



(12) Ausschließungspatent

(11) DD 292 028 A5

Erteilt gemäß § 17 Absatz 1

Patentgesetz der DDR

vom 27. 10. 1983

in Übereinstimmung mit den entsprechenden

Festlegungen im Einigungsvertrag

5(51) C 23 C 14/34

C 23 C 14/02

DEUTSCHES PATENTAMT

In der vom Anmelder eingereichten Fassung veröffentlicht

(21) DD C 23 C / 337 964 4

(22) 20.02.90

(44) 18.07.91

(71) Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, Zeppelinstraße 7, O - 8051 Dresden, DE

(72) Heisig, Ullrich, Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Goedicke, Klaus, Dipl.-Phys.; Schiller, Siegfried, Prof. Dr. rer. nat. Dipl.-Phys.; Milde, Falk, Dipl.-Phys.; Heine, Andreas, Dipl.-Ing.; Student, Hans-Jochen, Dipl.-Ing.; Weber, Ulf, Dipl.-Phys.; Schmidt, Horst, Dr. rer. nat.; Fendler, Reinhard, Dr.-Ing. Dipl.-Ing., DE

(73) Forschungsinstitut Manfred von Ardenne, O - 8051 Dresden; VEB Elektromat Dresden, O - 8080 Dresden, DE

(54) Einrichtung zum Behandeln von Substraten im Plasma

(55) Werkstück; Substrate; Plasma;
 Substratvorbehandlung; Vakuumbeschichten;
 HF-Gasentladung; Vakuumkammer; Hohlanode;
 Abschirmanode; gitterartiges Formteil; Gitterelemente
 (57) Die Einrichtung dient der Behandlung von
 Werkstücken bzw. Substraten im Plasma, vorzugsweise der
 Substratvorbehandlung beim Vakuumbeschichten in einer
 HF-Gasentladung. Die Einrichtung, bestehend aus einer
 Vakuumkammer, einer Hohlanode, einer geerdeten
 Abschirmanode, ist erfindungsgemäß so ausgebildet, daß
 die Öffnung der Hohlanode von einem teildurchlässigen,
 gitterartigen Formteil verschlossen ist und das Formteil aus
 periodisch angeordneten Gitterelementen besteht. Das
 Formteil besteht aus mindestens einer Teilebene und jede
 Teilebene aus mindestens 10 Gitterelementen. Die
 Formteile liegen an Gleichspannungspotential von max.
 einigen hundert Volt gegenüber dem Erdpotential. Das
 Substrat wird mindestens einmal relativ zur Öffnung der
 Hohlanode bewegt. Die Innenwand der Hohlanode ist rauh
 gestaltet. Fig. 1

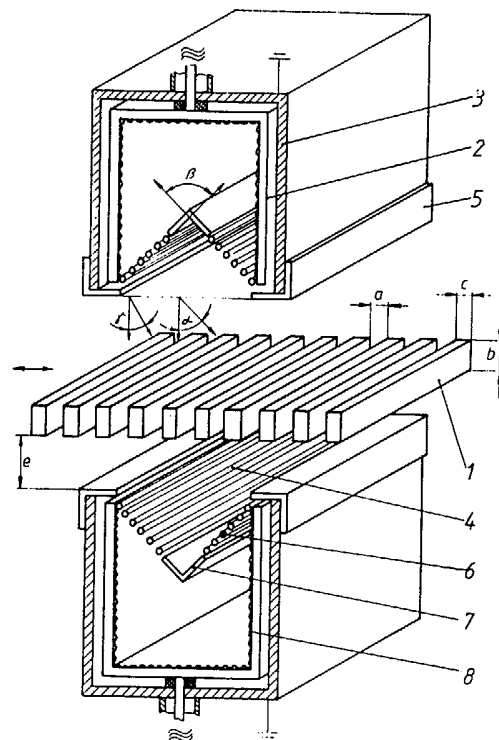


Fig. 1

Patentansprüche:

1. Einrichtung zum Behandeln von Substraten im Plasma, bestehend aus einer Vakuumkammer, einer an einen Hochfrequenzgenerator angeschlossenen, mit einer Öffnung versehenen Hohlanode, einer geerdeten Abschirmelektrode, die die Hohlanode mit geringem Abstand umgibt und einem auf floating-Potential befindlichen oder geerdeten Substrat, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Öffnung der Hohlanode (2) von einem teildurchlässigen gitterartigen Formteil (4) verschlossen ist, daß das Formteil (4) aus periodisch angeordneten Gitterelementen (6) mit einem Durchmesser d von 0,5 bis 5 mm und einem periodischen freien Abstand zwischen den Gitterelementen (6) im Bereich von $2d$ bis $8d$ gebildet ist, daß das Formteil (4) aus mindestens einer Teilebene und jede Teilebene aus mindestens zehn Gitterelementen (6) gebildet ist, daß jede Teilebene gegen die Normale der Öffnung in der Hohlanode (2) in einem Winkel α von 0° bis 45° und benachbarte Teilebenen in einem Winkel β mit 0° bis 180° angeordnet sind, daß das Formteil (4) an ein Gleichspannungspotential von maximal einigen hundert Volt gegenüber dem Erdpotential angeschlossen ist, daß das Substrat (1) mit einer Einrichtung für mindestens einmalige Bewegung desselben relativ zur Öffnung der Hohlanode (2) verbunden ist, daß die Innenwand der Hohlanode (2) rauh gestaltet ist.
2. Einrichtung nach Anspruch 1, **dadurch gekennzeichnet**, daß der Winkel α einer Teilebene gegen die Normale der Öffnung der Hohlanode (2) 45° ist und der Winkel β der benachbarten Teilebenen 80° ist.
3. Einrichtung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formteil (4) geerdet ist.
4. Einrichtung nach Anspruch 1 und 2, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formteil (4) vollständig elektrisch isoliert ist.
5. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 4, **dadurch gekennzeichnet**, daß in der Hohlanode (2) eine Auskleidung (8) mit hoher Oberflächenrauigkeit angeordnet ist.
6. Einrichtung nach Anspruch 5, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Auskleidung (8) aus Metalledrahtgeflecht hergestellt ist.
7. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gitterelemente (6) aus dem Material, welches im anschließenden Beschichtungsprozeß aufgebracht wird, hergestellt sind.
8. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gitterelemente (6) aus dem Material oder einer Komponente desselben des Substrates (1) hergestellt sind.
9. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 6, **dadurch gekennzeichnet**, daß die Gitterelemente (6) aus dem Material des im Vakuumbeschichtungsprozeß aufzubringenden Materials oder einer Komponente desselben hergestellt sind.
10. Einrichtung nach Anspruch 1 bis 9, **dadurch gekennzeichnet**, daß das Formteil (4) in der Umgebung der Bereiche, in denen die Teilebenen zusammenstoßen, undurchlässig ist.
11. Einrichtung nach Anspruch 10, **dadurch gekennzeichnet**, daß im Bereich des Zusammenstoßens der Teilebenen Abdeckungen aus Blech angeordnet sind.
12. Einrichtung nach den Ansprüchen 1 bis 11, **dadurch gekennzeichnet**, daß alle Elemente der Einrichtung doppelt ausgeführt gegenüberliegend und um 180° gegeneinander gedreht angeordnet sind und daß das Substrat (1) zwischen den beiden symmetrischen Teilen der Einrichtung hindurchgeführt wird.

Hierzu 3 Seiten Zeichnungen

Anwendungsgebiet der Erfindung

Die Erfindung betrifft eine Einrichtung zur Behandlung von Werkstücken in einem Plasma, vorzugsweise zur Substratvorbehandlung beim Vakuumbeschichten, in einer Hochfrequenz-Gasentladung oder zur plasmagestützten Beschichtung.

Charakteristik des bekannten Standes der Technik

Zur Behandlung von Werkstücken im Plasma sind zahlreiche Einrichtungen bekannt. Solche Lösungsvorschläge beziehen sich vor allem auf die Gestaltung der Elektroden für die Erzeugung elektrischer Gasentladungen und auf magnetische Felder zur Beeinflussung solcher Gasentladungen. Die Einrichtungen wirken im allgemeinen so, daß ein Strom von Ionen auf das Werkstück trifft und verschiedene physikalische Wirkungen, insbesondere Zerstäubungswirkungen, hervorruft. Sie werden deshalb als Sputterätzeinrichtungen bezeichnet.

Die bekannten Einrichtungen arbeiten in einer Vakuumkammer und bestehen aus einer an einen Hochfrequenz-Generator angeschlossenen, mit einer Öffnung versehenen Hohlanode, einegeerdeten Abschirmelektrode, die diese in geringem Abstand umgibt, und einem auf floating-Potential befindlichen oder geerdeten Substrat (Werkstück). (DE-PS 2241 229, DE-OS 31 16732, GB-PS 2 191 787)

Diese Einrichtungen werden „inverse“ Ätzeinrichtungen genannt. Sie begrenzen den Bereich, in dem sich die Gasentladung ausbildet, auf den Raum zwischen dem Substrat und der Innenwand der Hohlanode, verringern aufgrund der geerdeten bzw. auf niedrigem elektrischen Potential befindlichen Substrate den technischen Aufwand, vor allem für den Substrattransport, und haben sich z. B. für das Ätzen bei der Herstellung mikroelektronischer Schaltkreise hervorragend bewährt.

Nachteilig ist bei der Anwendung der beschriebenen inversen Ätzeinrichtungen die Bearbeitung von Werkstücken, die komplizierter geformt sind. Das Werkstück darf nur einen engen Spalt von wenigen Millimetern zur Abschirmelektrode bilden. Daraus resultieren für die Gestaltung technischer Einrichtungen zusätzliche Aufwendungen und/oder wesentliche Einschränkungen in der Wahl der physikalischen Prozeßparameter, z. B. des Gasdruckes. Auf Oberflächenbereichen, die senkrecht zur Öffnung der Hohlanode stehen, z. B. den Wandungen von Bohrungen im Werkstück, tritt keine Ätzwirkung auf. Im Gegenteil, durch Rücksputterprozesse wird die Werkstückvorbehandlung z. B. für eine nachfolgende Vakuumbeschichtung auf diesen Bereichen des Werkstückes wesentlich verschlechtert.

Es wird versucht, diese Schwierigkeiten durch erhöhten Gasdruck für die elektrischen Entladungen zu überwinden. Dabei verbessert sich die Gleichmäßigkeit der Ätzwirkung auf dem Werkstück aber nur unwesentlich. Es sind jedoch komplizierte Ausführungen der Abschirmelektrode erforderlich, und die Gefahr von elektrischen Überschlügen ist erhöht. Weitere Schwierigkeiten entstehen, wenn das Werkstück teilweise durchbrochen ist. Solche Werkstücke bewirken, daß sich die elektrische Entladung in der gesamten Vakuumkammer ausbreitet und die gewünschte Ätzwirkung nicht einstellt. Bei einer rückseitigen Abdeckung der durchbrochenen Substrate werden zwar die der Öffnung der Hohlanode zugewandten Substratbereiche geätzt, dazu senkrecht stehende Substratbereiche jedoch mit Schichten rückgesputterten Materials verschmutzt. Aus diesen Gründen werden inverse Ätzeinrichtungen bisher nur für die Behandlung weitgehend ebener Substrate im Plasma eingesetzt.

Ziel der Erfindung

Durch die Erfindung soll der technische Stand von Einrichtungen zur Behandlung von Werkstücken bzw. Substraten im Plasma verbessert werden. Die Mängel der bekannten Einrichtungen sind zu vermeiden.

Wesen der Erfindung

Der Erfindung liegt die Aufgabe zugrunde, eine Einrichtung zum inversen Sputterätzen bzw. Behandeln im Plasma anzugeben, die die Behandlung von kompliziert geformten, nicht ebenen Substraten im Plasma ermöglicht. Auch für die Plasmabehandlung von ebenen Substratoberflächen, z. B. Metallband, soll eine Verbesserung im Sinne einer Erhöhung der Effektivität des Plasmabehandlungsprozesses erreicht werden.

Erfindungsgemäß wird die Aufgabe mit einer Einrichtung, bestehend aus einer Vakuumkammer mit einer Gaseinlaßeinrichtung, einer an einen Hochfrequenzgenerator angeschlossenen, mit einer Öffnung versehenen Hohlanode, einer geerdeten Abschirmelektrode, die die Hohlanode in geringem Abstand umgibt und einem auf floating-Potential befindlichen oder geerdeten Substrat, dadurch gelöst, daß die Öffnung der Hohlanode durch ein gitterartiges durchbrochenes Formteil verschlossen wird, das aus periodisch angeordneten Gitterelementen besteht. Das können im einfachsten Fall parallel zueinander gespannte Drähte mit einem Durchmesser d ($0,5 \text{ mm} < d < 5 \text{ mm}$) und einem periodischen Abstand von $2d$ bis maximal $8d$ sein, wenn bestimmte weitere Bedingungen für die Bewegung des Substrates eingehalten werden. Mehrere benachbarte dieser Gitterelemente, mindestens zehn, sind so auf je einer Teilebene im Raum angeordnet, daß die Teilebenen einen Winkel α (mit $0 \leq \alpha \leq 45^\circ$, vorzugsweise α etwa $30 \dots 40^\circ$) gegen die Normale der Öffnung der Hohlanode und daß die Teilebenen untereinander einen Winkel β (mit $0 \leq \beta \leq 90^\circ$, vorzugsweise mit β etwa $60 \dots 80^\circ$) bilden. Die Gitterelemente bilden damit ein teildurchlässiges Formteil, das gegenüber der Öffnung in der Hohlanode geneigt und dessen Teilbereiche „geknickt“ sind.

Entsprechend der Geometrie des zu behandelnden Substrates kann vorteilhafterweise das Formteil, bzw. seine Gitterelemente, eine sphärische Fläche im Raum bilden. Das heißt, die Winkel α bzw. β ändern sich von Gitterelement zu Gitterelement stetig. Besagtes Formteil ist geerdet und am zweckmäßigsten mit der Abschirmelektrode der Ätzeinrichtung elektrisch leitend verbunden. Es kann aber auch zweckmäßig sein, daß das Formteil elektrisch von der Abschirmelektrode isoliert und mit einer Gleichspannungsquelle von maximal einigen hundert Volt gegenüber dem Erdpotential verbunden ist. Durch eine solche Spannung kann die Art der Plasmawirkung auf das Substrat, z. B. die Eindringtiefe von Ionen aus dem Plasma in das Substrat, beeinflußt werden. Es kann aber auch zweckmäßig sein, das Formteil vollständig elektrisch zu isolieren (floating-Formteil). Das Substrat ist auf einer Einrichtung angeordnet, die seine einmalige oder mehrmalige periodische Bewegung relativ zur Öffnung der Hohlanode ermöglicht. Zum Beispiel wird das Substrat linear über die mit dem Formteil verschlossene rechteckige Öffnung der Hohlanode bewegt, oder es befindet sich auf einem Drehteller und wird mehrmals während der Plasmabehandlung über die mit dem Formteil verschlossene sektorförmige Öffnung der Hohlanode bewegt. Bandförmige Werkstücke werden mit Hilfe von Wickelvorrichtungen direkt an der mit dem Formteil verschlossenen Öffnung der Hohlanode vorbeigeführt.

Ein weiteres Merkmal der Erfindung besteht darin, daß die Innenwand der Hohlanode rau ist oder mit einer auswechselbaren Auskleidung mit hoher Oberflächenrauigkeit, vorzugsweise Metalldrahtgewebe oder Streckmetall, versehen ist. Durch die raue Oberfläche wird erreicht, daß sich die durch Sputterätzung der Gitterelemente des Formteils gebildeten Partikel ausreichende Haftfestigkeit auf der Innenwand aufweisen und nicht zu störender Verschmutzung der Vakuumkammer oder des Substrates führen. Durch Verwendung einer auswechselbaren Auskleidung kann die Reinigung der Hohlanode erleichtert oder vermieden werden.

Es ist besonders vorteilhaft, wenn die Gitterelemente aus dem Material des Substrates oder dem Material bestehen, das in einem anschließenden Beschichtungsprozeß aufgebracht werden soll oder zumindest aus einem Material, das eine Komponente des Substrates oder des aufzubringenden Materials enthält. Auf diese Weise wird nicht nur eine geringfügige, aber unvermeidliche Verschmutzung der Substratoberfläche beim Behandeln im Plasma unwirksam gemacht, sondern die angestrebte technologische Wirkung der Plasmabehandlung wird sogar wesentlich verstärkt. Soll z. B. ein Substrat zur Sicherung ausreichender Haftfestigkeit einer nachträglich im Vakuum aufzubringenden Schicht geätzt werden, so führt besagte Materialwahl für das Formteil der Einrichtung zu einer weiteren Erhöhung der Haftfestigkeit, offenbar weil einzelne durch Abätzen des Formteiles entstandene Partikel unter intensiver Ioneneinwirkung auf dem Substrat kondensieren (ion plating). Liegen teilweise durchbrochene Substrate zur Bearbeitung im Plasma vor, so werden rückseitig hinter den Substraten Auffänger, z. B. geerdete Bleche, für die die gleichen Kriterien für die Materialauswahl gelten, angeordnet.

Die erfindungsgemäße Ätzeinrichtung wird bevorzugt für die Plasmabehandlung, z. B. das Sputterätzen, kompliziert geformter Substrate vorgeschlagen. Durch bewußte, von der Arbeitsaufgabe und den geometrischen Bestimmungsgrößen des Substrates abhängige Bemessung der Größe und Neigung der Teilebenen des teildurchlässigen gitterartigen Formteiles können die unterschiedlichen Austrittsrichtungen und deren Intensität für die aus dem Plasma extrahierten Ionen und schnellen Neutralteilchen, die verschiedene physikalisch-technische Wirkungen, z. B. das Sputterätzen bewirken, bestimmt werden. Am stärksten ist die Ätzwirkung auf Flächen des Substrates, die geneigt oder senkrecht zur Öffnung der Hohlanode stehen, wenn möglichst alle Teilebenen des Formteiles einen Winkel von $\alpha \approx 45^\circ$ bilden. Werden die Bereiche des Formteiles, in denen dessen Teilflächen mit unterschiedlichen Neigungswinkeln α , β zusammenstoßen, undurchlässig gestaltet, so kann erreicht werden, daß quasi alle Komponenten des Plasmas mit einem großen Austrittswinkel aus der Ätzeinrichtung austreten und auf das Substrat treffen. Bei einer solchen Ausgestaltung der Einrichtung können senkrecht austretende Komponenten des Plasmas fast vollständig vermieden werden. Dieser Sachverhalt ist außerordentlich wichtig, wenn auf der Oberfläche kompliziert geformter Substrate eine gleichmäßige Plasmawirkung erforderlich ist.

Eine weitere wichtige Auswirkung der Erfindung ergibt sich daraus, daß die spezifische Ätzrate für alle Materialien vom Einfallswinkel der Ionenstrahlen aus dem Plasma auf die Substratoberfläche abhängt. So erhöht sich bei einem Auftreffwinkel im Bereich von $45^\circ \dots 60^\circ$ für viele wichtige Materialien die Zerstäubungsrate um den Faktor 2 bis 5, in Ausnahmefällen bis zum Faktor 10 gegenüber dem Wert bei senkrecht auftreffenden Ionen aus dem Plasma. Da mit der erfindungsgemäßen Einrichtung der Auftreffwinkel durch geometrische Bestimmungsstücke des Formteiles in weiten Grenzen eingestellt werden kann, läßt sich insbesondere auch der genannte Bereich des Einfallswinkels realisieren. Das trifft sowohl auf kompliziert geformte als auch auf ebene Substratoberflächen zu. Auch auf ebenen Flächen, die im Prinzip mit herkömmlichen Einrichtungen im Plasma bearbeitet, z. B. geätzt werden können, ist durch die Erfindung eine drastische Rateerhöhung und damit Produktivitätssteigerung der Plasmabehandlung erreichbar.

Ein sehr entscheidender Vorteil der Erfindung besteht darin, daß der Abstand zwischen der inversen Ätzeinrichtung und dem Substrat nicht mehr wie üblich nur wenige Millimeter betragen darf, sondern wesentlich größer bis hin zu Werten von ein oder zwei Metern sein kann. Das extrahierte Plasma tritt, bestimmt durch die Größe und die Neigungswinkel α und β des Formteiles, in Form scharf begrenzter Plasmastrahlen aus der Hohlanode. Zum einen kann die beschriebene geringfügige Verschmutzung des Substrates durch abgestäubtes Material des teildurchlässigen Formteiles durch einen großen Substratabstand fast zu Null gebracht werden oder die Auswirkung unerwünschter Rücksputtereffekte, z. B. von Teilen der Vakuumkammer, günstig beeinflußt werden. Besondere Bedeutung hat die Wahl eines großen Substratabstandes jedoch, wenn die Einrichtung für die Durchführung plasmaunterstützter Technologien, z. B. die Kombination von Sputterprozessen oder Vakuumaufdampfprozessen mit Ionenprozessen, durchgeführt werden soll. Durch diese Einrichtung können der Schichtbildungsprozeß und die Einwirkung des Plasmas zeitgleich und im technologisch erforderlichen Verhältnis von Teilchen- und Plasmadichte auf der Substratoberfläche zur Wirkung gebracht werden.

Ist die allseitige Plasmabehandlung von Substraten erforderlich, so ist eine Doppeleinrichtung zweckmäßig. Sie besteht aus zwei inversen um 180° gegeneinander gedrehten Ätzeinrichtungen, mit den genannten Merkmalen. Das Substrat wird zwischen den mit teildurchlässigen Formteilen verschlossenen, gegeneinander gerichteten Öffnungen der beiden Hohlanoden hindurchgeführt. Durch eine geeignete geometrische Gestaltung der Formteile kann vermieden werden, daß beim Plasmabehandeln teilweise durchbrochener Substrate das gegenseitige unerwünschte Zerstäuben der beiden Ätzeinrichtungen stattfindet.

Ausführungsbeispiel

Die zugehörigen Zeichnungen zeigen in

- Fig. 1: eine doppelte Einrichtung zum inversen Plasmaätzen für mehrere streifenförmige Substrate im Schnitt,
 Fig. 2: eine Einrichtung zum inversen Plasmaätzen und zum plasmagestützten Beschichten von Bandmaterial im Schnitt,
 Fig. 3: einen Ausschnitt eines Formteiles einer großflächigen Ätzeinrichtung.

In Fig. 1 handelt es sich um eine Einrichtung zum Ätzen streifenförmiger Substrate, die als Träger elektrischer Funktionsschichten dienen und für die Herstellung von wrap-around-Kontakten mittels Vakuumbeschichtung vorbehandelt werden. Sie sind also allseitig zu behandeln.

Im Inneren einer Vakuumkammer mit Pump- und Gaseinlaßsystem sind mehrere streifenförmige Substrate 1 parallel zueinander angeordnet. Ihr freier Abstand a beträgt 2 mm. Sie sollen auf allen vier aufeinander senkrecht stehenden Seitenflächen durch eine Vakuumbeschichtung mit elektrisch leitfähigen, hafteren Kontaktschichten versehen werden. Solche um die Substratkanten umgreifenden Kontakte werden als wrap-around-Kontakte bezeichnet. Die Breite b der senkrechten Flächen beträgt 4 mm, die Breite c der waagerechten Flächen beträgt 1 mm. Um die Haftfestigkeit der anschließenden Beschichtung zu erreichen, müssen alle Flächen der Substrate 1 im Plasma durch einen Sputterätzprozeß vorbehandelt werden. Dazu dient eine Doppel-Ätzeinrichtung, die aus zwei gleichartigen, um 180° gegeneinander gedrehten inversen Ätzern besteht. Die Hohlanoden 2 sind topfförmig ausgebildet und haben eine den Substraten 1 zugewandte rechteckige Öffnung, die in Richtung der Substrate 1

deren Länge um 5% übertrifft und senkrecht dazu, also quer zur Streifenrichtung 120 mm beträgt. Die Hohlanode 2 beider Ätzer ist isoliert und mit einem Hochfrequenzgenerator verbunden. Sie ist vollständig von einer Abschirmelektrode 3 umgeben, die einen Abstand von 4 mm zur Hohlanode 2 besitzt. Die Substrate 1 sind auf einer isolierenden Halterung (nicht gezeichnet) angeordnet, befinden sich also auf floating-Potential. Eine Bewegungseinrichtung für die Halterung ermöglicht, daß jedes Substrat 1 während der Plasmabehandlung mehrmals linear in Pfeilrichtung relativ zur Öffnung der Hohlanode 2 bewegt wird. Es erfolgt eine pendelnde Umkehrbewegung derart, daß alle Substrate 1 die Ätzzone jeweils zehnmal in beiden Bewegungsrichtungen passieren. Diese Bewegungseinrichtung sichert, daß alle Substrate 1 gleichmäßig und ohne zu hohe thermische Belastung geätzt werden. Die Öffnungen der Hohlanoden 2 sind jeweils durch ein teildurchlässiges gitterartiges Formteil 4 verschlossen. Es besteht aus einem konstruktionsbedingten festen Rahmen 5 für die Gitterelemente 6, die aus zahlreichen periodisch angeordneten freitragenden Drähten mit einem Durchmesser d von 1,5 mm bestehen. Sie sind parallel zueinander in Richtung der Substrate 1 gespannt und haben einen freien Abstand a von 2 mm. Jeweils 24 benachbarte Drähte spannen eine Teilebene auf, die mit der Normalen der Öffnung in der Hohlanode 2 den Winkel $\alpha \approx 40^\circ$ bildet. Untereinander bilden die Teilebenen den Winkel $\beta = 80^\circ$. An den Enden der Drähte sind diese in einem Profil geklemmt, welche bis auf einen Abstand von 4 mm an die Hohlanode 2 heranreicht und überall einen Spalt von dieser Größe zur Hohlanode 2 bildet. Als Material für die Drähte wurde Nickel gewählt, in Übereinstimmung mit der Aufgabe, nach dem Sputterätzen eine Nickellegierung auf die Substratoberfläche aufzubringen. Das Formteil 4 wird mit breiten Kupferleitern an das Erdpotential angeschlossen. Im Bereich, in dem die beiden Teilebenen des Formteils 4 aufeinanderstoßen, ist das Formteil 4 durch einen etwa 10 mm breiten Winkel 7 aus Nickelblech undurchlässig gestaltet. Diese Maßnahme sowohl die Wahl des Winkels α unter Beachtung der geometrischen Anordnung der Substrate 1 und deren material- und winkelabhängiger spezifischer Sputterrate sichern, daß alle aufeinander senkrecht stehenden Flächen der Substrate 1 mit gleicher Ätzgeschwindigkeit geätzt werden.

Es wurde festgestellt, daß das Plasma als Strahl mit dem weitgehend einheitlichen Winkel $\gamma \approx \pm 35^\circ$ auf die Substrate 1 trifft. Die Innenwand der Hohlanoden 2 ist mit einer rauen, aus Nickeldrahtgeflecht bestehenden Auskleidung 8 versehen. Durch Rücksputtereffekte am Formteil 4 entstehen Partikel, die auf der Auskleidung 8 ausreichend haften. Eine Zerstäubung der Hohlanode 2 tritt nicht auf, so daß diese aus einem konstruktionsgerechten Werkstoff, im Beispiel Kupfer, gestaltet werden kann. Der Abstand e zwischen den Substraten und den Formteilen 4 von 30 mm wurde so festgelegt, daß sich für die Bewegungseinrichtung keinerlei geometrische Einschränkungen ergeben. Dieser Abstand e und der Winkel α sind so festgelegt, daß trotz der dichten Anordnung der beiden gegenüberliegenden Ätzer keine Ätzwirkung des einen Ätzers durch den anderen eintritt.

In Fig. 2 ist eine Anordnung schematisch dargestellt, die ebenfalls zwei, jedoch nicht in gleicher Weise angewendete erfindungsgemäße Ätzer zur Behandlung von Substraten im Plasma enthält. Sie dient zur Substratvorbehandlung und zur anschließenden reaktiven plasmagestützten Beschichtung eines bandförmigen Substrates.

Zur Prozeßführung dient ein Rezipient mit Zwischenwänden, die weitgehend getrennte Kammern 9; 10; 11 bilden. Über die Anschlußflansche 12 werden sie durch separate Pumpen evakuiert. Zur Einstellung eines geeigneten Gasdruckes in den Kammern 9; 10; 11 dienen Gaseinlaßventile 13. Das Band 14 wird in Kammer 9 eingebracht und mittels bekannter Wickelvorrichtung und Bandführungseinrichtungen (nicht gezeichnet) durch Kammer 10 in Kammer 11 geführt, wo es wieder nach erfolgter Beschichtung aufgewickelt wird. Zwischen den Kammern 9; 10; 11 sind bekannte Bandschleusen angebracht. Der in Kammer 9 angeordnete erfindungsgemäße Ätzer zur Vorbehandlung der Substratoberfläche ist weitgehend gleichartig aufgebaut wie der in Fig. 1 dargestellte inverse Ätzer. Abweichend davon wird das Formteil 4 aus Gitterelementen 6 gebildet, deren Winkel α zur Flächennormalen des Bandes 14 stetig von Gitterelement 6 zu Gitterelement 6 verändert ist. Der Winkel α durchläuft die Werte von $\alpha = -30^\circ$ über 0 bis zu $\alpha = +30^\circ$. Die Gitterelemente 6 spannen auf diese Weise einen Abschnitt eines Zylindermantels auf. Der Abstand e zwischen dem Formteil 4 und dem Band 14 beträgt 150 mm. Das Formteil 4 ist elektrisch von der geerdeten Abschirmelektrode 3 isoliert und wird an eine Spannungsquelle von +80 V, bezogen auf das geerdete Band 14, angeschlossen. Formteil 4 und Auskleidung 8 der Hohlanode 2 sind aus einer Stahllegierung hergestellt, das Band 14 ist ebenfalls aus Stahl. Die Ausgestaltung des Ätzers führt zu einer Konzentration des Plasmas, insbesondere von Ionen und schnellen Neutralteilchen, in einem schmalen Bereich nahe der Oberfläche des Bandes 14, der sich homogen über die gesamte Bandbreite ausdehnt. Es wird eine hohe Ätzrate bei der großen Erwärmung des Bandes 14 erreicht. Durch die besagte Vorspannung des Formteiles 4 von 80 V wird der Effekt weiter verstärkt. Die in Kammer 10 angeordnete erfindungsgemäße Plasmaerzeugungseinrichtung ist neben einer bekannten Beschichtungseinrichtung 15 angeordnet. (Es kann z. B. ein Tiegel eines Elektronenstrahlverdampfers sein.) Beim Betrieb dieser Plasmaerzeugungseinrichtung erfolgt in einem Kondensationsbereich B des Bandes 14 durch Kondensation der Teilchen eine Schichtbildung auf dem Band 14. Um die geforderte Schichtzusammensetzung und die angestrebten Eigenschaften der Schicht zu erreichen, wird die Beschichtung als plasmaaktivierter reaktiver Prozeß geführt. Dazu dient ein Gasverteilungsrohr 16, das in Verbindung mit einer Gaseinlaß- und Dosiervorrichtung zur Einstellung des erforderlichen Reaktivgasdruckes führt. Es wird Stickstoff in die Kammer 10 eingelassen, deren Plasmaerzeugungseinrichtung der Plasmaaktivierung des Prozesses insbesondere auf der Oberfläche des Bandes 14 und in einem substratnahen Bereich dient. Die Gestaltung der Plasmaerzeugungseinrichtung weicht in folgenden Merkmalen von der in Kammer 9 ab: Der Abstand e zwischen dem Formteil 4 und dem Band 14 ist größer und beträgt 400 mm, um eine starke Beschichtung durch Streudampf herabzusetzen. Das Formteil 4 ist unsymmetrisch gestaltet, und der Winkel α durchläuft einen zu Null unsymmetrischen Bereich von $\alpha = -20^\circ$ bis $\alpha = +15^\circ$. Dadurch treten aus der Plasmaerzeugungseinrichtung fokussierte Bündel von Plasmastrahlen aus, die Zone höchster Plasmadichte fällt mit dem Kondensationsbereich B der Teilchen zusammen. Die Gitterelemente 6 des Formteiles 4 sind Stäbe mit einem Durchmesser von 3 mm und einem freien Abstand von 4 mm. Aus Stabilitätsgründen sind sie paarweise untereinander mit Stegen verbunden. Die Stege sind in annähernd gleichmäßigen Abständen in Richtung quer zum Band 14 angeordnet. Dadurch wird die Gleichmäßigkeit der Plasmaaktivierung auf der gesamten Breite des Bandes 14 gewährleistet.

In Fig. 3 ist ausschnittsweise ein Formteil 4 einer großräumigen Einrichtung zum Behandeln von Werkstücken im Plasma dargestellt, die mit zahlreichen Grundbohrungen und Durchbrüchen versehen sind und deren senkrechte Wandungen ebenfalls behandelt werden sollen. Das Formteil 4 ist aus Drahtsiebgewebe mit einer Drahtdicke von 1 mm und einer Maschengröße von 3 mm hergestellt und zu einer räumlichen Fläche geformt. Die aus einzelnen Teilebenen 17 entsprechen dabei den Mantelflächen einer vierseitigen Pyramide mit den Maßen $a = 60$ mm und $b = 30$ mm. Der Winkel α zwischen der Öffnung der Hohlanode und dem Formteil beträgt 45° , der Winkel β zwischen benachbarten Teilebenen $\pm 90^\circ$.

Diese erfindungsgemäße Einrichtung ist auch für das Ätzen großer Werkstücke mit ebener Oberfläche sehr vorteilhaft. Dabei muß das Werkstück in geringem Abstand am Formteil 4 vorbeigeführt werden, um eine gleichmäßige Plasmaeinwirkung zu sichern. Durch die geometrischen Bestimmungsstücke des Formteils 4 wird erreicht, daß Ionen aus dem Plasma fast ausschließlich in einem Winkel von 40° bis 50° auf die ebene Werkstückoberfläche auftreffen. Wird z. B. ein Werkstück aus einer Stahllegierung im Plasma behandelt, so resultiert daraus eine Produktivitätserhöhung auf 180% gegenüber einer herkömmlichen Einrichtung mit gleicher Leistung des Hochfrequenzgenerators.

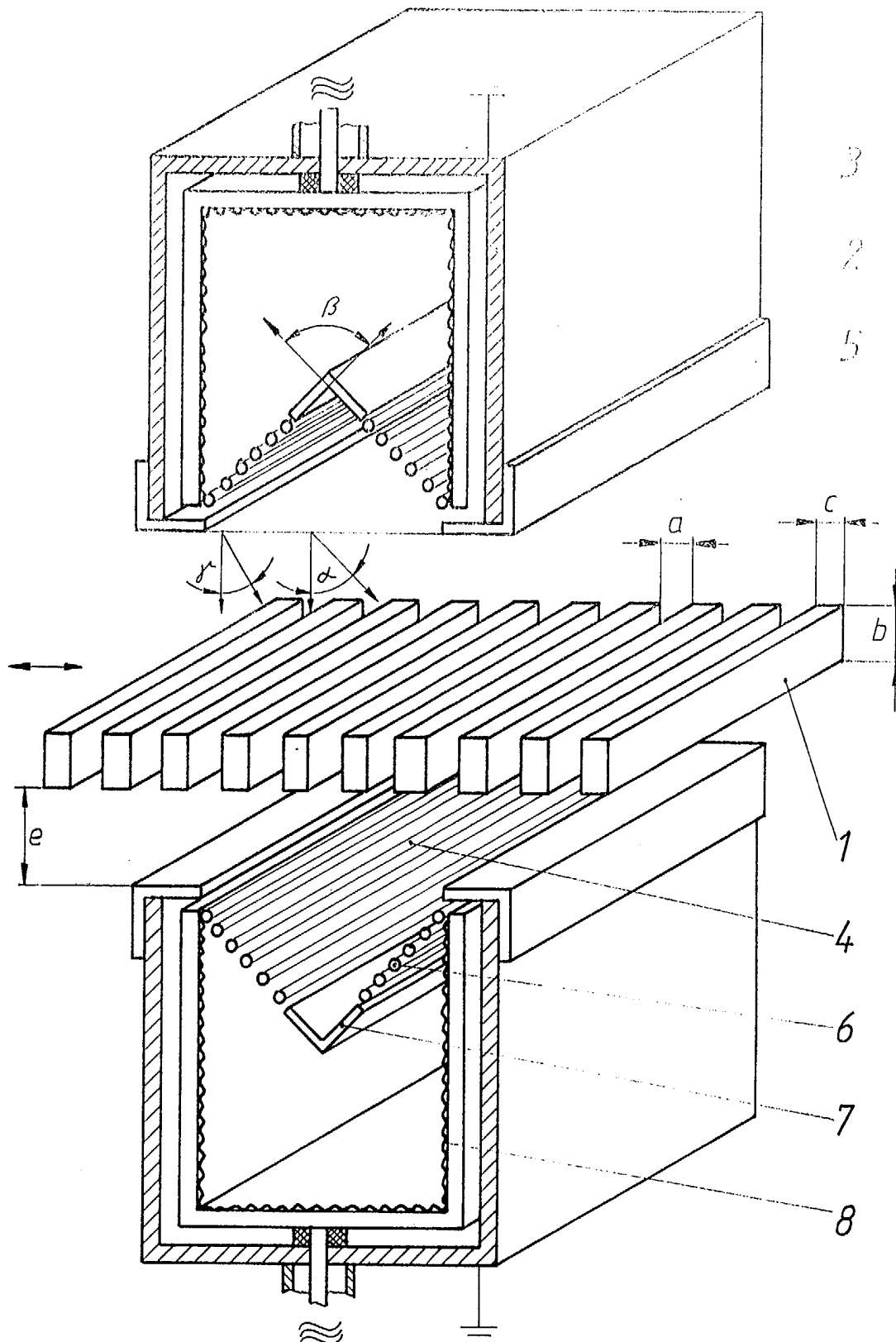


Fig. 1

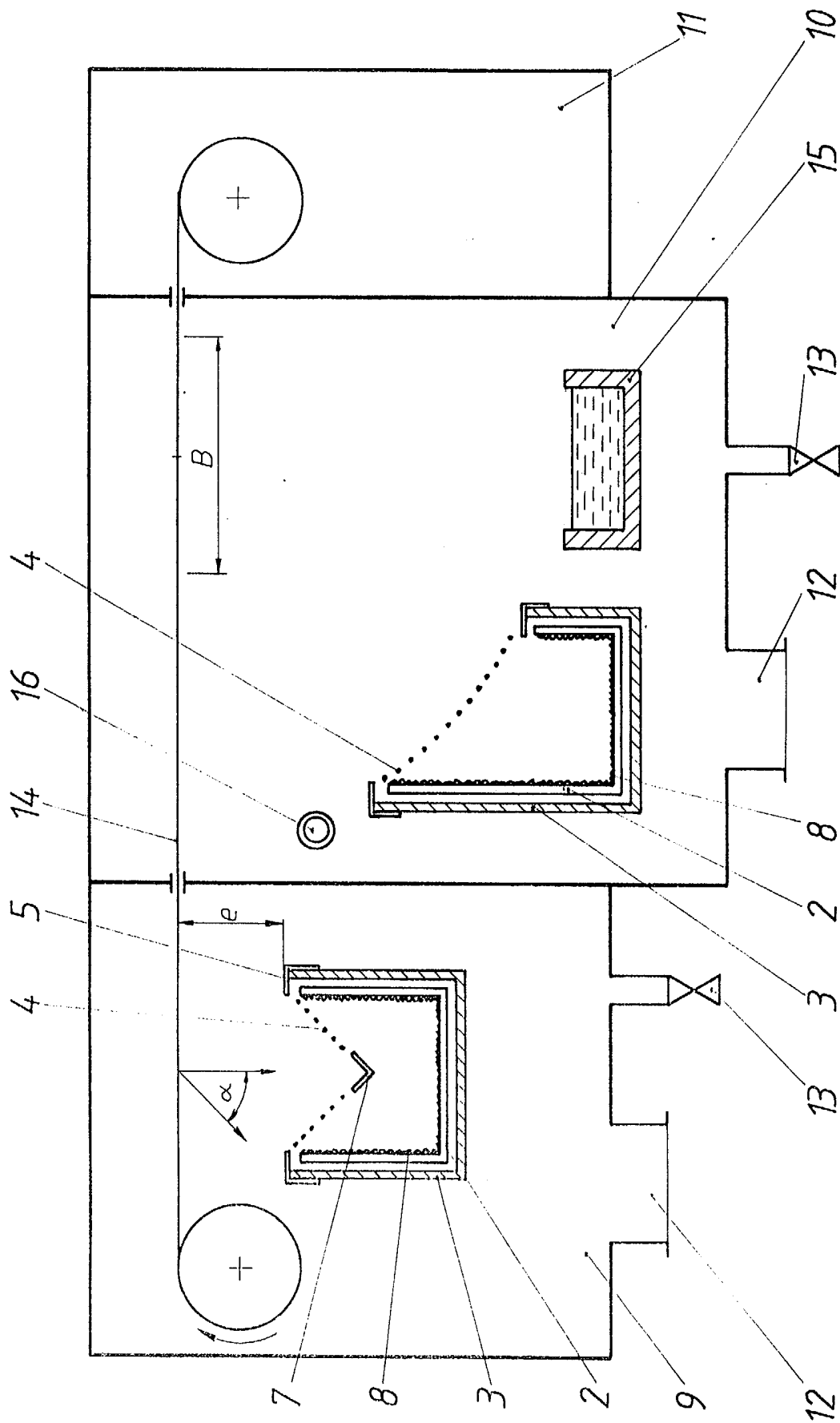
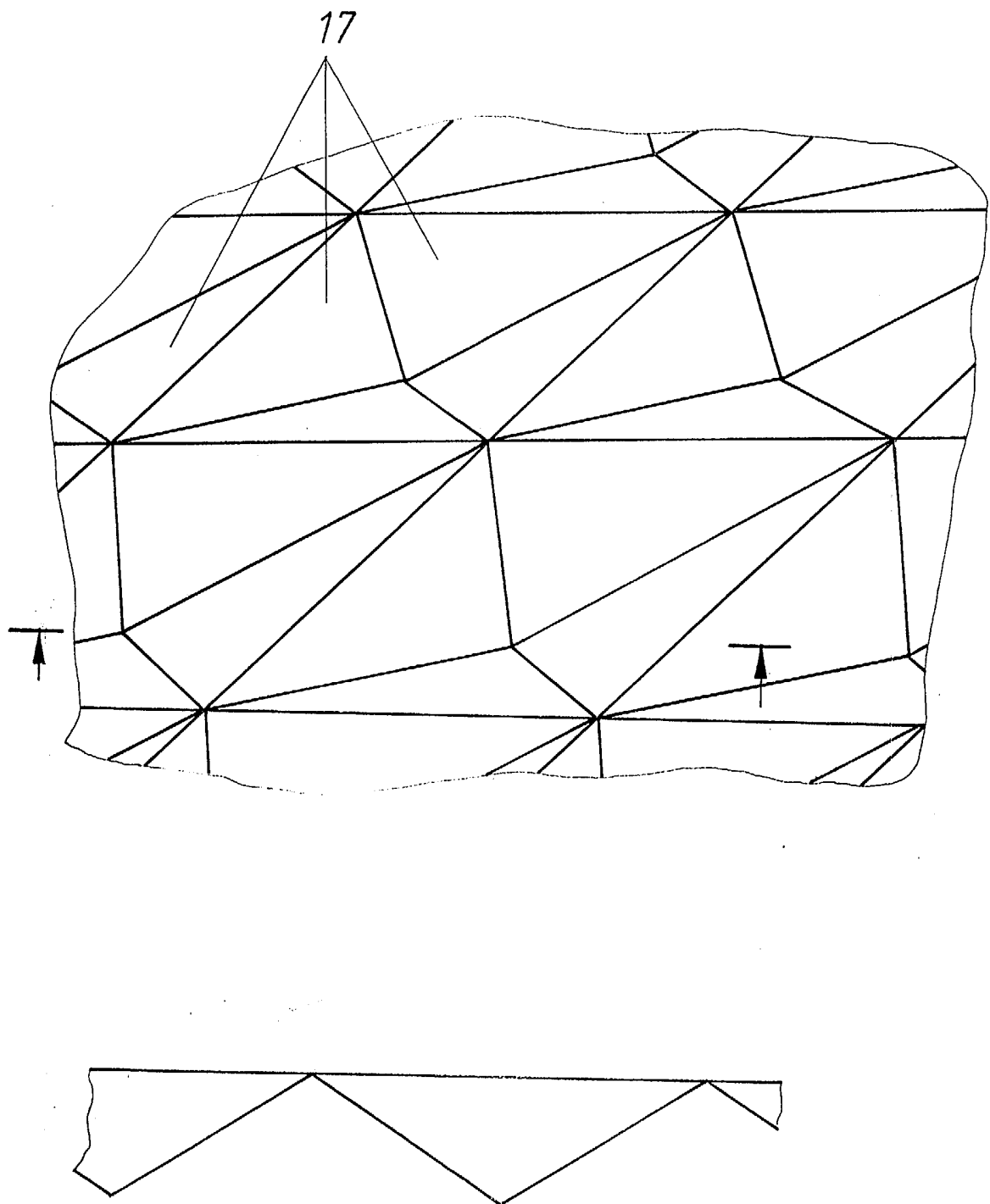


Fig. 2

*Fig. 3*

20 FEB 1990 656563