

(19)



(11)

**EP 1 726 063 B1**

(12)

**EUROPÄISCHE PATENTSCHRIFT**

(45) Veröffentlichungstag und Bekanntmachung des Hinweises auf die Patenterteilung:  
**04.07.2007 Patentblatt 2007/27**

(51) Int Cl.:  
**H01Q 23/00** <sup>(2006.01)</sup>      **H01Q 13/02** <sup>(2006.01)</sup>  
**H01Q 13/18** <sup>(2006.01)</sup>      **H01Q 21/00** <sup>(2006.01)</sup>

(21) Anmeldenummer: **05728358.2**

(86) Internationale Anmeldenummer:  
**PCT/EP2005/003303**

(22) Anmeldetag: **16.03.2005**

(87) Internationale Veröffentlichungsnummer:  
**WO 2005/091438 (29.09.2005 Gazette 2005/39)**

(54) **MIKROWELLENANTENNE FÜR IN FLIP-CHIP-TECHNOLOGIE HERGESTELLTE HALBLEITERBAUGRUPPEN**

MICROWAVE ANTENNA FOR FLIP-CHIP SEMICONDUCTOR MODULES

ANTENNE A MICRO-ONDES DESTINEE A DES MODULES A SEMICONDUCTEURS A PUCES RETOURNEES

(84) Benannte Vertragsstaaten:  
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR HU IE IS IT LI LT LU MC NL PL PT RO SE SI SK TR**

(74) Vertreter: **Hengelhaupt, Jürgen et al**  
**Anwaltskanzlei**  
**Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider**  
**Wallstrasse 58/59**  
**10179 Berlin (DE)**

(30) Priorität: **19.03.2004 DE 102004014018**

(43) Veröffentlichungstag der Anmeldung:  
**29.11.2006 Patentblatt 2006/48**

(56) Entgegenhaltungen:  
**EP-A- 1 258 948**      **US-A1- 2002 145 566**

(73) Patentinhaber: **Forschungsverbund Berlin e.V.**  
**12489 Berlin (DE)**

• **LUBECKE V M ET AL: "MICROMACHINING FOR TERAHERTZ APPLICATIONS" IEEE TRANSACTIONS ON MICROWAVE THEORY AND TECHNIQUES, IEEE INC. NEW YORK, US, Bd. 46, Nr. 11, PART 2, November 1998 (1998-11), Seiten 1821-1831, XP000785371 ISSN: 0018-9480**

(72) Erfinder:  
 • **HEINRICH, Wolfgang**  
**14129 Berlin (DE)**  
 • **TALUKDER, Prodyut**  
**12353 Berlin (DE)**

**EP 1 726 063 B1**

Anmerkung: Innerhalb von neun Monaten nach der Bekanntmachung des Hinweises auf die Erteilung des europäischen Patents kann jedermann beim Europäischen Patentamt gegen das erteilte europäische Patent Einspruch einlegen. Der Einspruch ist schriftlich einzureichen und zu begründen. Er gilt erst als eingelegt, wenn die Einspruchsgebühr entrichtet worden ist. (Art. 99(1) Europäisches Patentübereinkommen).

## Beschreibung

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten.

**[0002]** In Flip-Chip-Technologie realisierte Schaltungen sind weithin bekannt. Bei der Flip-Chip-Technologie werden in zwei Ebenen übereinander liegende Halbleitersubstrate miteinander verbunden. Beispielsweise kann ein Halbleiterchip mit einem Träger oder einem Grundsubstrat verbunden werden. Zur Verbindung der beiden Schaltungseinheiten werden anstelle von Drahtbonds sogenannte Bumps (Löt- oder hart plattierte Höcker) verwendet. Beispielsweise wird bei sogenannten Ball Bumps ein Draht an eines der Substrate angebondet und anschließend abgeschmolzen oder abgerissen. Dadurch entsteht eine elektrisch leitende Erhöhung (Höcker), die sich beim Aufeinandersetzen der beiden Substrate mit einer Kontaktstelle der gegenüberliegenden Seite, zum Beispiel durch Thermokompression, verbinden lässt.

**[0003]** Auf den Substraten sind üblicherweise monolithisch integrierte Schaltungen aufgebaut, wobei die Bumps zur elektrischen Verbindung der Schaltungselemente dienen. Einzelne Bumps können jedoch auch allein aus Gründen der Abstandshalterung der beiden Substrate vorgesehen sein. Auch zur thermischen Ableitung werden die Bumps gern benutzt. Eine Flip-Chip-Baugruppe kann mit einer eigenen Sende- und/oder Empfangsantenne und gegebenenfalls mit einer eigenen Stromversorgung ausgerüstet werden, so dass autarke Sende/Empfangsbaugruppen entstehen. Bekannt sind sogenannte Patch-Antennen, das heißt metallisierte, von der übrigen Schaltung isolierte flächige Bereiche auf einer äußeren Oberfläche einer solchen Baugruppe mit einer Zuleitung zur Schaltung. Die Zuleitung kann gegebenenfalls durch eine vertikale Durchkontaktierung ("via") durch eines der Substrate realisiert werden.

**[0004]** Aus DE 691 18 060 T2 ist zum Beispiel ein Mikrowellen-Radar-Sender/Empfänger in Flip-Chip-Technologie auf der Grundlage eines monolithisch integrierten Mikrowellen-Schaltkreises (MMIC) bekannt, der zum Senden und Empfangen eines Nahbereichs-Radarsignals mit einer solchen Patch-Antenne ausgerüstet ist. Allgemeinere Erläuterungen zu Patch-Antennen finden sich in R. E. Munson, Conformed Microstrip Antennas and Microstrip Phases arrays, IEEE Transactions on Antennas and Propagation, Vol. 22, 1975 pp. 74-78 oder in J.-F. Zürcher, F. E. Gardiol, Broadband Patch Antennas, Boston, Artech House Inc., 1995.

**[0005]** Aus US2002/0145566A1 ist eine Antenne vom Type Halbwelldipol bekannt, welche auf einem Halbleiter-Chip integriert ist und die den Oberbegriff des Anspruchs 1 bildet.

**[0006]** Die bekannten Antennen haben die Eigenschaft, dass sie eine vertikale Abstrahlung in einem relativ großen Winkel bewirken. Für bestimmte Anwendun-

gen ist jedoch auch eine laterale Abstrahlung bzw. Empfang oder eine Rundum-Abstrahlung wünschenswert.

**[0007]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellenantenne der eingangs genannten Art anzugeben, die auch eine laterale oder eine Rundum-Abstrahlung bzw. -empfang erlaubt.

**[0008]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0009]** Danach sind zwischen den an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten ein geschlossener Zug von Bumps so angeordnet, dass der Abstand der Bumps zueinander kleiner ist als die halbe Wellenlänge des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals und an mindestens einem Seitenwandpaar der Halbleitersubstrate ein offener Abstrahlschlitz entsteht und dass zwischen den Bumps und dem Abstrahlschlitz ein mit der Schaltung der Halbleiterbaugruppe verbundener Bump angeordnet ist, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt.

**[0010]** Es entsteht mit den Bumps eine Parallelplatten-Leitungsstruktur mit einer lateralen Schlitzöffnung. Diese Schlitzöffnung hat eine Höhe, die der Höhe der Bumps entspricht.

**[0011]** Der Abstrahlschlitz hat zweckmäßig eine Länge wie etwa die halbe Wellenlänge des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals. Die Höhe der Bumps sollte wesentlich kleiner sein als die Wellenlänge des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals.

**[0012]** Die Anordnung der Bumps zusammen mit dem Abstrahlschlitz erfolgt bevorzugt in der Weise, dass sich im wesentlichen eine Dreieckform des Antennenraumes ergibt.

**[0013]** Zu Erhöhung der lateralen Richtwirkung der Mikrowellenantenne sind die Seitenwände der Halbleitersubstrate im Bereich des Abstrahlschlitzes bevorzugt mindestens teilweise metallisiert.

**[0014]** Die Mikrowellenantenne ermöglicht die Realisierung von lateral gerichtet strahlenden Antennen mit Hilfe der gängigen planaren Aufbautechniken. Mit den bei planaren Aufbauten üblichen Patch-Antennen war dies bisher nur in vertikaler Richtung möglich. Die Ausdehnung der Mikrowellenantenne beträgt dabei nur eine halbe Wellenlänge. Sie ist daher besonders für den Frequenzbereich zwischen 10 und 150 GHz geeignet und ermöglicht den Aufbau miniaturisierter integrierter Richtstrahler.

**[0015]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne ist, dass auf der äußeren Oberfläche der Baugruppe nur wenig Fläche für eine Antenne belegt werden muss.

**[0016]** Bei einer Anordnung von mehreren Mikrowellenantennen auf den Halbleitersubstraten kann ein Abstrahlwinkel von bis zu 360° erreicht werden. Die Mikrowellenantenne hat gegenüber den bisherigen Patch-Antennen außerdem den besonderen Vorteil, dass sie gleichzeitig als Filter genutzt werden kann, da der Bump,

über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt, so positioniert werden kann, dass die Mikrowellenantenne nur für die Resonanzfrequenz eine Impedanzanpassung aufweist.

**[0017]** In Kombination mit einer bzw. mehreren Patch-Antennen lässt sich mit der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne vorteilhaft eine Rundum-Abstrahlung in alle Raumrichtungen erreichen.

**[0018]** Der Aufbau einer Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne erfolgt nach der üblichen Flip-Chip-Technologie. Die Substrate werden mit Hilfe eines koplanaren MMIC-Prozesses (MMIC = Microwave Monolithic Integrated Circuits) hergestellt, entweder nur als Metallisierungen oder gegebenenfalls als Schaltungen. Im Rahmen der Rückseitenprozessierung werden zweckmäßig die Metallisierung der Seitenwände als Via-Zäune an den Rändern sowie die benötigten elektrischen Verbindungen von Vorder- und Rückseite als Vias realisiert. Anschließend erfolgt das Aufbringen der Bumps auf einem der Substrate und die Vereinzelung der Wafer zu Chips sowie schließlich das Flip-Chip-Bonden der beiden Chips (Substrate).

**[0019]** Mit einem Aufbau gemäß der Erfindung lassen sich Halbleiterbaugruppen herstellen zum Beispiel für Nahfeld-Radarsysteme und andere Sensoren, Mikromodul-Etiketten sowie alle Arten von Chipkarten und ähnlichen Systemen, auch Einwegartikel, die über eine geringe Distanz im Gigahertzbereich kommunizieren. Eine Kombination mit den bisher üblichen Patch-Antennen ist ebenfalls möglich, so dass sich insgesamt eine kugelförmige Abstrahlung erreichen lässt.

**[0020]** Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

Figur 1 eine Seitenansicht einer Flip-Chip-Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne,

Figur 2 eine Schnittansicht der Ebene A-A' in Figur 1 mit den erfindungsgemäßen Bump-Reihen und einer typischen Anregungsstelle E/A,

Figur 3 eine Schnittansicht der Ebene B-B' in Figur 2 und

Figur 4 eine Darstellung gemäß Figur 2 für den Fall einer Vier-Sektoren-Antenne.

**[0021]** Figur 1 zeigt eine Seitenansicht einer Flip-Chip-Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne. Die Antenne wird durch die Flip-Chip-Montage zweier an der Oberfläche metallisierter Substrate a und b realisiert (Metallisierung 1). Dabei kann es sich auch um Halbleitersubstrate mit integrierten Schaltungen handeln. Wie bei der Flip-Chip-Technik üblich, werden die beiden Substrate a und b mit den Oberflächen zueinander durch Bumps 2 verbunden. Es entsteht so eine Par-

allelplatten-Leitungsstruktur mit einer lateralen Schlitzöffnung der Schlitzlänge d zwischen den Substraten a und b. Diese Schlitzöffnung hat eine Höhe h, die der Höhe h der Bumps 2 entspricht. Typischerweise beträgt die Höhe h 50...100  $\mu\text{m}$  und ist damit deutlich kleiner als die Freiraumwellenlänge  $\lambda_0$  für einen Frequenzbereich von 10 bis 150 GHz. Die Seitenwände 3 und 4 der Substrate a und b sollten zur Erzielung der lateralen Richtwirkung gut leitend sein. Sie sind deshalb mit einer Metallisierung 5 versehen, die hier als durchgehend angedeutet ist, die aber zweckmäßig auch durch Via-Zäune am Rand der Substrate a und b realisiert sein kann. Die gesamte Höhe des Schichtstapels  $d_a+d_b+h$  ( $d_a, d_b$  = Dicke der Substrate a, b) sollte nicht kleiner als ein Zehntel der Freiraumwellenlänge  $\lambda_0$  sein.

**[0022]** Figur 2 zeigt einen Schnitt in der Ebene A-A' in Figur 1, das heißt in der Antennenebene, Figur 3 einen Schnitt durch die Symmetrieebene B-B' in Figur 2. Die Mikrowellenantenne besteht aus einem dreieckförmigen Hohlraum, gebildet durch die entsprechend angeordneten Bumps 2 zwischen den beiden Substraten a und b. An der vorderen, langen Seite ist der Hohlraum zur Abstrahlung offen (Schlitzlänge d), an den anderen beiden Seiten ist er durch jeweils eine Reihe von Bumps 2 geschildert. Der Abstand der Bumps 2 ist kleiner als die halbe Freiraumwellenlänge  $\lambda_0/2$ . Die Schlitzlänge d muss etwa die halbe Freiraumwellenlänge  $\lambda_0/2$  betragen. Die Antennenanordnung ähnelt einem Hornstrahler, wirkt aber wegen der geringen Höhe h und den leitenden Seitenwände 3 und 4 eher als Schlitzantenne.

**[0023]** Die Anregung der Antenne, das heißt die Signaleinspeisung im Sende- bzw. das Ausgangstor im Empfangsfall, erfolgt lokal zwischen den beiden Substraten a und b mit einem E/A-Bump 6. Gegebenfalls kann dieser E/A-Bump 6 direkt mit einer auf dem Substrat a und/oder b integrierten koplanaren Frontend-Schaltung verbunden werden, was die Zuführungsverluste minimiert. Da eine koplanare Schaltung miteinander verbundene Masseflächen aufweist und im allgemeinen nur einen kleinen Bereich des dreieckigen Antennenraumes einnimmt, führt dies nur zu kleinen Veränderungen im Antennenverhalten.

**[0024]** Die gezeigte Mikrowellenantenne arbeitet als Hohlraumresonator, der durch die Abstrahlung bedämpft wird. Diese Eigenschaft kann zur schmalbandigen Transformation genutzt werden, indem die Position des E/A-Bumps 6 optimiert wird. Dadurch erhält man gleichzeitig eine Filterwirkung: Alle Frequenzen außerhalb der Resonanzfrequenz sind schlecht angepasst und werden deshalb gedämpft. Die Resonanzfrequenz ist im wesentlichen durch die Abmessungen des durch die Bumps 2 gebildeten Dreiecks gegeben.

**[0025]** Die Struktur gemäß den Figuren 1 bis 3 kann zu einer Vier-Sektorenantenne vervollständigt werden, die, wie in Figur 4 gezeigt ist, dann einen 360°-Bereich abdeckt.

**[0026]** In einer konkreten Ausführungsform für eine 24 GHz-Antenne wurden die Substrate a und b als Galli-

umarsenid(GaAs)-Substrat (Substrate a und b jeweils 625  $\mu\text{m}$  dick) mit Goldmetallisierung ausgeführt. Die Schlitzlänge d betrug 12,5 mm. Die leitenden Seitenwände 3, 4 wurden mit Hilfe von Via-Ketten realisiert (Durchmesser 400  $\mu\text{m}$ , 1 mm Pitch (Abstand der Mittelpunkte)). Die Bumps 2 wurden als Gold-Zinn(AuSn)-Bumps ausgeführt mit einem Durchmesser von ca. 80  $\mu\text{m}$ , die Chips wurden flip-chip-gelötet mit einer resultierenden Höhe h von ca. 80  $\mu\text{m}$ . Die Frontend-Schaltungen wurden koplanar innerhalb eines dreieckförmigen Antennenraums angeordnet (z.B. auf dem Substrat a). Die Anregung der Antenne erfolgte über einen E/A-Bump 6, der das Frontend mit der Metallisierung 1 auf dem Substrat b verbindet. Der Zwischenfrequenz- oder Basisbandausgang der Frontend-Schaltungen wurde mittels Vias zur Rückseite des Substrats a ausgeführt.

Bezugszeichenliste

**[0027]**

- 1 Metallisierung
- 2 Bump
- 3 Seitenwand
- 4 Seitenwand
- 5 Metallisierung
- 6 E/A-Bump

- a, b Substrat
- d Schlitzlänge
- h Höhe
- $d_a$  Dicke (des Substrats a)
- $d_b$  Dicke (des Substrats b)
- $\lambda_0$  Freiraumwellenlänge

**Patentansprüche**

1. Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen, mit zwei an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten (a, b),  
**dadurch gekennzeichnet, dass** die beiden Substrate durch einen geschlossenen Zug von Bumps zwischen den metallisierten Oberflächen verbunden sind, wobei der Abstand der Bumps (2) zueinander kleiner ist als die halbe Wellenlänge ( $\lambda_0/2$ ) des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals und an mindestens einem Seitenwandpaar (3, 4) der Halbleitersubstrate (a, b) ein offener Abstrahlschlitz entsteht und dass zwischen den Bumps (2) und dem Abstrahlschlitz ein mit der Schaltung der Halbleiterbaugruppe verbundener Bump (6) angeordnet ist, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt.
2. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Anordnung der Bumps (2)

zusammen mit dem Abstrahlschlitz im wesentlichen eine Dreieckform ergibt.

3. Mikrowellenantenne nach Anspruch 1 oder 2, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Schlitzlänge (d) des Abstrahlschlitzes etwa die halbe Wellenlänge ( $\lambda_0/2$ ) des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals beträgt.
4. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Höhe (h) der Bumps (2) wesentlich kleiner ist als die Wellenlänge ( $\lambda_0$ ) des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals.
5. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Bauhöhe der Halbleiterbaugruppe größer als ein Zehntel der Wellenlänge ( $\lambda_0$ ) des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals ist.
6. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Seitenwände (3, 4) der Halbleitersubstrate im Bereich des Abstrahlschlitzes mindestens teilweise mit einer Metallisierung (5) versehen sind.
7. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** der Bump (6), über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt, so positioniert ist, dass die Mikrowellenantenne bei der Resonanzfrequenz impedanzangepasst ist.
8. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** auf mindestens einem der Halbleitersubstrate (a, b) im Bereich des durch die Bumps (2) und den Abstrahlschlitz aufgemachten Antennenraumes eine monolithisch integrierte Schaltung aufgebaut ist.
9. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) Bumps (2) in einer kreuzförmigen Anordnung eingebracht sind, so dass eine Vier-Sektoren-Antenne entsteht.
10. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, **dadurch gekennzeichnet, dass** die Metallisierung (5) der Seitenwände der Halbleitersubstrate durch Via-Ketten realisiert ist.

**Claims**

1. Microwave antenna for semiconductor modules manufactured in flip-chip technology with two semiconductor substrates metallized on their surface (a,

- b), wherein the both substrates are connected by a closed set of bumps between the metallized surfaces wherein the distance between the bumps (2) is less than half the wavelength ( $\lambda_0/2$ ) of the microwave signal to be radiated or to be received, and, in at least one pair of side walls (3, 4) of the semiconductor substrates (a, b), an open radiation slot arises, and that, between the bumps (2) and the radiation slot, a bump (6) connected with the circuitry of the semiconductor module, is arranged, by means of which the excitation of the microwave antenna takes place.
2. Microwave antenna according to Claim 1, wherein the arrangement of the bumps (2) together with the radiation slot basically produces a triangular shape.
  3. Microwave antenna according to Claim 1 or 2, wherein the slot length (d) of the radiation slot amounts to approximately half the free space wavelength  $\lambda_0/2$  of the microwave signal to be radiated or to be received.
  4. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein the height (h) of the bumps (2) is significantly smaller than the wavelength  $\lambda_0$  of the microwave signal to be radiated or to be received.
  5. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein the construction height of the semiconductor module is more than one-tenth of the wavelength  $\lambda_0$  of the microwave signal to be radiated or to be received.
  6. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein the side walls (3, 4) of the semiconductor module, in the area of the radiation slot, are at least partially provided with metallization (5).
  7. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein the bump (6) by means of which the excitation of the microwave antenna takes place is positioned in such a way that the microwave antenna exhibits an impedance adjustment for the resonance frequency.
  8. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein, on at least one of the semiconductor substrates (a, b), in the vicinity of the antenna area composed by the bumps (2) and the radiation slot, a monolithically integrated circuit is constructed.
  9. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein, between the semiconductor substrates (a, b), bumps (2) are arranged in the shape of a cross, so that a four-sector antenna is created.
  10. Microwave antenna according to any of the previous claims, wherein the metallization (5) of the side walls

of the semiconductor substrates is implemented by means of via chains.

## 5 Revendications

1. Antenne à micro-ondes destinée à des modules à semi-conducteurs à puces retournées, comportant deux substrats semi-conducteurs (a, b) dont la surface est métallisée, **caractérisée en ce que** les deux substrats sont reliés par une chaîne fermée de bosses disposée entre les surfaces métallisées, l'écart entre les bosses (2) étant inférieur à la demi-longueur d'onde ( $\lambda_0/2$ ) du signal micro-ondes à émettre ou à recevoir, et une fente de rayonnement ouverte étant créée dans au moins une paire de parois latérales (3, 4) des substrats semi-conducteurs (a, b), et **en ce que** une bosse (6) connectée au circuit du module à semi-conducteurs est disposée entre les bosses (2) et la fente de rayonnement, l'excitation de l'antenne à micro-ondes étant réalisée par ladite bosse (6).
2. Antenne à micro-ondes selon la revendication 1, **caractérisée en ce que** la disposition des bosses (2) et la fente de rayonnement forment, pour l'essentiel, une forme triangulaire.
3. Antenne à micro-ondes selon la revendication 1 ou 2, **caractérisée en ce que** la longueur (d) de la fente de rayonnement est approximativement la demi-longueur d'onde ( $\lambda_0/2$ ) du signal micro-ondes à émettre ou à recevoir.
4. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la hauteur (h) des bosses (2) est très inférieure à la longueur d'onde ( $\lambda_0$ ) du signal micro-ondes à émettre ou à recevoir.
5. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la hauteur de construction du module à semi-conducteurs est supérieure à un dixième de la longueur d'onde ( $\lambda_0$ ) du signal micro-ondes à émettre ou à recevoir.
6. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** les parois latérales (3, 4) des substrats semi-conducteurs sont pourvues au moins partiellement d'une métallisation (5) dans la région de la fente de rayonnement.
7. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la bosse (6) par laquelle est réalisée l'excitation de l'antenne à micro-ondes est positionnée de telle manière que l'antenne à micro-ondes présente une adaptation

d'impédance pour la fréquence de résonance.

8. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce qu'**un circuit intégré monolithique est construit sur au moins l'un des substrats semi-conducteurs (a, b) dans la région de l'espace d'antenne créé par les bosses (2) et la fente de rayonnement. 5
9. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** des bosses (2) sont introduites entre les substrats semi-conducteurs (a, b) et y sont disposées de manière cruciforme, de sorte qu'une antenne à quatre secteurs est réalisée. 10  
15
10. Antenne à micro-ondes selon l'une des revendications précédentes, **caractérisée en ce que** la métallisation (5) des parois latérales des substrats semi-conducteurs est réalisée par des chaînes de vias. 20

25

30

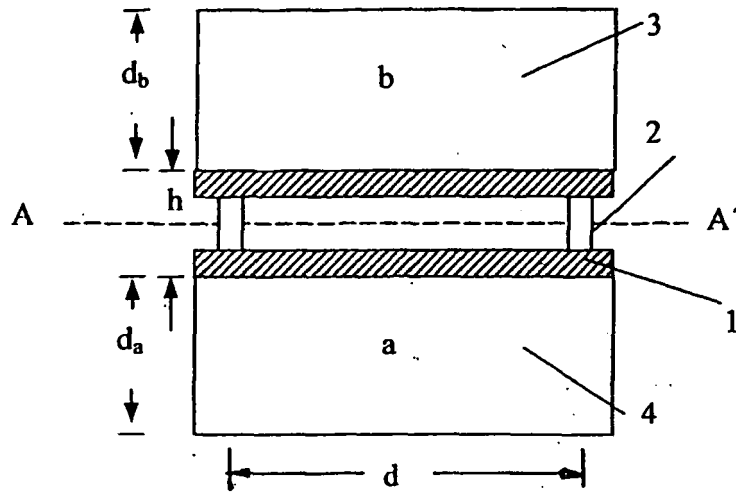
35

40

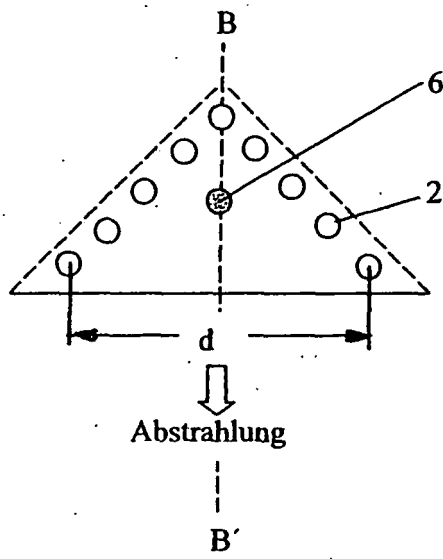
45

50

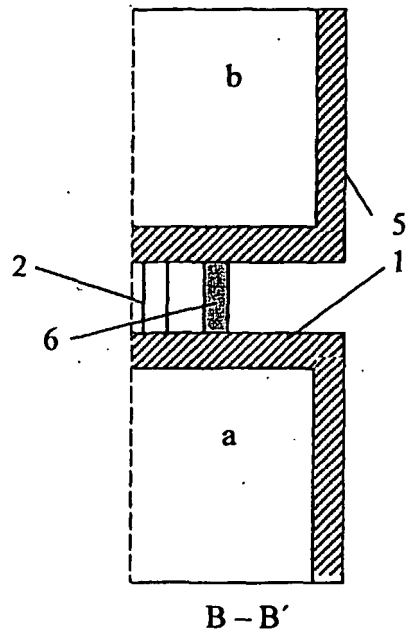
55



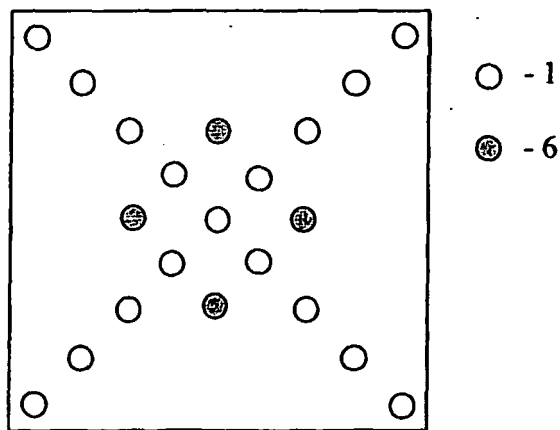
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4

**IN DER BESCHREIBUNG AUFGEFÜHRTE DOKUMENTE**

*Diese Liste der vom Anmelder aufgeführten Dokumente wurde ausschließlich zur Information des Lesers aufgenommen und ist nicht Bestandteil des europäischen Patentdokumentes. Sie wurde mit größter Sorgfalt zusammengestellt; das EPA übernimmt jedoch keinerlei Haftung für etwaige Fehler oder Auslassungen.*

**In der Beschreibung aufgeführte Patentdokumente**

- DE 69118060 T2 [0004]
- US 20020145566 A1 [0005]

**In der Beschreibung aufgeführte Nicht-Patentliteratur**

- **R. E. MUNSON**. Conformed Microstrip Antennas and Microstrip Phases arrays. *IEEE Transactions on Antennas and Propagation*, 1975, vol. 22, 74-78 [0004]
- **J.-F. ZÜRCHER ; F. E. GARDIOL**. Broadband Patch Antennas. Artech House Inc, 1995 [0004]