



**Wirtschaftspatent**

Erteilt gemäß § 5 Absatz 1 des Änderungsgesetzes  
zum Patentgesetz

ISSN 0433-6461

(11)

**206 450**

Int.Cl.<sup>3</sup>

3(51)

H 01 L 21/68

H 01 L 21/306

**AMT FUER ERFINDUNGS- UND PATENTWESEN**

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) WP H 01 L/ 2429 631

(22) 02.09.82

(44) 25.01.84

(71) VEB ZFT MIKROELEKTRONIK;DD;

(72) WESTPHAL, PETER, DIPL.-PHYS.; BEYER, CHRISTIAN, DR.-ING. DIPL.-ING.;  
ANDRITZKE, LOTHAR, DIPL.-PHYS.; PFORR, RAINER, DIPL.-PHYS.; DD;  
WALDMANN, GEORG, DR. RER. NAT. DIPL.-CHEM.; DD;

(73) siehe (72)

(74) HERBERT FISSLER VEB ZFT MIKROELEKTRONIK 8080 DRESDEN KARL-MARX-STR.

(54) **JUSTIERMARKE ZUR AUTOMATISCHEN POSITIONIERUNG EINES HALBLEITERSUBSTRATES UND  
VERFAHREN ZU IHRER HERSTELLUNG**

(57) Die Erfindung betrifft eine Justiermarke für die automatische Justierung eines Halbleitersubstrates mit Lackmaske relativ zu einer zugeordneten Schablone mittels opto-elektrischer Justiersysteme unter Verwendung monochromatischer Projektionsabbildung sowie ein Verfahren zu ihrer Herstellung. Die Justiermarke besteht erfindungsgemäß aus wenigstens zwei sich kreuzenden, grabenförmigen Vertiefungen, die senkrecht und symmetrisch zu ihren Achsen unterschiedlich lange Strukturelemente in periodischer Wiederholung aufweisen, deren benachbarte Strukturkanten sich berühren und aufgerauhte Ätzflanken bei gegenüber der Substratoberfläche gleichem oder abgesenktem Profil besitzen. Die Vorteile der Justiermarke ergeben sich insbesondere in einer gezielten Ausnutzung bzw. Unterdrückung von Interferenzeffekten für eine exakte Justierung und Positionierung der Schablone zum Substrat vor jedem Belichtungsschritt. Das Anwendungsgebiet erstreckt sich vorzugsweise auf die Halbleiterindustrie, wobei andere Gebiete der Technik möglich sind.

Justiermarke zur automatischen Positionierung eines Halbleitersubstrates und Verfahren zu ihrer Herstellung

#### Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Justiermarke zur automatischen Positionierung eines Halbleitersubstrates relativ zu einer zugeordneten Maske oder Schablone mittels opto-elektrischer Justiersysteme bei Anwendung monochromatischer Projektionsabbildung sowie ein Verfahren zur Herstellung derselben.

Das Anwendungsgebiet der Erfindung erstreckt sich auf die Herstellung mikroelektronischer Bauelemente in der Halbleiterindustrie.

#### Charakteristik der bekannten technischen Lösungen

Mittels opto-elektrischer Justiersysteme werden auf einem Halbleitersubstrat definiert angeordnete Markierungen durch das Projektionsobjekt, beispielsweise einer Projektionslithografieanlage, welches das zur Abbildung des auf einer Maske oder Schablone befindlichen, dem jeweiligen Verfahrensschritt entsprechende Strukturbild auf das Substrat überträgt, beleuchtet, wobei die Justiermarkenbeleuchtung mittels monochromatischem Licht erfolgt, welches sich durch die Wellenlänge von dem für die Belichtung verwendeten Licht unterscheidet. Durch die Beleuchtung der Justiermarke wird diese in transparente Markierungen der Zwischenschablone abgebildet.

Das entstehende Bild wird senkrecht zur Meßrichtung optisch in zwei Bildhälften unterteilt und fotoelektrisch verglichen. Die für den Vergleich der Teilbilder erforderliche Überdeckung erfolgt durch eine Verschiebung der Justiermarke in x- oder y-Richtung, bis der reflektierte Lichtstrom der Teilbilder gleich groß ist. Die zur Aufnahme des reflektierten Lichtstromes eingesetzten fotoelektrischen Meßköpfe dienen dabei als Meßglieder für einen Regelkreis, dessen Stellglied das Tischsystem mit dem Halbleitersubstrat darstellt. Die Regelkreisverstärkung wird durch die Meßsignalgröße automatisch eingestellt, wobei die Justiergenauigkeit vom Anstieg des Meßsignals in der Umgebung des Nulldurchganges abhängig ist. Der Anstieg des Meßsignals wird durch den Kontrast der Marke zum Umfeld, durch das Verhältnis des Reflexionsgrades der Fläche um die Justiermarke zum Reflexionsgrad im Markenbereich selbst, bestimmt.

Es ist bekannt (DE-OS 25 39 206), durch einen anisotropen Ätzprozeß in alkalischer Ätzlösung auf einer kristallografisch orientierten (100)-Oberfläche eines Siliziumsubstrates pyramiden- bzw. V-förmige Ätzstrukturen bzw. Vertiefungen zu erzeugen, die für kontrastreiche und prozeßstabile Justierstrukturen ausgenutzt werden können.

Durch die Beleuchtung derartiger, mit einem Fotolack beschichteter Reliefmarken mit Licht enger spektraler Bandbreite, entstehen im Bereich der Justiermarke Interferenzfiguren, die durch die Überlagerung einfallender und reflektierter Lichtwellen hervorgerufen werden.

Die Umfelder der auf diese Weise hergestellten Markenstrukturen können so stark ausgebildet sein, daß ihr Kontrast für einen präzisen Justiervorgang nicht ausreicht, da die Ätzgruben im Silizium einen relativ hohen Reflexionsgrad aufweisen.

Desweiteren ist ein Nachteil dahingehend zu verzeichnen, als infolge der durch den Ätzprozeß in den Ätzgruben

technologisch bedingt verbliebenen Plateaus zwischen einzelnen Ätzgrubenrastern ebenfalls Interferenzerscheinungen auftreten, die zu einer weiteren Schwächung des Flächenkontrastes führen.

Die Ausbildung von Interferenzstrukturen im Justiermarken-umfeld und innerhalb der Justiermarke können gemäß der DE-OS 24 22 982 vermieden und die Justiergenauigkeit erhöht werden, wenn durch einen fotolithografischen Zwischenschritt eine Belichtung und Freientwicklung des Justiermarkengebietes z.B. im 1 : 1 Kontakt- bzw. Proximity-Verfahren erfolgt. Durch die Lackentfernung und die damit verbundene Beseitigung der Interferenzstrukturen im Justiermarkenbereich wird die Überdeckungsgenauigkeit aufeinanderfolgender Strukturierungen verbessert, weil die Überdeckungsfehler entfallen, die bei der Justierung an anisotrop geätzten Maskierungsmustern mit wechselnder Lackmaske hervorgerufen werden. Als Bedingung für die Anwendung dieses Verfahrens ist es jedoch erforderlich, die Schichtherstellung auf der Substratoberfläche auf relativ kleine zulässige Schwankungen zu optimieren und gleichzeitig die Schichtdicken auf optisch gut reflektierende Bereiche für die Technologie einzuschränken. Desweiteren sind Maßnahmen zur Erzeugung eines hohen Reflexionsgrades im Marken-umfeld, zum Beispiel durch Aufbringen von kontrastfördernden Schichten, erforderlich, wodurch eine erhebliche Komplizierung der Technologie der Strukturierung eintritt, die dem Anliegen einer defektarmen Strukturherzeugung für den Projektionsbelichtungsprozeß widerspricht.

Aus den angeführten Gründen ist ein automatisches Justieren mit der erforderlichen technologischen Überdeckungsgenauigkeit nicht möglich.

### Ziel der Erfindung

Das Ziel der Erfindung besteht darin, eine automatische Justierung von Halbleiterscheiben relativ zu einer Maske oder Schablone unter der Anwendung monochromatischer Projektionsabbildung und ohne Lackentfernung im Justiermarkenumfeld zu ermöglichen.

### Aufgabe der Erfindung

Die Aufgabe der Erfindung besteht darin, eine Justiermarke sowie ein Verfahren zur Herstellung derselben zu entwickeln, die es ermöglichen, den Justierprozeß zwischen Maske oder Schablone und dem Halbleitersubstrat mittels opto-elektrischer Justiersysteme unter Verwendung monochromatischer Projektionsabbildung mit höchster Präzision und Reproduzierbarkeit bei lackbedeckter Justiermarke zu gestalten.

### Merkmale der Erfindung

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe dadurch gelöst, daß die Justiermarke wenigstens zwei sich kreuzende, grabenförmige Vertiefungen aufweist, in denen zu ihren Achsen senkrecht und symmetrisch angeordnete, unterschiedlich lange Strukturelemente in periodischer Wiederholung vorgesehen sind, wobei sich deren benachbarte Strukturkanten berühren und die Oberfläche der Ätzflanken aufgerauht ist.

Eine vorteilhafte Gestaltung für den Anwendungsfall ergibt sich daraus, wenn die Anzahl der Ätzgrabenflanken durch eine Teilung der langen Gräben oder durch eine Verdoppelung der kurzen Gräben erhöht ist.

Desweiteren weist der sich kreuzende Bereich der Ätzgräben mit der übrigen Substratoberfläche gleiches Niveau auf.

Die erfindungsgemäßen Ätzgräben der Justiermarke weisen vorzugsweise eine Breite von  $3\mu\text{m}$  und einen Quergrabenabstand von  $2\mu\text{m}$  auf, wobei die Länge der langen Gräben nach

dem Ätzprozeß vorzugsweise  $2 \pm 0,5 \mu\text{m}$  kleiner als die Breite der transparenten Markierung in der Zwischenschablone ist.

In einer Ausgestaltung der Erfindung sind in der Achsrichtung der Ätzgräben paarweise hintereinandergereihte kurze Gräben vorgesehen, die mit jeweils neben diesen axial und symmetrisch angeordneten langen Gräben korrespondieren.

Desweiteren ist es möglich, die kurzen Gräben so zu gestalten, daß sie radial eine Einheit bilden oder daß sie in einfacher Anordnung in axialer Richtung vorgesehen sind.

In einer weiteren Ausgestaltung der Erfindung ist das Profil der sich axial berührenden Strukturkanten gegenüber der Oberfläche des Substrates abgesenkt, und die abgesenkten, profilhöchsten Punkte weisen gleiches Niveau auf.

Entsprechend dem erfindungsgemäßen Verfahren wird die mittels lithografischer Abbildungsverfahren auf die Oberfläche des mit einem schichtförmigen Material versehenen Substrates übertragene, als Maske auf dem Halbleitermaterial strukturierte und einer anisotropen Ätzung ausgesetzte Justiermarke isotrop nachgeätzt bis zur Berührung benachbarter Strukturkanten oder unter gezielter Absenkung des Profils, wobei mit der isotropen Nachätzung gleichzeitig eine Aufrauhung der Siliziumoberfläche in den Ätzgräben verbunden ist. Als Ätzmittel wird dabei vorzugsweise Polysiliziumätzer eingesetzt.

Es ist auch möglich, die isotrope Nachätzung gleichzeitig mit der anisotropen Ätzung durchzuführen, indem die Komponenten des anisotropen Ätzers mit dem isotropen Ätzer eingesetzt werden.

### Ausführungsbeispiel

Die Erfindung wird anhand eines Ausführungsbeispielles und von 13 Zeichnungen näher erläutert. Dabei zeigen

- Fig. 1 die Geometrie einer Justiermarke, schematisch;
- Fig. 2 die Anordnung der kurzen und langen Quergräben im Entwurf;
- Fig. 2.1 den Schnitt durch ein anisotrop geätztes Halbleitersubstrat;
- Fig. 3 die Lateralstruktur der Quergräben nach dem Ätzvorgang;
- Fig. 3.1 den Schnitt durch die Quergräben entlang der Ätzgrubenachse;
- Fig. 4.1  
bis 4.7 Varianten der Quergräben;
- Fig. 5 den Schnitt durch die Quergräben mit aufliegender Maske nach dem anisotropen Ätzprozeß;
- Fig. 5.1 eine Profilabsenkung nach dem isotropen Ätzprozeß im Schnitt.

Die Fig. 1 zeigt die schematische Darstellung einer Justiermarke 1 gemäß der vorliegenden Erfindung mit in x- und y-Richtung senkrecht aufeinanderstehenden und sich kreuzenden Achsen, die als Ätzgruben 3; 3.1 bezeichnet sind und wie sie für die automatische Positionierung eines (100)-orientierten Halbleitersubstrates mittels monochromatischer Projektionsabbildung eingesetzt wird.

Die Ätzgruben 3; 3.1 der Justiermarke 1 bestehen aus radial zu den Achsen x; y wechselseitig hintereinander angeordneten kurzen und langen Markierungen, die mittels eines geeigneten Abbildungsverfahrens auf das mit einer Oxidmaske 9 versehene Halbleitersubstrat 2 übertragen werden. Die Justiermarke ist dabei im Entwurfsstadium so ausgeführt, daß der sich kreuzende Bereich der Ätzgräben 3; 3.1 frei bleibt. Bei der Vergrößerung eines Ausschnittes der Ätzgruben 3 oder 3.1 ist ersichtlich, daß die Markierungen aus kurzen

Gräben 4 und aus langen Gräben 5 bestehen, die in Fig. 2 im Entwurf dargestellt sind. Die Abmessungen der Gräben 4; 5 werden erfindungsgemäß so gewählt, daß sie untereinander einen Abstand von vorzugsweise  $2\text{ }\mu\text{m}$  und eine Breite von  $3\text{ }\mu\text{m}$  aufweisen. Die Länge des langen Grabens 5 ist so groß ausgebildet, daß sie vorzugsweise nach einem anschließenden Bearbeitungsprozeß  $2 \pm 0,5\text{ }\mu\text{m}$  kleiner als die Breite der transparenten Markierung in einer nicht dargestellten Zwischenschablone ist.

Nach der Übertragung des Entwurfsmusters der Justiermarke in die Fotolackschicht mittels eines geeigneten Belichtungsverfahrens und nachfolgenden Entwicklungsvorganges und nach Erzeugung der Ätzmaske durch Entfernen der in einem vorangegangenen Verfahrensschritt auf die Halbleiteroberfläche aufgetragenen technologischen Schicht - vorzugsweise einer dünnen Oxidschicht - in den freientwickelten Gebieten der Lackmaske wird die unter den jeweiligen Öffnungen liegende Oberfläche des Halbleitersubstrates 2 anisotrop geätzt, so daß aufgrund der (100)-Orientierung der Kristallstruktur eine V-förmige Vertiefung 10 unter jeder Öffnung der Oxidmaske 9 entsteht, die vier schräge (111)-Flächen bzw. Ätzflanken 6 aufweisen, deren Winkel zur Oberfläche des Halbleitersubstrates 2 etwa  $55^\circ$  beträgt (Fig. 2.1).

Während eines ablaufenden Justiervorganges wird die Oberfläche des Halbleitersubstrates 2 über eine nicht dargestellte optische Justiereinrichtung beleuchtet, wobei die auf die Halbleiterscheibe einfallenden Strahlen 11 von der unstrukturierten Oberfläche nahezu senkrecht in das nicht dargestellte Objektiv reflektiert werden. An den Ätzflanken 6 dagegen werden die Strahlen 11 entsprechend dem Einfallswinkel so reflektiert, daß nur noch ein geringer Anteil an Lichtintensität in das Objekt gelangt, so daß im Abbildungsstrahlengang zur Justierung die Ätzflanken 6 gegenüber der Halbleiteroberfläche optisch dunkel erscheinen, bei jedoch relativ hohem Reflexionsgrad.

Zur Erhöhung des Kontrastes wird die anisotrop vorgeätzte Struktur isotrop nachgeätzt.

Bei kurzzeitiger Einwirkung des Ätzers auf die Ätzflanken 6 erfolgt eine Aufrauung 6.1 derselben, so daß der Anteil an in das Objektiv reflektiertem Licht infolge von Streureflexionen innerhalb der Ätzgräben 3; 3.1 wesentlich vermindert wird, wodurch eine Herabsetzung des Reflexionsgrades erreicht wird.

Der Ätzprozeß wird vorteilhaft so weit geführt, daß die Ätzmaske 9 ohne Beeinflussung des Profilquerschnittes unterätzt wird, bis sich benachbarte Strukturkanten berühren (Fig. 3.1).

Eine Weiterätzung bewirkt ein Absenken des Profils unter die Oberfläche des Halbleitersubstrates 2 (Fig. 5) für die Justiermarken gemäß Fig. 4.5; 4.6; 4.7 derart, daß ein Gesamtprofil gemäß Fig. 5.1 erkennbar wird.

Die Profilabsenkung führt desweiteren zu einer Abflachung des Profils, wobei der Winkel, den die (111)-Flächen einschließen, so verändert wird, daß das einfallende Licht annähernd wieder in die Ursprungsrichtung reflektiert wird und dadurch optisch eine Aufhellung erfolgt. Dadurch heben sich die das angrenzende Gebiet einschließenden Ätzflanken 6 kontrastreich von dem aufgehellten Bereich ab.

Bei Anwendung der Justiermarken im technologischen Halbleiterherstellungsprozeß wirkt es sich vorteilhaft aus, wenn in jeder Bearbeitungsebene gleichzeitig mit der Belichtung des Bildfeldes das Justiermarkengebiet so belichtet wird, daß durch die nachfolgenden Präparationsschritte ein Schichtaufbau über dem Justiermarkengebiet verhindert wird, der zu einer Schwächung des Markontrastes führen würde.

Bei einer Belichtung und Freientwicklung des Justiermarkengebietes ist eine Freiätzung von der technologischen Schicht der jeweiligen Strukturierungsebene gegeben, während bei Lackabdeckung ein Aufwachsen einer nachfolgenden Schicht verhindert wird.

Erfindungsanspruch

1. Justiermarke zur automatischen Positionierung eines Halbleitersubstrates relativ zu einer zugeordneten Maske oder Schablone mittels opto-elektrischer Justiersysteme, bestehend aus in der Halbleitersubstratoberfläche durch entsprechende Verfahrensschritte der Belichtung, Entwicklung und Ätzung zur Strukturierung von beschichtetem Halbleitermaterial erzeugten, vorzugsweise pyramidenförmigen Vertiefungen, gekennzeichnet dadurch, daß die Vertiefungen als mindestens zwei vorzugsweise senkrecht aufeinanderstehende, gekreuzte Ätzgruben (3; 3.1) ausgebildet sind, wobei die Ätzgruben (3; 3.1) senkrecht und symmetrisch zu ihren Achsen periodisch aneinandergereihte Vertiefungen verschiedener Abmessungen aufweisen, deren benachbarte Strukturanten sich berühren.
2. Justiermarke gemäß Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß die Vertiefungen in den Ätzgruben (3; 3.1) als kurze Gräben (4) und lange Gräben (5) ausgebildet sind, deren Ätzflanken (6) mit einer Aufrauhung versehen sind.
3. Justiermarke gemäß Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Anzahl von Flanken durch Teilung der langen Gräben (5) in der Achse der Ätzgräben (3; 3.1) erhöht ist.
4. Justiermarke gemäß Punkt 2 und 3, gekennzeichnet dadurch, daß die Anzahl der Flanken durch Doppelung der kurzen Gräben (4) erhöht ist.
5. Justiermarke gemäß Punkt 2, gekennzeichnet dadurch, daß die Ätzgräben (4; 5) nach dem Ätzprozeß vorzugsweise eine Breite von  $5\text{ }\mu\text{m}$  aufweisen, wobei die Länge der Gräben (5) vorzugsweise  $2 \pm 0,5\text{ }\mu\text{m}$  kleiner als die Breite der transparenten Markierung in der Zwischenschablone ist

6. Justiermarke gemäß der Punkte 2 bis 5, gekennzeichnet dadurch, daß das Profil von zwischen den langen Gräben (5) angeordneten kurzen Gräben (4) gegenüber der Oberfläche des Substrates (2) gleiches Niveau aufweist.
7. Justiermarke gemäß Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß in Achsrichtung der Ätzgruben (3; 3.1) hintereinander und paarweise angeordnete kurze Gräben (4) vorgesehen sind, die mit jeweils neben diesen axial und symmetrisch angeordneten langen Gräben (8) korrespondieren.
8. Justiermarke gemäß Punkt 7, gekennzeichnet dadurch, daß die kurzen Gräben (4) radial eine Einheit (7.1) bilden.
9. Justiermarke gemäß Punkt 8, gekennzeichnet dadurch, daß die kurzen Gräben (4) axial in einfacher Anordnung vorgesehen sind.
10. Justiermarke gemäß der Punkte 7 bis 9, gekennzeichnet dadurch, daß das Profil zwischen den axial und symmetrisch angeordneten langen Gräben (8) gegenüber der Oberfläche des Substrates (2) abgesenkt ist und die abgesenkten Profile (4.1) innerhalb der Ätzgruben (3; 3.1) gleiches Niveau aufweisen.
11. Justiermarke gemäß Punkt 1, gekennzeichnet dadurch, daß der sich kreuzende Bereich (1.1) der Ätzgruben (3; 3.1) mit der Oberfläche des Substrates (2) gleiches Niveau aufweist.
12. Verfahren zur Herstellung einer Justiermarke zur automatischen Positionierung eines Halbleitersubstrates relativ zu einer Schablone mittels opto-elektrischer Justiersysteme unter Anwendung monochromatischer Projektionsabbildung, wobei die Struktur der Justiermarke durch eine Maske hindurch mittels lithografischer Abbildungsverfahren auf die Oberfläche des mit einem schichtförmigen

gen Material versehenen (100)-Halbleitersubstrates übertragen und die abgebildeten Strukturen anschließend einem anisotropen Ätzprozeß ausgesetzt werden, gekennzeichnet dadurch, daß die erzeugte Struktur isotrop nachgeätzt wird, bis sich benachbarte Strukturkanten innerhalb der Ätzgruben (3; 3.1) berühren und die Oberfläche der Ätzflanken (6) eine Aufrauhung (6.1) aufweist.

13. Verfahren zur Herstellung einer Justiermarke gemäß Punkt 12, gekennzeichnet dadurch, daß die isotrope Nachätzung mittels Polysiliziumätzer durchgeführt wird.
14. Verfahren zur Herstellung einer Justiermarke gemäß Punkt 12, gekennzeichnet dadurch, daß die isotrope Ätzung in Verbindung mit der anisotropen Ätzung durchgeführt wird.

Hierzu 2 Seiten Zeichnungen

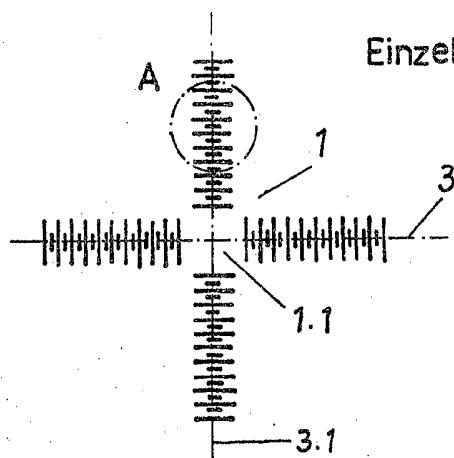


Fig. 1

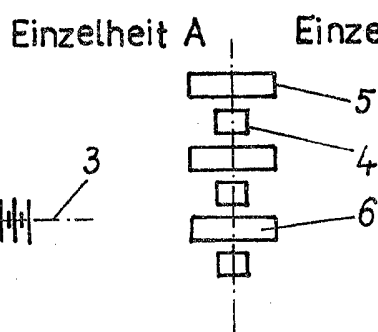


Fig. 2

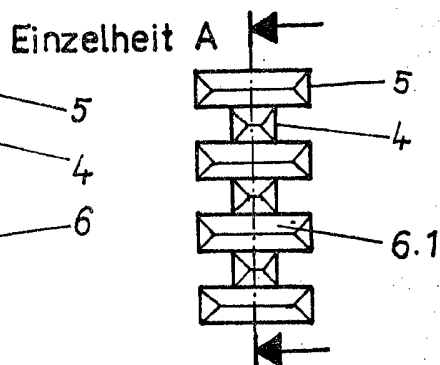


Fig. 3

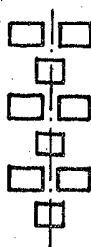


Fig. 4.1

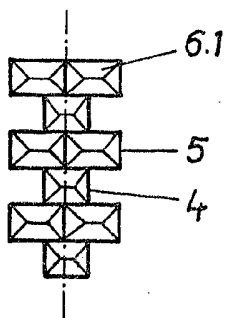


Fig. 4.2

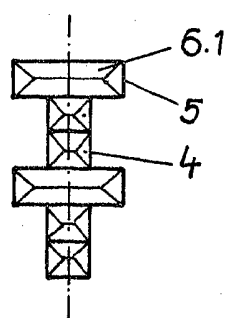


Fig. 4.3

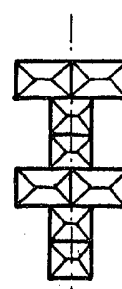


Fig. 4.4

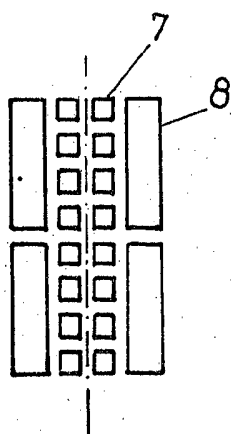


Fig. 4.5

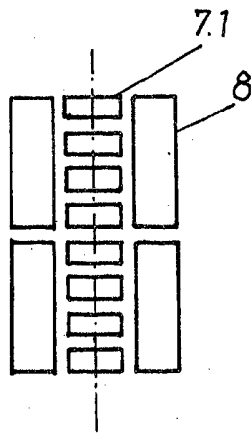


Fig. 4.6

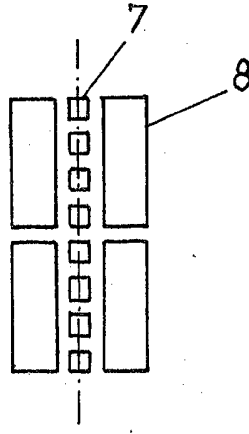


Fig. 4.7

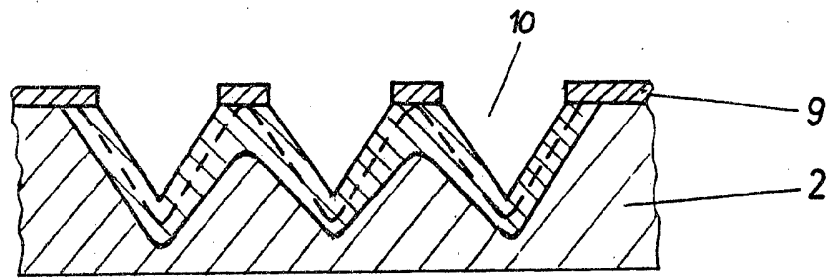


Fig. 5

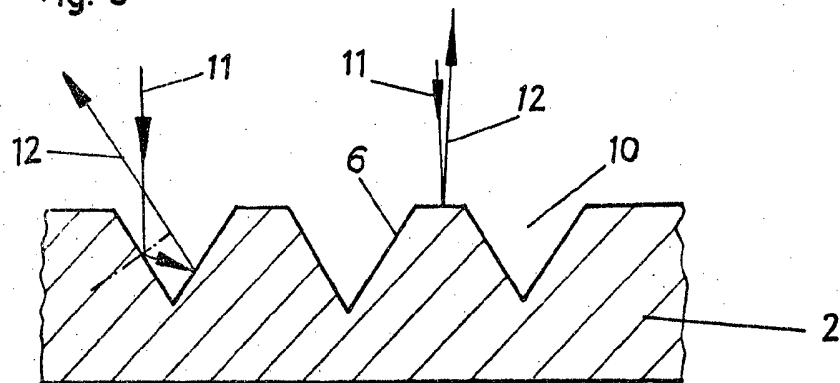


Fig. 2.1

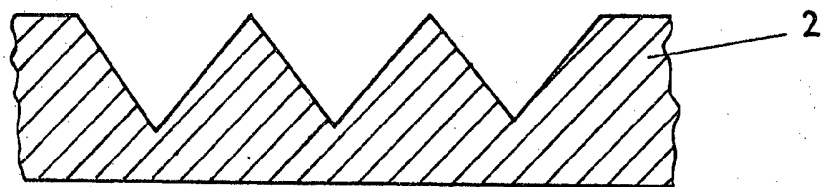


Fig. 3.1

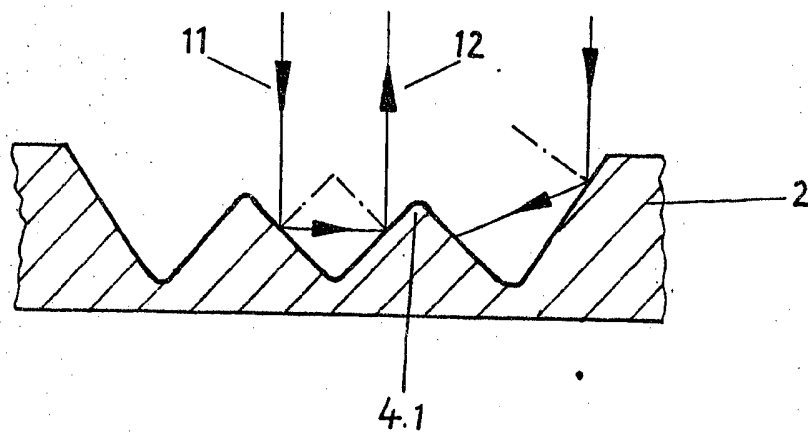


Fig. 5.1