN Barriere Sputtern in den Durchgangsöffnungen 150a' und 150b'
- Wolfram-CVD Verfahren zum Auffüllen der Durchgangsöffnungen 150a' und 150b'
- 5 - CMP zum Entfernen des Wolfram und Ti/TiN von der Oberfläche
- Rückspattern
- Abscheiden a-Si, dotiert für Bolometer-Widerstand 170
- Abscheidung von Oxid in einem CVD-Verfahren um die Isolierschicht 210 zu bilden (ca. 30 nm)
- 10 - Fototechnik zur Strukturierung des Oxids der Isolierschicht 210
- Fototechnik zur Strukturierung des Bolometer-Widerstandes 170
- 15 - Sputtern der Kontaktschicht 160; TiN dünn (für Schichtwiderstand von $377 \Omega/\square$)
- Abscheidung von Oxid in einem CVD-Verfahren als zweite Schutzschicht 180 (ca. 30 nm)
- Fototechnik zur Definition der schmalen Stegbereiche 76a und 76b, Ätzen von Oxid (zweiten Schutzschicht 180), TiN (Kontaktschicht 160), a-Si (Widerstandsschicht 170) und wieder Oxid (erste Schutzschicht 140).
- 20 - Fototechnik zur Isolation der TiN-Schicht 160 der Membran 10
- 25 - Ätzen von Oxid der zweiten Schutzschicht 180 und TiN der Kontaktschicht 160 und erzeugen der Spalten 250a und 250b
- Abscheidung von Oxid in einem CVD-Verfahren zum Schutz der Kontaktschicht 160 (ca. 30 nm)
- Entfernen der a-Si-Opferschicht 130, z.B. mit hochselektivem (Oxid wird kaum angegriffen), isotropem Ätzen in
- 30 gasförmigem XeF_2

Die oben angegebenen Materialien sind nur Beispiele, die
35 eine sehr gute Prozessführung erlauben. Einige Alternativen umfassen beispielsweise die folgenden Ersetzungen.

- Die Opferschicht 130 aus a-Si kann alternativ mit ClF_3 (Chlorfluorid) oder mit einem isotropen SF_6 -Plasma (Schwefelfluorid-Plasma) geätzt werden. Die Opferschicht 130 kann auch ein temperaturbeständiges Polymer (z.B. Polyimid) umfassen. Die Durchgangsöffnungen 150a' und 150b' für die Abstandshalter 150a und 150b können dann mit anisotropem O_2 -Plasma geätzt werden, die Opferschicht 130 kann dann ebenfalls durch ein O_2 -Plasma entfernt werden.
- 10 Wenn die Opferschicht 130 in einem Ätzschritt entfernt wird, ist es wichtig die Widerstandsschicht 170 und/oder die Kontaktschicht 160 während des Ätzschrittes zu schützen. Dazu ist die Anwesenheit der Schutzschicht 140 vorteilhaft. Das Material wird dabei vorzugsweise derart ausgewählt, dass es nicht oder kaum bei dem Schritt es Entfer-
- 15 nens der Opferschicht 130 angegriffen wird. Wenn jedoch ein Verfahren verfügbar ist, welches die Opferschicht 130 entfernt ohne die Widerstandsschicht 170 und/oder die Kontaktschicht 160 anzugreifen, kann bei einem weiteren Ausführungsbeispiel auf die erste Schutzschicht 140 auch verzichtet werden.
- 20

- Die temperaturabhängige Widerstandsschicht 170 kann beispielsweise ein anderes Halbleitermaterial (VO_x , GaAs, organischer Halbleiter o.a.) aufweisen. Statt der Siliziumoxidschichten können auch Schichten aus Siliziumnitrid (oder eine Kombination aus beidem) verwendet werden.
- 25

Patentansprüche

1. Bolometer mit folgenden Merkmalen:

5 einer Membran (10);

einem ersten Abstandshalter (150a); und

10 einem zweiten Abstandshalter (150b),

wobei die Membran (10) eine Widerstandsschicht (170) und eine Kontaktschicht (160) umfasst, wobei die Kontaktschicht (160) an einer einem Untergrund zugewandten Seite einen ersten Kontaktbereich aufweist, an dem
15 der erste Abstandshalter (150a) die Kontaktschicht (160) elektrisch kontaktiert, und einen zweiten Kontaktbereich aufweist, an dem der zweite Abstandshalter (150b) die Kontaktschicht (160) elektrisch kontaktiert, und der erste und zweite Abstandshalter (150a),
20 (150b) die Membran (10) in einem vorbestimmten Abstand (198) zu dem Untergrund halten, und

wobei die Kontaktschicht (160) lateral durch einen Spalt (162) unterbrochen ist, so dass sich die Kontaktschicht (160) zumindest in zwei Teile gliedert,
25 von denen der erste Teil (160a) den ersten Kontaktbereich und der zweite Teil (160b) den zweiten Kontaktbereich aufweist und innerhalb der Kontaktschicht (160) keine direkte Verbindung von dem ersten Kontaktbereich und dem zweiten Kontaktbereich existiert, und
30

wobei sich die Widerstandsschicht (170) in Kontakt zu dem ersten Teil (160a) der Kontaktschicht (160) und zu dem zweiten Teil (160b) der Kontaktschicht (160) befindet.
35

2. Bolometer gemäß Anspruch 1, wobei die Membran (10) ferner

eine erste Schutzschicht (140); und

eine zweite Schutzschicht (180) aufweist,

5

wobei sich die Widerstandsschicht (170) und die Kontaktschicht (160) zwischen der ersten Schutzschicht (140) und der zweiten Schutzschicht (180) erstreckt.

10 3. Bolometer gemäß Anspruch 1 oder Anspruch 2, wobei die Membran (10) lateral im Wesentlichen bündig mit dem ersten Abstandshalter (150a) und dem zweiten Abstandshalter (150b) abschließt.

15 4. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 3, wobei der vorbestimmte Abstand (198) gleich einem Viertel einer Infrarotwellenlänge ist.

20 5. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 4, wobei die Kontaktschicht (160) eine Schichtdicke aufweist, so dass ein Schichtwiderstand der Membran (10) dem Wellenwiderstand elektromagnetischer Wellen in Luft entspricht.

25 6. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 5, wobei der Untergrund einen Reflektor (120) aufweist.

30 7. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 6, wobei die Membran (10) in einer Draufsicht von einer dem Untergrund abgewandten Seite eine im wesentlichen viereckige Form aufweist und der erste Abstandshalter (150a) und der zweite Abstandshalter (150b) sich an gegenüberliegenden Eckpunkten befinden.

35 8. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 7, wobei der Spalt (162) eine Breite derart aufweist, dass der Widerstandsbeitrag zu einem Messwiderstand des Bolometers durch einen Stromfluss zwischen dem ersten Kon-

taktbereich und dem zweiten Kontaktbereich etwa zwischen 1 k Ω und 100 M Ω liegt.

- 5 9. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 8, wobei eine Position des Spaltes (162) derart gewählt ist, dass ein elektrischer Strom von dem ersten Abstandshalter (150a) zu dem zweiten Abstandshalter (150b) den Spalt (162) nach Passieren einer Wegstrecke erreicht und die Wegstrecke möglichst gleich einer Strecke ist, die der elektrische Strom vom Spalt (162) zum zweiten Abstandshalter (150b) zurücklegt.
- 10 10. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Membran (10) ferner eine Isolierschicht (210) aufweist, die zwischen der Widerstandsschicht (170) und der Kontaktschicht (160) angeordnet ist und die Widerstandsschicht (170) sich auf der dem Untergrund zugewandten Seite befindet.
- 15 11. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 9, wobei die Membran (10) ferner eine Isolierschicht (210) aufweist, die zwischen der Kontaktschicht (160) und der Widerstandsschicht (170) angeordnet ist und die Kontaktschicht (160) sich auf der dem Untergrund zugewandten Seite befindet.
- 20 25 12. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 11, wobei die Membran (10) ferner einen ersten Steg (76a) und einen zweiten Steg (76b) aufweist und der erste Steg (76a) die Membran (10) mit dem ersten Abstandshalter (150a) verbindet und der zweite Steg (76b) die Membran (10) mit dem zweiten Abstandshalter (150b) verbindet, so dass die Membran (10) von dem ersten Abstandshalter (150a) und dem zweiten Abstandshalter (150b) thermisch isoliert ist.
- 30 35

13. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 12, wobei die Widerstandsschicht (170) amorphes Silizium oder Vanadiumoxid aufweist.
- 5 14. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 13, wobei die Kontaktschicht (160) Titannitrid aufweist.
- 10 15. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 14, wobei der erste Abstandshalter (150a) und/oder der zweite Abstandshalter (150b) Wolfram oder Kupfer aufweisen.
- 15 16. Bolometer gemäß einem der Ansprüche 1 bis 15, wobei der Untergrund ferner einen ersten Anschlusspad (110a) und einen zweiten Anschlusspad (110b) zur Kontaktierung des ersten Abstandshalters (150a) und des zweiten Abstandshalters (150b) aufweisen.
- 20 17. Verfahren zum Herstellen eines Bolometers, mit folgenden Schritten:
- a) Bereitstellen eines Substrats (100);
- b) Aufbringen einer Opferschicht (130) auf das Substrat (100);
- 25 c) Bilden einer ersten Durchgangsöffnung (150a') und einer zweiten Durchgangsöffnung (150b');
- d) Bilden eines ersten und eines zweiten Abstandshalters (150a), (150b) in der ersten bzw. der zweiten Durchgangsöffnung (150a'), (150b');
- 30 e) Aufbringen einer Kontaktschicht (160) derart, dass die Kontaktschicht (160) an einer dem Substrat (100) zugewandten Seite einen ersten Kontaktbereich aufweist, an dem derselbe durch den ersten Abstandshalter (150a) kontaktiert wird, und einen zweiten Kontaktbereich aufweist, an dem
- 35

derselbe durch den zweiten Abstandshalter (150b) kontaktiert wird;

- 5 f) Strukturieren der Kontaktschicht (160), um einen Spalt (162) in derselben zu bilden, so dass sich die Kontaktschicht (160) in zwei Teile gliedert, von denen der erste Teil (160a) den ersten Kontaktbereich und der zweite Teil (160b) den zweiten Kontaktbereich aufweist und innerhalb der
- 10 Kontaktschicht (160) keine direkte Verbindung von dem ersten Kontaktbereich zu dem zweiten Kontaktbereich existiert;
- 15 g) Aufbringen einer Widerstandsschicht (170) derart, dass sich die Widerstandsschicht (170) in Kontakt zu dem ersten Teil (160a) der Kontaktschicht (160) und zu dem zweiten Teil (160b) der Kontaktschicht (160) befindet, wobei die Widerstandsschicht (170) und die Kontaktschicht (160) eine
- 20 Membran (10) des Bolometers bilden;
- h) Strukturieren eines Umrisses der Membran (10); und
- 25 i) Entfernen der Opferschicht (130).

18. Verfahren gemäß Anspruch 17, welches zwischen dem Schritt a) und dem Schritt b) ferner einen Schritt eines Abscheidens eines Reflektors (120) aufweist.

30

19. Verfahren gemäß Anspruch 17 oder Anspruch 18, welches zwischen dem Schritt f) und dem Schritt g) ferner einen Schritt eines Aufbringens einer Isolierschicht (210) derart aufweist, dass die Isolierschicht (210) den ersten Teil (160a) an einer ersten Kontaktstelle (175a) und den zweiten Teil (160b) an einer zweiten Kontaktstelle (175b) freilässt.

35

20. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 19, wobei
der Schritt des Aufbringens einer Opferschicht (130)
derart ausgeführt wird, dass die Opferschicht (130)
5 eine Schichtdicke aufweist, die einem Viertel einer
Infrarotwellenlänge entspricht.
21. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 20, wobei
der Schritt des Aufbringens einer Kontaktschicht (160)
10 derart erfolgt, dass die Kontaktschicht (160) eine
Schichtdicke aufweist, so dass der Flächenwiderstand
der Membran (10) einem Wellenwiderstand einer elektro-
magnetischen Welle in Luft entspricht.
- 15 22. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 21, wobei
der Schritt a) die Unterschritte aufweist:
- a1) Bereitstellen eines Substrats (100); und
- 20 a2) Bilden eines ersten Anschlusspads (110a) und
zweiten Anschlusspads (110b),
- wobei das erste das erste Anschlusspad (110a) den ers-
ten Abstandshalter (150a) und das zweite Anschlusspad
25 (110b) den zweiten Abstandshalter (150b) kontaktiert.
23. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 22, wobei
der Schritt des Aufbringens einer Opferschicht (130)
eine Verwendung von amorphem Siliziumoxid, oder Vana-
diumoxid umfasst.
- 30 24. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 23, wobei
der Schritt des Aufbringens einer Kontaktschicht (160)
eine Verwendung von Titannitrid umfasst und der
35 Schritt des Auffüllens der ersten und der zweiten
Durchgangsöffnung (150a'), (150b') eine Verwendung von
Wolfram oder Kupfer umfasst.

25. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 17 bis 24, wobei der Schritt b) ein chemisches Abscheiden aus der Gasphase aufweist.
- 5 26. Verfahren zum Herstellen eines Bolometers mit folgenden Schritten:
- a) Bereitstellen eines Substrats (100);
 - 10 b) Aufbringen einer Opferschicht (130) auf das Substrat (100);
 - c) Bilden einer ersten Durchgangsöffnung (150a') und einer zweiten Durchgangsöffnung (150b');
15
 - d) Bilden eines ersten Abstandshalter (150a) in der ersten Durchgangsöffnung (150a') und eines zweiten Abstandshalter (150b) in der zweiten Durchgangsöffnung (150b');
20
 - e) Aufbringen einer Widerstandsschicht (170) lateral derart, dass die Widerstandsschicht (170) keinen Kontakt zu dem leitfähigen Material in der ersten und der zweiten Durchgangsöffnung (150a'),
25 (150b') aufweist;
 - f) Aufbringen einer Isolierschicht (210) auf einer dem Substrat (100) abgewandten Seite der Widerstandsschicht (170), so dass die Isolierschicht
30 (210) die Widerstandsschicht (170) an einer ersten Kontaktstelle (175a) und an einer zweiten Kontaktstelle (175b) freilässt;
 - g) Aufbringen einer Kontaktschicht (160) derart,
35 dass die Kontaktschicht (160) an einer dem Substrat (100) zugewandten Seite einen ersten Kontaktbereich aufweist, an dem derselbe durch den ersten Abstandshalter (150a) kontaktiert wird,

5 und einen zweiten Kontaktbereich aufweist, an dem derselbe durch den zweiten Abstandshalter (150b) kontaktiert wird, und die Kontaktschicht (160) einen Kontakt zur ersten Kontaktstelle (175a) und zur zweiten Kontaktstelle (175b) der Widerstandsschicht (170) aufweist;

h) Strukturieren eines Umrisses der Membran (10);

10 i) Strukturieren der Kontaktschicht (160), um zumindest einen Spalt (250a) in derselben zu bilden, so dass sich die Kontaktschicht (160) in zumindest zwei Teile gliedert, von denen der erste Teil (160a) den ersten Kontaktbereich sowie die
15 erste Kontaktstelle (175a) der Widerstandsschicht (170) und der zweite Teil (160b) den zweiten Kontaktbereich sowie die zweite Kontaktstelle (175b) der Widerstandsschicht (170) aufweist und innerhalb der Kontaktschicht (160) keine direkte Verbindung von dem ersten Kontaktbereich zu dem
20 zweiten Kontaktbereich existiert;

j) Entfernen der Opferschicht (130).

25 27. Verfahren gemäß Anspruch 26, welches ferner den Schritt aufweist:

Strukturieren der Membran (10), um in derselben einen ersten Steg (76a) und einen zweiten Steg (76b) zu bilden, wobei der erste Steg (76a) einen Kontakt zum ersten Abstandshalter (150a) und der zweite Steg (76b) einen Kontakt zum zweiten Abstandshalter (150b) aufweist und der erste Steg (76a) und der zweite Steg (76b) einen möglichst großen Teil der Widerstandsschicht (170) thermisch von dem ersten Abstandshalter (150a) und dem zweiten Abstandshalter (150b) isoliert.
30
35

28. Verfahren gemäß Anspruch 26 oder Anspruch 27, welches zwischen Schritt a) und Schritt b) ferner folgende Schritte aufweist:

5 Abscheiden eines Reflektors (120);

Bilden eines ersten Anschlusspads (110a) und eines zweiten Anschlusspads (110b); und

10 wobei das erste Anschlusspad (110a) den ersten Abstandshalter (150a) und das zweite Anschlusspad (110b) den zweiten Abstandshalter (150b) kontaktiert.

15 29. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 26 bis 28, wobei der Schritt des Aufbringens einer Opferschicht (130) eine Schichtdicke derart ausgeführt wird, dass die Opferschicht (130) eine Schichtdicke aufweist, die einem Viertel einer Infrarotwellenlänge anspricht.

20 30. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 26 bis 29, welches ferner einen Schritt eines Abscheidens einer ersten Schutzschicht (140) und/oder einen Schritt eines Abscheidens einer zweiten Schutzschicht (180) aufweist, wobei der Schritt des Abscheidens der ersten Schutzschicht (140) zwischen dem Schritt b) und dem Schritt c) und der Schritt des Abscheidens der zweiten Schutzschicht (180) zwischen dem Schritt i) und dem Schritt j) erfolgt.

30 31. Verfahren gemäß einem der Ansprüche 26 bis 30, wobei der Schritt des Strukturierens der Kontaktschicht (160) ein Bilden eines zweiten Spaltes (250b) umfasst, so dass die Kontaktschicht (160) ferner einen dritten Teil (160c) aufweist, und wobei der Schritt des Aufbringens einer Kontaktschicht (160) derart ausgeführt wird, dass der dritte Teil (160c) eine Schichtdicke aufweist, so dass ein Flächenwiderstand der Membran

35

(10) einem Wellenwiderstand einer elektromagnetischen Welle in Luft entspricht.

FIG 1a

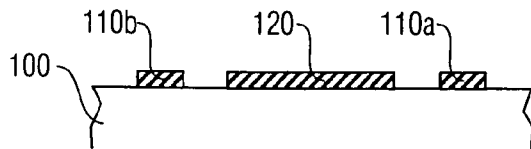


FIG 1b

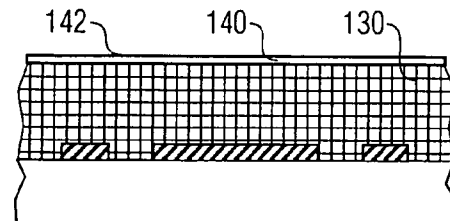


FIG 1c

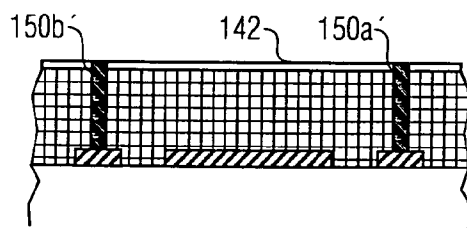


FIG 1d

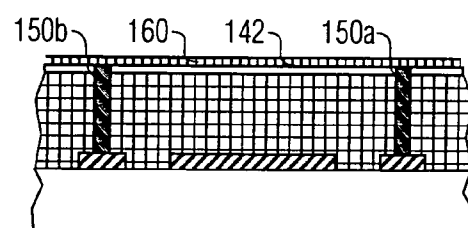


FIG 1e

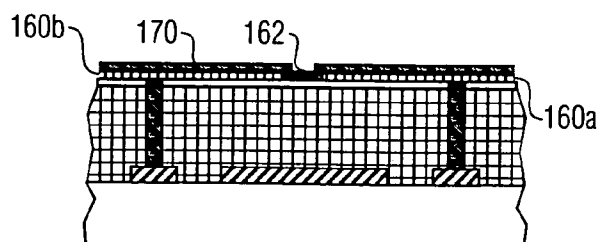
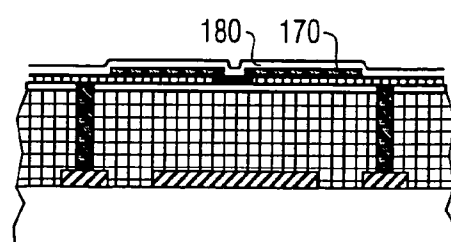


FIG 1f



2/10

FIG 1g

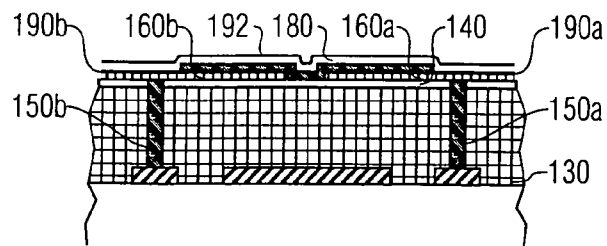


FIG 1h

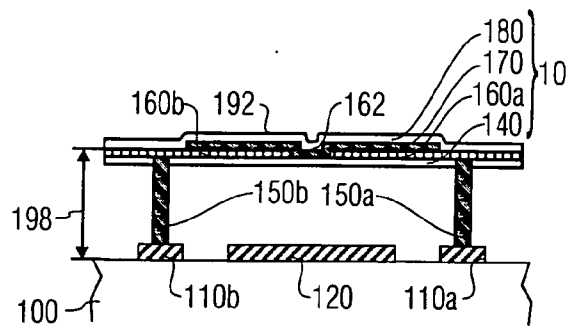


FIG 1i

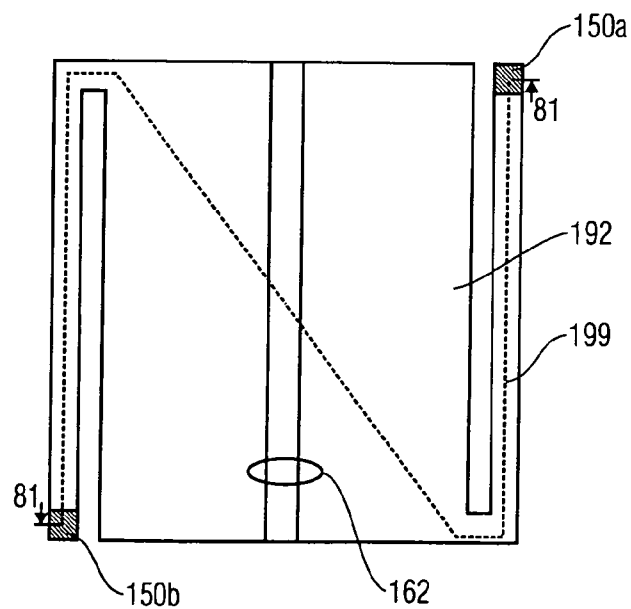


FIG 2a

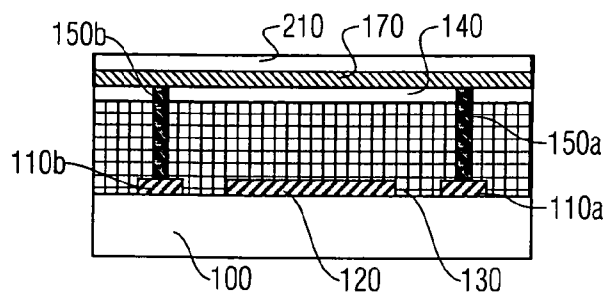


FIG 2b

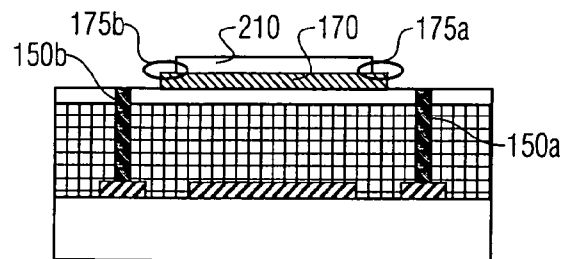


FIG 2c

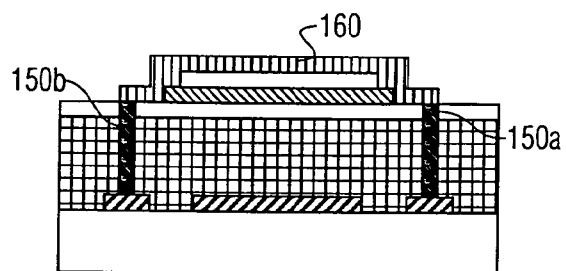


FIG 2d

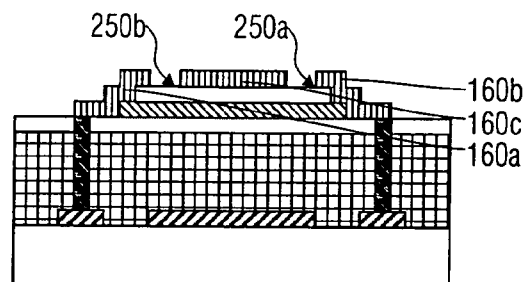


FIG 2e

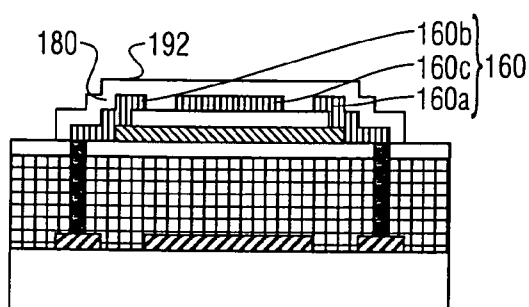
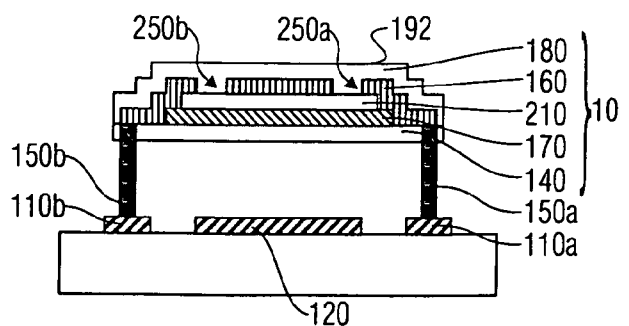


FIG 2f



4/10

FIG 2g

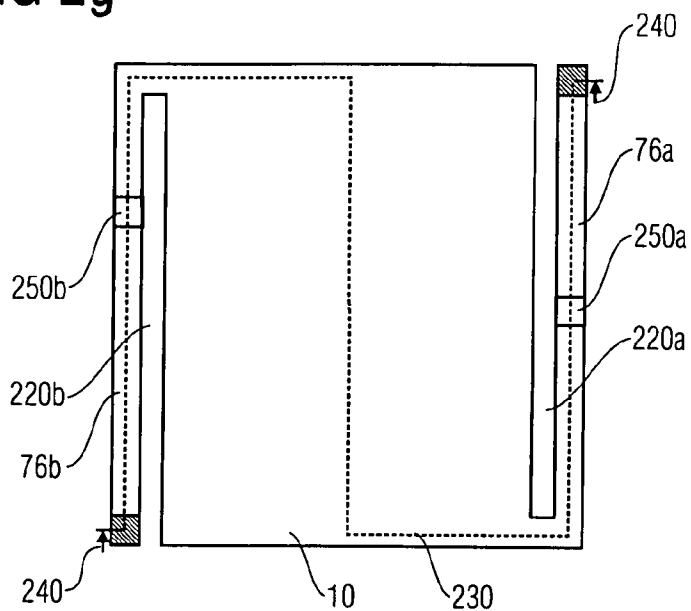


FIG 2h

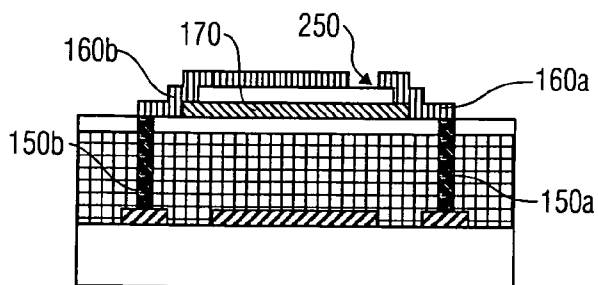


FIG 2i

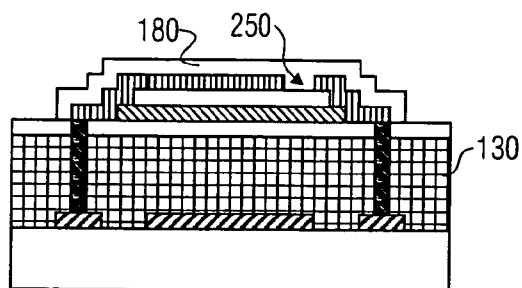
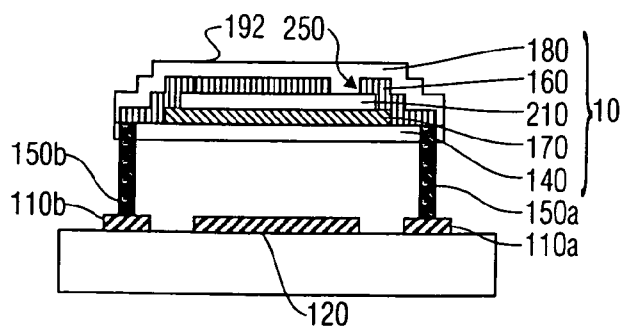


FIG 2j



5/10

FIG 3a

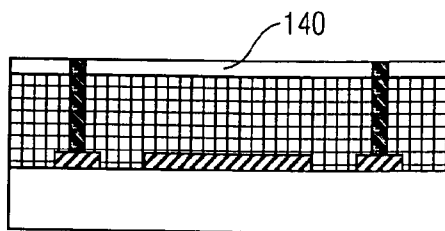


FIG 3b

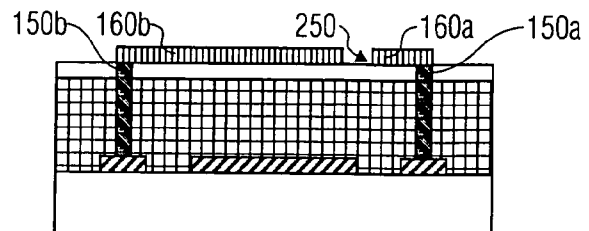


FIG 3c

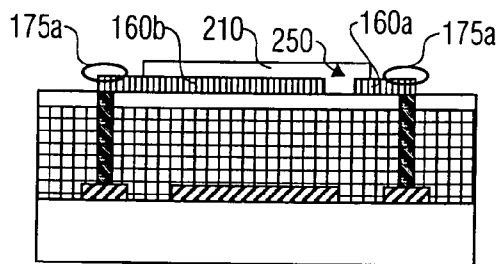


FIG 3d

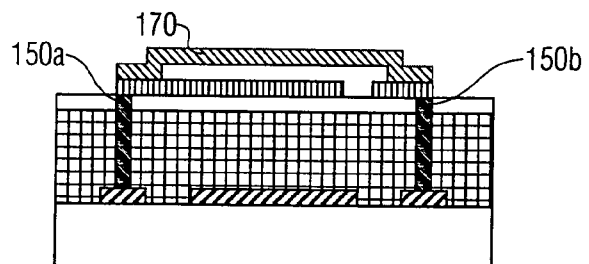


FIG 3e

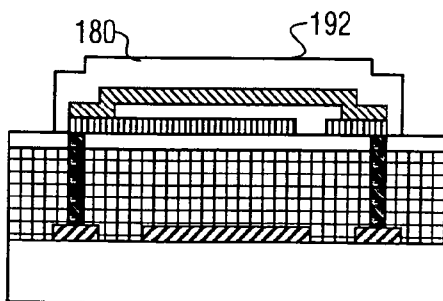


FIG 3f

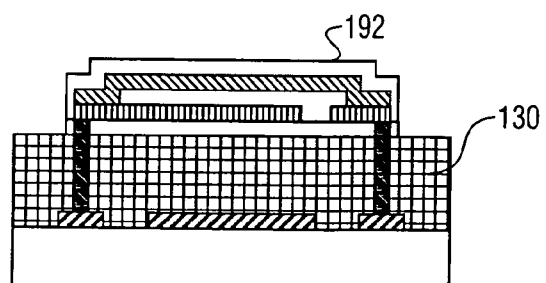
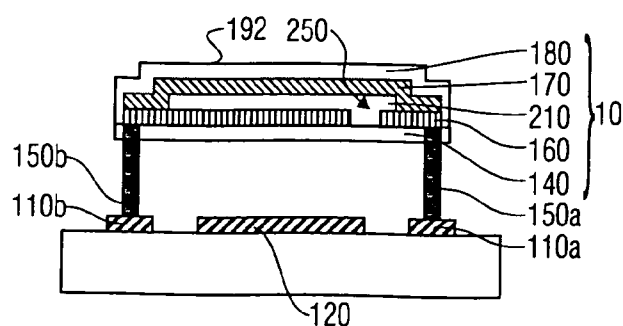


FIG 3g



6/10

FIG 4a

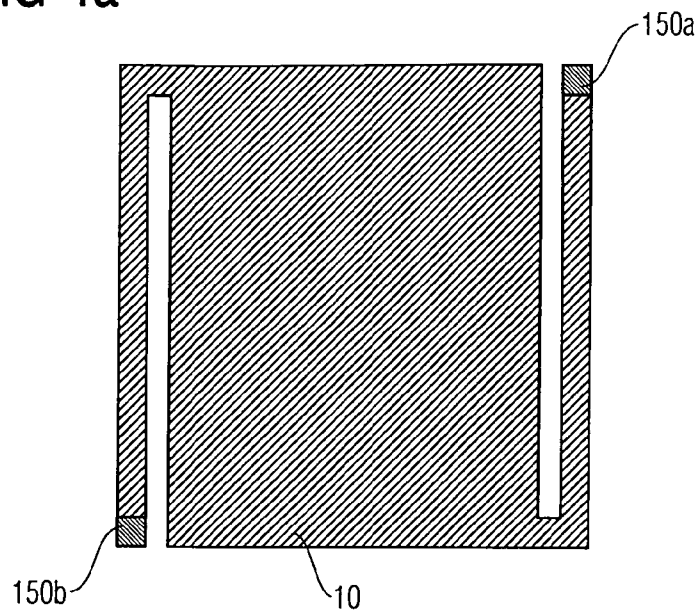


FIG 4b

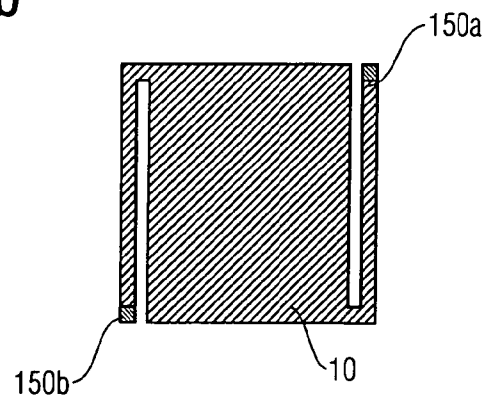


FIG 4c

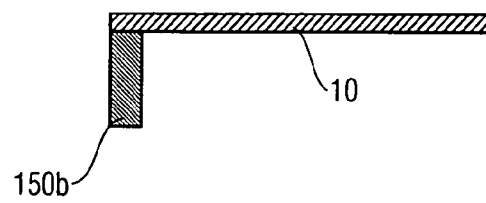


FIG 7

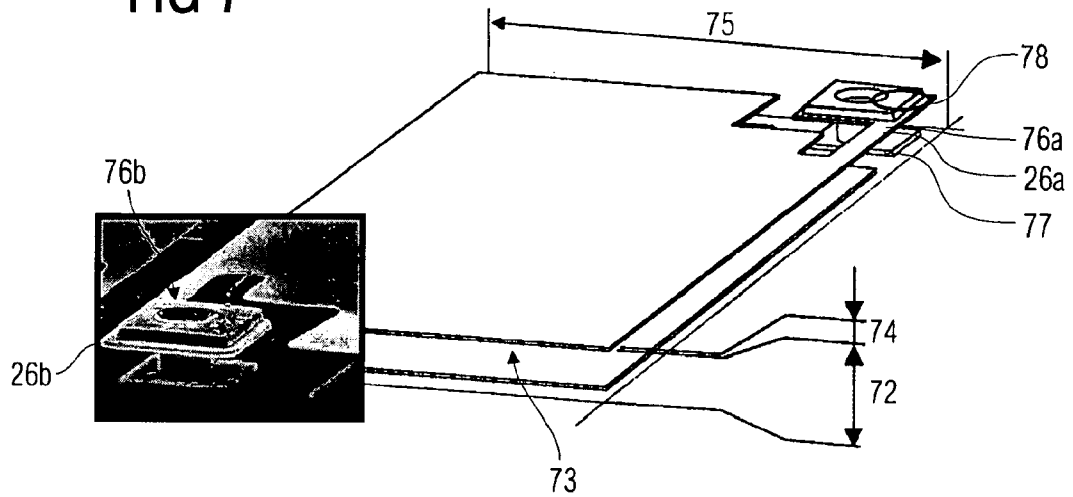


FIG 8a

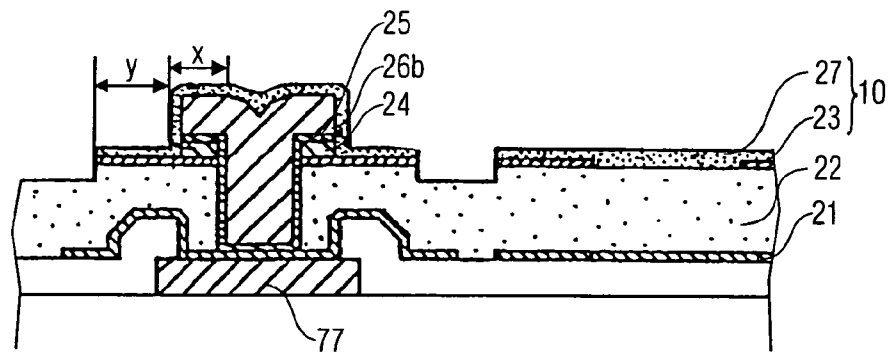


FIG 8b

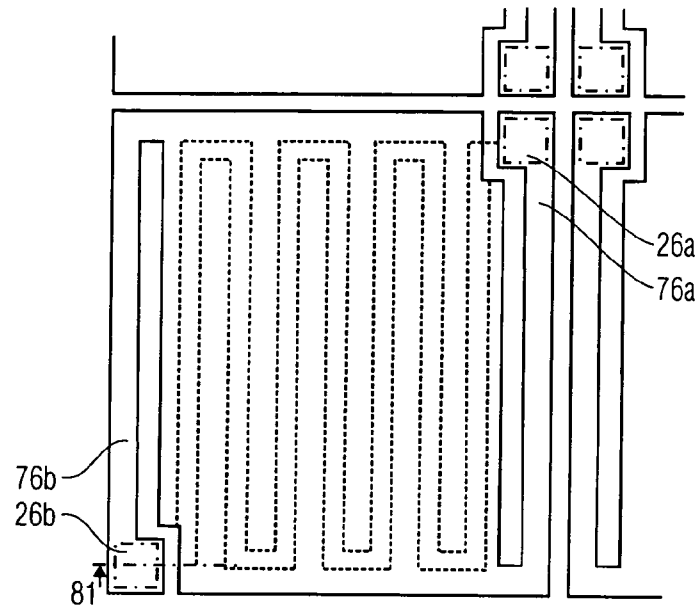
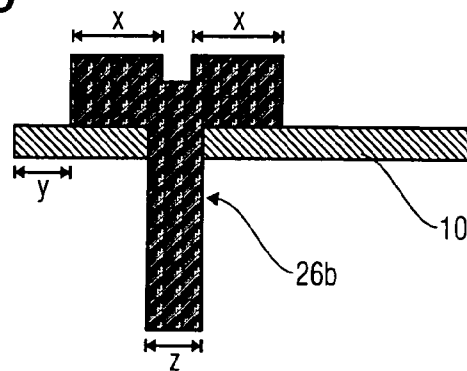


FIG 9



10/10

FIG 10a

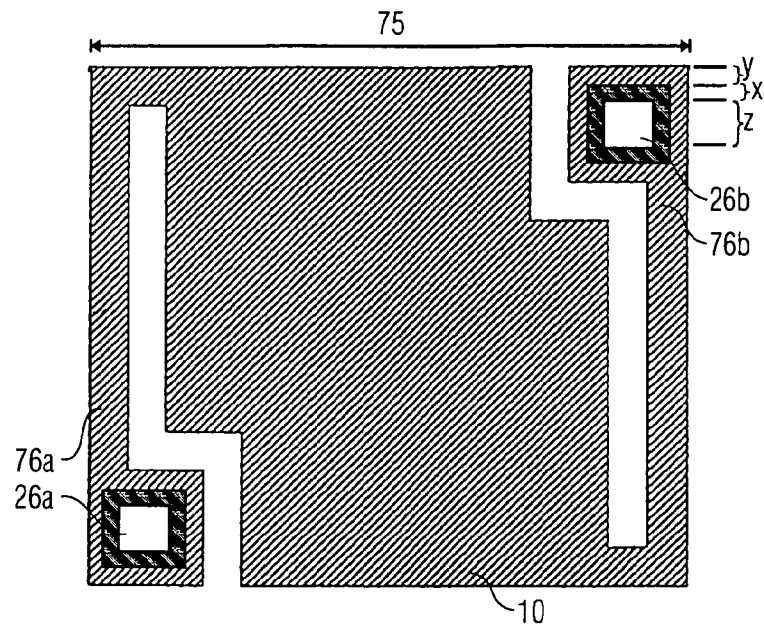
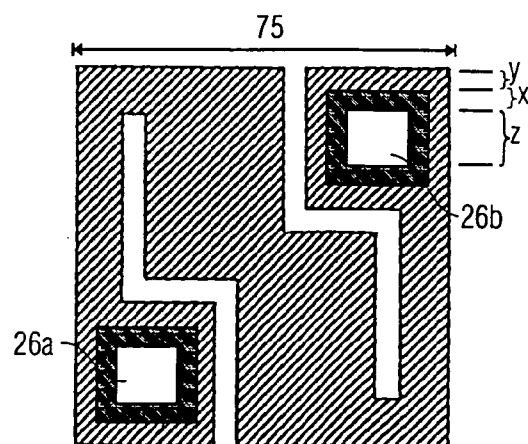


FIG 10b



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No
PCT/EP2006/008790

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

INV. G01J5/20 H01L27/146

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)

G01J 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 practical, 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	EP 1 637 853 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; ULIS [FR]) 22 March 2006 (2006-03-22) paragraphs [0015] - [0034]; figures 1-3,8-11	1-31
X	EP 0 354 369 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 14 February 1990 (1990-02-14) page 3, line 31 - page 4, line 20; figures 4a,4b,8a-8g	1,2,4, 6-20, 22-30
A	US 5 688 699 A (CUNNINGHAM BRIAN T [US] ET AL) 18 November 1997 (1997-11-18) cited in the application the whole document	1-31
	----- -/-- -----	

☒ 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 document 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 May 2007

Date of mailing of the international search report

22/05/2007

Name and mailing address of the ISA/

European Patent Office, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Authorized officer

Ley, Marc

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No

PCT/EP2006/008790

C(Continuation). DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	US 5 912 464 A (VILAIN MICHEL [FR] ET AL) 15 June 1999 (1999-06-15) cited in the application the whole document -----	1-31

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No

PCT/EP2006/008790

Patent document cited in search report		Publication date	Patent family member(s)	Publication date
EP 1637853	A	22-03-2006	CA 2518841 A1	16-03-2006
			CN 1749713 A	22-03-2006
			FR 2875298 A1	17-03-2006
			JP 2006086535 A	30-03-2006
			US 2006054823 A1	16-03-2006
EP 0354369	A2	14-02-1990	DE 68923589 D1	31-08-1995
			DE 68923589 T2	18-01-1996
			JP 2196929 A	03-08-1990
			JP 2834202 B2	09-12-1998
US 5688699	A	18-11-1997	NONE	
US 5912464	A	15-06-1999	DE 69716546 D1	28-11-2002
			DE 69716546 T2	05-06-2003
			EP 0828145 A1	11-03-1998
			FR 2752299 A1	13-02-1998
			JP 10090054 A	10-04-1998

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/008790

A. KLASSIFIZIERUNG DES ANMELDUNGSGEGENSTANDES
INV. G01J5/20 H01L27/146

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

B. RECHERCHIERTE GEBIETE

Recherchierter Mindestprüfstoff (Klassifikationssystem und Klassifikationssymbole)
G01J 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	EP 1 637 853 A (COMMISSARIAT ENERGIE ATOMIQUE [FR]; ULIS [FR]) 22. März 2006 (2006-03-22) Absätze [0015] - [0034]; Abbildungen 1-3, 8-11	1-31
X	EP 0 354 369 A2 (TEXAS INSTRUMENTS INC [US]) 14. Februar 1990 (1990-02-14) Seite 3, Zeile 31 - Seite 4, Zeile 20; Abbildungen 4a, 4b, 8a-8g	1, 2, 4, 6-20, 22-30
A	US 5 688 699 A (CUNNINGHAM BRIAN T [US] ET AL) 18. November 1997 (1997-11-18) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument	1-31

-/--

☒ 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 älteres Dokument, 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 anderen Veröffentlichungen dieser Kategorie in Verbindung gebracht wird und diese Verbindung für einen Fachmann naheliegend ist

G Veröffentlichung, die Mitglied derselben Patentfamilie ist

Datum des Abschlusses der internationalen Recherche

8. Mai 2007

Absenddatum des internationalen Recherchenberichts

22/05/2007

Name und Postanschrift der Internationalen Recherchenbehörde

Europäisches Patentamt, P.B. 5818 Patentlaan 2
NL - 2280 HV Rijswijk
Tel. (+31-70) 340-2040, Tx. 31 651 epo nl,
Fax: (+31-70) 340-3016

Bevollmächtigter Bediensteter

Ley, Marc

C. (Fortsetzung) ALS WESENTLICH ANGESEHENE UNTERLAGEN

Kategorie*	Bezeichnung der Veröffentlichung, soweit erforderlich unter Angabe der in Betracht kommenden Teile	Betr. Anspruch Nr.
A	US 5 912 464 A (VILAIN MICHEL [FR] ET AL) 15. Juni 1999 (1999-06-15) in der Anmeldung erwähnt das ganze Dokument -----	1-31

INTERNATIONALER RECHERCHENBERICHT

Angaben zu Veröffentlichungen, die zur selben Patentfamilie gehören

Internationales Aktenzeichen

PCT/EP2006/008790

Im Recherchenbericht angeführtes Patentdokument		Datum der Veröffentlichung	Mitglied(er) der Patentfamilie		Datum der Veröffentlichung
EP 1637853	A	22-03-2006	CA	2518841 A1	16-03-2006
			CN	1749713 A	22-03-2006
			FR	2875298 A1	17-03-2006
			JP	2006086535 A	30-03-2006
			US	2006054823 A1	16-03-2006
EP 0354369	A2	14-02-1990	DE	68923589 D1	31-08-1995
			DE	68923589 T2	18-01-1996
			JP	2196929 A	03-08-1990
			JP	2834202 B2	09-12-1998
US 5688699	A	18-11-1997	KEINE		
US 5912464	A	15-06-1999	DE	69716546 D1	28-11-2002
			DE	69716546 T2	05-06-2003
			EP	0828145 A1	11-03-1998
			FR	2752299 A1	13-02-1998
			JP	10090054 A	10-04-1998