



(19)  
**Bundesrepublik Deutschland**  
**Deutsches Patent- und Markenamt**

(10) **DE 10 2004 014 018 B3 2005.08.11**

(12)

## Patentschrift

(21) Aktenzeichen: **10 2004 014 018.9**  
 (22) Anmeldetag: **19.03.2004**  
 (43) Offenlegungstag: –  
 (45) Veröffentlichungstag  
 der Patenterteilung: **11.08.2005**

(51) Int Cl.7: **H01Q 23/00**

Innerhalb von 3 Monaten nach Veröffentlichung der Erteilung kann Einspruch erhoben werden.

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

(74) Vertreter:  
**Anwaltskanzlei Gulde Hengelhaupt Ziebig & Schneider, 10179 Berlin**

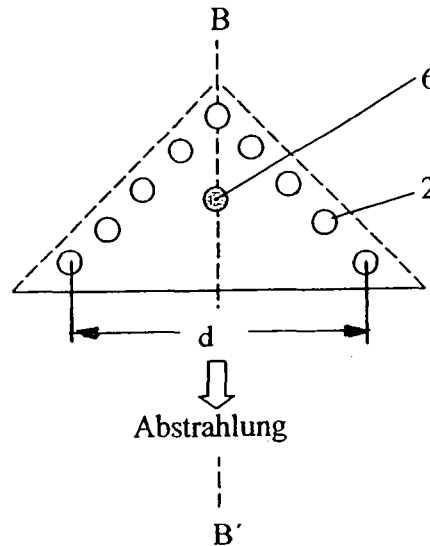
(72) Erfinder:  
**Heinrich, Wolfgang, Dr.-Ing., 14129 Berlin, DE;**  
**Talukder, Prodyut, 12353 Berlin, DE**

(56) Für die Beurteilung der Patentfähigkeit in Betracht  
 gezogene Druckschriften:  
**DE 691 18 060 T2**  
**US 59 03 239**  
**MUNSON, R.E.: Conformal Microchip Antennas**  
**and**  
**Microchip Phased Arrays. In: IEEE Trans. on Antennas**  
**and Propagation, Jan. 1974, S. 74-78;**

(54) Bezeichnung: **Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen**

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft eine Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei an ihrer Oberfläche metallisierten Halbleitersubstraten. 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. Sie bewirken eine vertikale Abstrahlung in einem relativ großen Winkel.

Vorgeschlagen wird, dass zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) ein geschlossener Zug von Bumps so angeordnet ist, dass der Abstand der Bumps (2) zueinander kleiner ist als die halbe Wellenlänge ( $\lambda_0/2$ ) des abzustrahlenden 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.



**Beschreibung**

**[0001]** Die Erfindung betrifft eine Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei an ihren einander gegenüberliegenden Oberflächen 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.

**Stand der Technik**

**[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, Conformal Microstrip Antennas and Microstrip Phased 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, Chapter 2. Eine solche Patch-Antenne ist auch in US 5 903 239 gezeigt.

**[0005]** Die bekannten Antennen haben die Eigenschaft, dass sie eine vertikale Abstrahlung in einem relativ großen Winkel bewirken. Für bestimmte Anwendungen ist jedoch auch eine laterale Abstrahlung bzw. Empfang oder eine Rundum-Abstrahlung wünschenswert.

**Aufgabenstellung**

**[0006]** Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Mikrowellenantenne der eingangs genannten Art anzugeben, die auch eine laterale oder eine Rundum-Abstrahlung bzw. -empfang erlaubt.

**[0007]** Erfindungsgemäß wird die Aufgabe gelöst durch die Merkmale des Anspruchs 1. Zweckmäßige Ausgestaltungen sind Gegenstand der Unteransprüche.

**[0008]** Danach sind zwischen den Halbleitersubstraten Bumps in Reihen in einem Abstand zueinander angeordnet, der kleiner ist als die halbe Wellenlänge des abstrahlenden oder zu empfangenden Mikrowellen-Signals. An mindestens einem Seitenwandpaar der Halbleitersubstrate ist ein offener Abstrahlschlitz belassen und zwischen den Bumps und dem Abstrahlschlitz ist ein mit der Schaltung der Halbleiterbaugruppe verbundener Bump angeordnet, über den die Anregung der Mikrowellenantenne erfolgt.

**[0009]** Es entsteht mit den Bumps eine Parallelplatten-Leitungsstruktur mit einer lateralen Schlitzöffnung. Diese Schlitzöffnung hat eine Höhe, die der Höhe der Bumps entspricht.

**[0010]** 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.

**[0011]** Die Anordnung der Bumps zusammen mit dem Abstrahlschlitz erfolgt bevorzugt in der Weise, dass sich eine Dreieckform des Antennenraumes ergibt.

**[0012]** Zu Erhöhung der lateralen Richtwirkung der Mikrowellenantenne sind die Seitenwände der Halbleitersubstrate im Bereich des Abstrahlschlitzes bevorzugt mindestens teilweise metallisiert.

**[0013]** 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.

**[0014]** Ein weiterer Vorteil der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne ist, dass auf der äußeren Oberfläche der Baugruppe nur wenig Fläche für eine Antenne belegt werden muss.

**[0015]** Bei einer Anordnung von mehreren Mikrowellenantennen auf den Halbleitersubstraten kann ein Abstrahlwinkel von bis zu  $360^\circ$  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.

**[0016]** In Kombination mit einer bzw. mehreren Patch-Antennen lässt sich mit der erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne vorteilhaft eine Rundum-Abstrahlung in alle Raumrichtungen erreichen.

**[0017]** 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).

**[0018]** 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.

#### Ausführungsbeispiel

**[0019]** Die Erfindung soll nachstehend anhand von Ausführungsbeispielen näher erläutert werden. In den zugehörigen Zeichnungen zeigen

**[0020]** Fig. 1 eine Seitenansicht einer Flip-Chip-Baugruppe mit einer erfindungsgemäßen Mikrowellenantenne,

**[0021]** Fig. 2 eine Schnittansicht der Ebene A-A' in Fig. 1 mit den erfindungsgemäßen Bump-Reihen und einer typischen Anregungsstelle E/A,

**[0022]** Fig. 3 eine Schnittansicht der Ebene B-B' in Fig. 2 und

**[0023]** Fig. 4 eine Darstellung gemäß Fig. 2 für den Fall einer Vier-Sektoren-Antenne.

**[0024]** Fig. 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 Parallelplatten-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  $50 \dots 100 \mu\text{m}$  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.

**[0025]** Fig. 2 zeigt einen Schnitt in der Ebene A-A' in Fig. 1, das heißt in der Antennenebene, Fig. 3 einen Schnitt durch die Symmetrieebene B-B' in Fig. 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 geschirmt. 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.

**[0026]** 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 Fron-

tend-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.

**[0027]** 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.

**[0028]** Die Struktur gemäß den Fig. 1 bis Fig. 3 kann zu einer Vier-Sekterantenne vervollständigt werden, die, wie in Fig. 4 gezeigt ist, dann einen 360°-Bereich abdeckt.

**[0029]** In einer konkreten Ausführungsform für eine 24 GHz-Antenne wurden die Substrate a und b als Galliumarsenid(GaAs)-Substrat (Substrate a und b jeweils 625 µm 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 µm, 1 mm Pitch (Abstand der Mittelpunkte)). Die Bumps **2** wurden als Gold-Zinn(AuSn)-Bumps ausgeführt mit einem Durchmesser von ca. 80 µm, die Chips wurden flip-chip-gelötet mit einer resultierenden Höhe h von ca. 80 µm. 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

<b>1</b>	Metallisierung
<b>2</b>	Bump
<b>3</b>	Seitenwand
<b>4</b>	Seitenwand
<b>5</b>	Metallisierung
<b>6</b>	E/A-Bump
<b>a, b</b>	Substrat
<b>d</b>	Schlitzlänge
<b>h</b>	Höhe
<b>d<sub>a</sub></b>	Dicke (des Substrats a)
<b>d<sub>b</sub></b>	Dicke (des Substrats b)
<b>λ<sub>0</sub></b>	Freiraumwellenlänge

#### Patentansprüche

1. Mikrowellenantenne für in Flip-Chip-Technologie hergestellte Halbleiterbaugruppen mit zwei an ihrer einander gegenüberliegenden Oberflächen metallisierten Halbleitersubstraten (a, b), **dadurch gekennzeichnet**, dass zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) Bumps in Reihen in einem Abstand zueinander angeordnet sind, der 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 belassen ist 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 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**) kleiner ist als die halbe 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 sie 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.

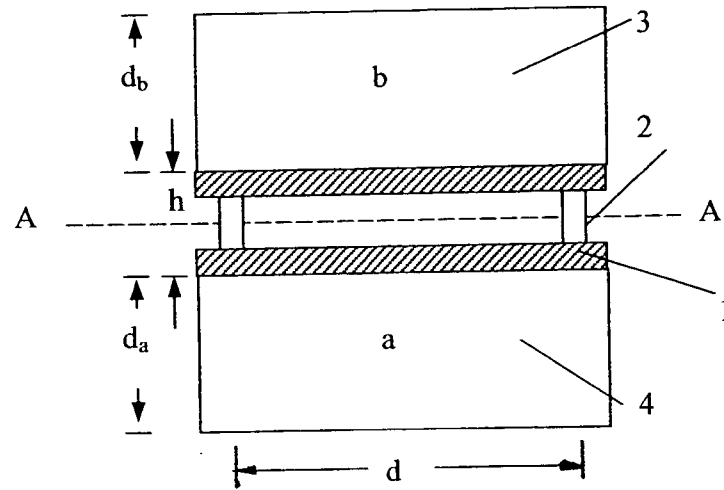
9. Mikrowellenantenne nach einem der vorherge-

henden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass zwischen den Halbleitersubstraten (a, b) Bumps (2) in einer kreuzförmigen Anordnung eingebracht sind, so dass eine Vier-Sektoren-Antenne entsteht.

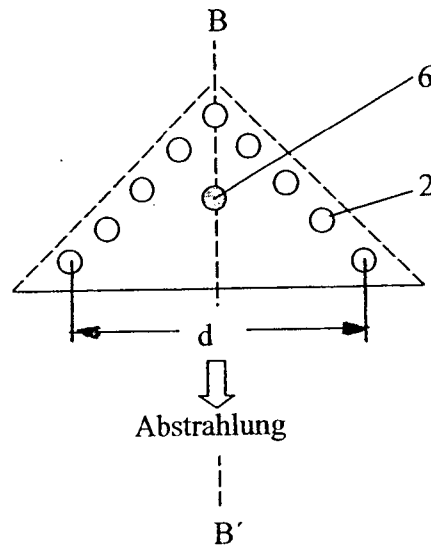
10. Mikrowellenantenne nach einem der vorhergehenden Ansprüche, dadurch gekennzeichnet, dass die Metallisierung (5) der Seitenwände der Halbleitersubstrate durch Via-Ketten realisiert ist.

Es folgen 2 Blatt Zeichnungen

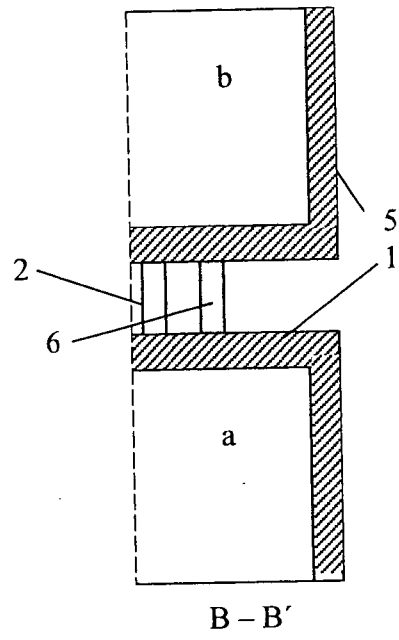
Anhängende Zeichnungen



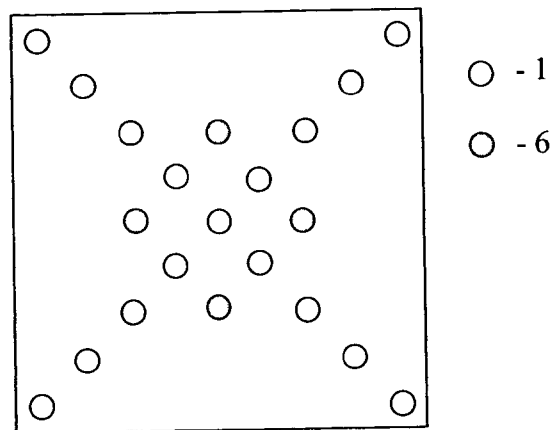
Figur 1



Figur 2



Figur 3



Figur 4