



19



SCHWEIZERISCHE EIDGENOSSENSCHAFT
EIDGENÖSSISCHES INSTITUT FÜR GEISTIGES EIGENTUM

11 CH 687 987 A5

51 Int. Cl.⁶: C 23 C 016/54
C 23 C 016/44
C 23 C 014/56

Erfindungspatent für die Schweiz und Liechtenstein

Schweizerisch-liechtensteinischer Patentschutzvertrag vom 22. Dezember 1978

12 PATENTSCHRIFT A5

21 Gesuchsnummer: 01344/93

22 Anmeldungsdatum: 03.05.1993

24 Patent erteilt: 15.04.1997

45 Patentschrift
veröffentlicht: 15.04.1997

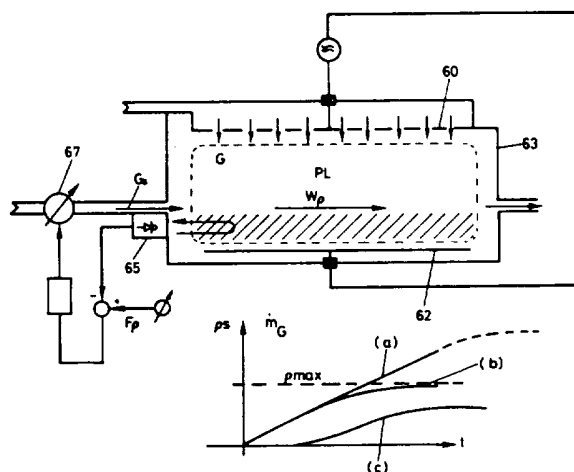
73 Inhaber:
Balzers Aktiengesellschaft, 9496 Balzers (LI)

72 Erfinder:
Muralt, Paul-René, Wangs (CH)
Schmitt Jacques, Dr.-Ing., La Ville du Bois (FR)

74 Vertreter:
Troesch Scheidegger Werner AG,
Siewerdstrasse 95, Postfach, 8050 Zürich (CH)

54 Verfahren zur Erhöhung der Beschichtungsrate in einem Plasmaentladungsraum und Plasmakammer.

57 Zur Erhöhung der Bearbeitungsrate bei gleichzeitiger Reduktion der Beanspruchung durch Ionenbeschuss in einem plasmaunterstützten chemischen Dampfabscheidungsverfahren in Vakuum wird in einem Plasma (PL) eine im wesentlichen entlang der Bearbeitungsoberfläche (62) bewusst vorgegebene verteilte Staubbichte erzeugt.



Beschreibung

Die vorliegende Erfindung betrifft ein Verfahren zur Erhöhung der Beschichtungsrate bei gleichzeitiger Verringerung der Schichtbeanspruchung durch Ionenbeschuss nach dem Oberbegriff von Anspruch 1, eine Vakuum-Plasmakammer mit Mitteln zur Erzeugung einer räumlich verteilten Plasmaentladung nach dem Oberbegriff von Anspruch 10 sowie Anwendungen der genannten Verfahren bzw. der genannten Plasmakammer nach den Ansprüchen 17 bzw. 18.

Insbesondere bei der Halbleiterfertigung, wozu plasmaunterstützte Verfahren, insbesondere plasmaunterstützte Beschichtungsverfahren, darunter insbesondere auch plasmaunterstützte reaktive Beschichtungsverfahren, wie plasmaunterstützte chemische Dampfabscheidungsverfahren, bekannt unter dem Kürzel PECVD-Verfahren, eingesetzt werden, insbesondere unterstützt durch HF-Plasmen (1 bis 100 MHz), ist es unabdingbar zu verhindern, dass die bearbeiteten Werkstückoberflächen durch Störpartikel, insbesondere Staub- oder Pulverpartikel, kontaminiert werden. Das Verhindern solcher Kontaminationsablagerungen ist ein wesentliches Problem bei den erwähnten Bearbeitungsprozessen.

Dieses Problem wurde bis heute so angegangen, dass mit allen Mitteln versucht wurde, die Staub- bzw. Pulverbildung während solcher Bearbeitungsprozesse zu minimalisieren. Da die erwähnte Staub- oder Pulverbildung nicht verhindert werden kann, liefen die Bemühungen dahin, einmal entstandenes Pulver bzw. einmal entstandenen Staub möglichst effizient aus dem bearbeitungswirksamen Plasmaentladungsraum zu entfernen, d.h. darnach zu trachten, im genannten bewirkungswirksamen Plasmaentladungsraum einen staub- bzw. pulverlosen Zustand anzustreben. Diesbezüglich wird verwiesen auf die EP-A 425 419 und die EP-A 453 780.

Basis der vorliegenden Erfindung ist die Erkenntnis, dass durch Staub- bzw. Pulverpartikel in einer Plasmaentladung die Ankopplung elektrischer Speisungsenergie wesentlich erhöht wird und dass dadurch die Bearbeitungsrate, insbesondere die Beschichtungsrate, erhöht wird, bei gleichzeitiger Verbesserung der Schichtqualität, wie der Schichtspannungen und der Schichtfeinheit. Dies allerdings nur so lange, als ausgeschlossen wird, dass sich Staub- oder Pulverpartikel auf die bearbeitete Oberfläche niederschlagen.

Die vorliegende Erfindung setzt sich zum Ziel, die Bearbeitungsrate und dabei insbesondere die Beschichtungsrate plasmaunterstützter Vakuumbeschichtungsprozesse zu erhöhen, ohne dabei die Oberflächenqualität der bearbeiteten Oberfläche zu verringern, ja, sie sogar zu verbessern. Ein typischer Druckbereich liegt dabei zwischen 10^{-2} mbar und 10 mbar, vorzugsweise zwischen 10^{-1} mbar und 1 mbar. Obwohl die angestrebte Wirkung sich absehbar, sich beispielsweise auch bei reaktiven Sputter-Ätz-Bearbeitungsprozessen einstellen wird, soll die gestellte Aufgabe insbesondere bei Beschichtungsprozessen gelöst werden, dabei insbesondere bei reaktiven plasmaunterstützten, insbe-

sondere hochfrequenz-plasmaunterstützten reaktiven Beschichtungsverfahren, sogenannten Hochfrequenz-PECVD-Verfahren.

Die gestellte Aufgabe wird durch das Verfahren eingangs genannter Art gelöst, durchgeführt gemäss dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 1. Obwohl insbesondere auf HF-PECVD-Verfahren gerichtet, kann das erfindungsgemässe Verfahren grundsätzlich bei DC- oder AC-Plasmaverfahren oder AC + DC-Mischformen eingesetzt werden.

Entgegengesetzt zu den bisher bekannten Ansätzen, Staub bzw. Pulver möglichst vollständig aus bearbeitungswirksamen Plasmaentladungsbereichen zu entfernen, wird erfindungsgemäss gezielt eine Staubebelegung in der Plasmaentladung gefangen belassen, um die eingangs erwähnten Vorteile bezüglich Bearbeitungsrate und Bearbeitungsqualität beizubehalten. Es wird aber dafür gesorgt, dass die Dichte des in der Plasmaentladung vorhandenen Staubes bzw. Pulvers unter einem Wert gehalten wird, bei dem sich Partikelablagerungen an der bearbeiteten Oberfläche einzustellen beginnen. Die Staubpartikelmenge pro Volumeneinheit und/oder die Staubpartikelgrösse und mithin die Staumdichte und deren Verteilung wird erfindungsgemäss beherrscht eingestellt. Dies auf Verhältnisse, als Vorgaben, die vorzugsweise anlässlich von Vorversuchen als optimal für den jeweiligen Behandlungsprozess befunden wurden.

Unter einem zweiten Aspekt der vorliegenden Erfindung wird die Aufgabe gelöst, die Staumdichte in einem Plasmaentladungsraum zu beherrschen. Dies wird bei Vorgehen nach dem kennzeichnenden Teil von Anspruch 2 gelöst.

Durch Erstellen des erwähnten Kräftefeldes und dessen gezielte Steuerung wird ermöglicht, in erwünschtem Umfang Staub bzw. Pulver aus dem bewirkungswirksamen Bereich des Plasmaentladungsraumes zu entfernen, primär in einen nicht bewirkungswirksamen Raumabschnitt, und Staub bzw. Pulver aus dem letztgenannten nach Bedarf weiterzuentfernen.

Bevorzugterweise wird, dem Wortlaut von Anspruch 3 folgend, die Erhöhung der Bearbeitungs- und, wie erwähnt, insbesondere Beschichtungsrate durch im wesentlichen Konstanthalten der Staumdichte ohne Partikelablagerungen nach Anspruch 1 dadurch realisiert, dass die Staumdichte durch Vorgehen nach Anspruch 2 beherrscht wird, indem nämlich Überschusspulver oder -staub, welcher dazu führen würde, dass die Gefahr von Partikelablagerungen einsetzt, durch Erstellen des erwähnten Kräftefeldes und entsprechende Ansteuerung aus dem bewirkungswirksamen Plasmaentladungsreich entfernt wird.

Dem Wortlaut von Anspruch 4 folgend, wird das erwähnte Kräftefeld vorzugsweise durch Erstellen eines Druckgradienten realisiert, wobei das Kräftefeld auch elektrostatisch und/oder thermisch, d.h. durch Ausnützung von Thermophorese, erstellt werden kann.

Bevorzugte Ausführungsvarianten des bzw. der erwähnten Verfahren sind in den Ansprüchen 5 bis 9 spezifiziert.

Eine Plasmakammer, welche ermöglicht, die er-

wähnte Staub- bzw. Pulverdichte im genannten Sinne zu beherrschen, und womit die eingangs genannte Aufgabe gelöst wird, zeichnet sich nach dem Wortlaut von Anspruch 10 aus, mit bevorzugten Ausführungsvarianten nach den Ansprüchen 11 bis 16.

Gemäss Anspruch 17 eignet sich das vorgeschlagene Vorgehen insbesondere für plasmaunterstützte reaktive Behandlungsprozesse, bei denen die prozessinhärente Pulverbildung relativ ausgeprägt ist. Unter diesen Prozessen ist das erfindungsgemässe Vorgehen insbesondere für PECVD-Beschichtungsverfahren geeignet. Insbesondere eignet sich das erwähnte Vorgehen bei hochfrequenz-plasmaunterstützten Bearbeitungsverfahren, bei denen ein Hochfrequenzplasma kontinuierlich oder mindestens zeitweise gepulst eingesetzt wird.

Das erwähnte Vorgehen eignet sich weiter insbesondere für die gleichförmige Behandlung im wesentlichen planer, grossflächiger Werkstücke nach Anspruch 18, also bei der Behandlung von Werkstücken, bei denen wegen ihrer Ausdehnung eine Beherrschung des Staubproblems durch die bekannten Bestrebungen, Staub möglichst vollständig aus behandlungswirksamen Entladungsräumen zu entfernen, ohnehin nur sehr begrenzt realisierbar ist.

Die Erfindung wird anschliessend anhand von Figuren erläutert.

Es zeigen:

Fig. 1 schematisch im Querschnitt eine Plasmakammer, an welcher beispielsweise das erfindungsgemässe Vorgehen eingesetzt werden kann;

Fig. 2a bis 2c schematisch eine Plasmabehandlungsanlage mit mindestens einem Stapel von Plasmakammern, wie sie beispielsweise in Fig. 1 dargestellt ist, bei welcher Anlage das erfindungsgemässe Vorgehen in einer bevorzugten Ausführungsvariante eingesetzt wird;

Fig. 3 schematisch einen Längsschnitt durch Plasmakammern des Stapels gemäss Fig. 2 mit Vorkehrungen zum Entkoppeln der darin gebildeten Behandlungsräume von einem Transportraum gemäss Fig. 2;

Fig. 4 schematisch eine weiter ausgebaute Anlage gemäss Fig. 2 in Aufsicht und mit der Abfolge gemäss den Fig. 4a bis 4e ein bevorzugter Betriebszyklus;

Fig. 5a bis 5d den bevorzugten zentralen Betrieb der an der Anlage gemäss Fig. 2 in mindestens einem Stapel angeordneten Plasmakammern;

Fig. 6 schematisch im Längsschnitt eine bevorzugte Ausführungsvariante eines Magazins in der Schleusenammer der Anlage gemäss Fig. 2;

Fig. 7 schematisch eine Plasmakammer, wie sie vorzugsweise auch an der Anlage gemäss Fig. 2 eingesetzt wird, in einer bevorzugten Variante zur Realisierung des erfindungsgemässen Verfahrens, und welche mithin erfindungsgemäss ausgebildet ist;

Fig. 8A bis 8E verschiedene bevorzugte Varianten, um durch Absaugen von Gas aus dem Plasmaentladungsraum das erfindungsgemäss eingesetzte Kräftefeld mindestens mitzuerzeugen;

Fig. 9a bis 9g anhand einer Betriebssequenz einen bevorzugten Betriebsablauf bei der Realisierung des erfindungsgemässen Verfahrens, mithin an einer erfindungsgemässen Kammer, wie sie auch bevorzugterweise an der Anlage gemäss Fig. 2 gestapelt eingesetzt wird, wodurch sichergestellt wird, dass unabhängig von der laufenden Werkstückbearbeitung Staub in einer Plasmaentladung gezielt gefangen gehalten wird und daraus entfernt wird.

In der vorliegenden Beschreibung wird unter dem Ausdruck «Plasmakammer» ein evakuierter Raum-bereich verstanden, worin eine selbständige Plasmaentladung unterhalten wird, sei dies eine DC-, AC-, gemischt AC- und DC-Plasmaentladung, insbesondere auch eine Hochfrequenzentladung, kontinuierlich unterhalten oder mindestens zeitweise gepulst. Es wird auf die EP-A 0 221 812 sowie die EP-A 0 312 447 verwiesen, die zum integrierten Bestandteil der vorliegenden Beschreibung erklärt werden. Die Plasmakammer kann dabei bevorzugterweise mindestens teilweise durch Abschottungswände begrenzt sein. Typischerweise wird in den Plasmakammern ein Druck von 10^{-2} mbar bis 10 mbar, vorzugsweise von 10^{-1} mbar bis 1 mbar unterhalten.

In Fig. 1 ist als Beispiel und als bevorzugte Ausführungsvariante schematisch im Längsschnitt eine Plasmakammer 1 dargestellt. Sie umfasst in ihrem oberen Bereich eine flächig ausgedehnte Elektrode 3, welche DC-, AC- oder gemischt AC- und DC-gepiesen wird, wobei unter AC auch und insbesondere HF verstanden sei und unter AC + DC Gemischtspeisung, insbesondere auch gepulste DC- bzw. gepulste HF-Speisung. Unter HF sei ein Frequenzbereich von 1 bis 100 MHz verstanden. Bei der dargestellten Ausführungsvariante weist die flächige Elektrode 3 flächig verteilte Austrittsöffnungen 5 auf, durch welche ein Gas G mindestens mit einem Reaktivgasanteil dem Plasmaentladungsraum PL zugespiesen wird. Im Boden 7 der Plasmakammer 1 ist in einer bevorzugten Ausführungsvariante ein Hubmechanismus 9 vorgesehen mit einem Antrieb 11 zum Ablegen des Substrates. Er umfasst beispielsweise drei mit dem Antrieb 11 auf und ab bewegliche Stössel 13, welche, wie schematisch dargestellt, mittels des Antriebes 11 synchron betrieben werden und beispielsweise mittels Federbalgen 15 gegen die Umgebung abgedichtet sind. Es ist auch möglich, die Stössel 13 so auszubilden, dass sie, abgesenkt, selbstdichtend wirken.

Eine Plasmakammer, beispielsweise und vorzugsweise der dargestellten Art, ist Grundbaustein für die nachfolgend beschriebene Anlage, bei welcher es sich nicht zwingend, aber weitaus bevorzugt, um eine Anlage zum plasmaunterstützten chemischen Dampfabscheidungsbeschichten von Werkstücken handelt, bekannt unter der Abkürzung PECVD, dabei insbesondere unterstützt durch ein Hochfrequenzplasma.

In Fig. 2 ist schematisch eine Minimalkonfiguration der Anlage schematisch dargestellt. Sie umfasst, wie erwähnt in Minimalkonfiguration, einen Stapel 20 übereinanderliegender Plasmakammern 1. Letz-

tere sind in den Fig. 2a bis 2d nurmehr schematisch dargestellt und vorzugsweise aufgebaut, wie anhand von Fig. 1 erläutert wurde.

Die Plasmakammern 1 weisen seitlich je Bedienungsöffnungen 17 auf, welche mithin einen Bedienungsöffnungsstapel bilden und alle in einen gemeinsamen Vakuumraum 23 ausmünden. Der ausserhalb der Plasmakammern 1 liegende Vakuumraum 23 bildet einen Transportraum 23_T. Darin ist eine Transporteinrichtung 25 vorgesehen, welche eine Anzahl horizontaler Träger 27 umfasst, bevorzugterweise ausgebildet als Tränergabeln. Die Anzahl vorgesehener horizontaler Träger 27 ist gleich der am Stapel 20 vorgesehenen Anzahl Plasmakammern 1. Die Träger 27 sind, wie mit dem Pfeil H dargestellt, vorzugsweise synchron, horizontal verschieblich, wie dargestellt, beispielsweise, indem sie gemeinsam an einem in Horizontalrichtung H getrieben hin und her verschieblichen Trägerbaum 29 montiert sind. Durch dieses horizontale Verschieben bzw. Rückholen werden bevorzugterweise flächige Werkstücke 31 durch die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 in letztere eingeführt bzw. daraus rückgeholt, wie aus den Fig. 2b bis 2d ersichtlich.

Zum Beladen aller Plasmakammern 1 des Stapels 20 wird in Fig. 2a die Transporteinrichtung 25 nach rechts vorgeschoben, bis sie die in Fig. 2b dargestellte Position erreicht. Daraufhin wird der anhand von Fig. 1 dargestellte Hubmechanismus 9 mit den Stösseln 13 angehoben und hebt in allen Plasmakammern 1 gleichzeitig die Werkstücke 31 von den Trägern 27 ab. Dies ist in Fig. 2b durch den Pfeil V schematisch dargestellt.

Nach Abheben der Werkstücke 31 durch den Hubmechanismus 9 mit den Stösseln 13 gemäss Fig. 1 und Erreichen der Relativpositionen gemäss Fig. 2c wird die Transporteinrichtung 25 mit den Trägern 27 in der in Fig. 2c dargestellten Richtung horizontal rückgeholt, gemäss Fig. 2d werden daraufhin die Werkstücke 31 durch Absenken der Hubeinrichtung 9 gemäss Fig. 1 in ihre Behandlungsposition abgesenkt.

Es versteht sich von selbst, dass die beschriebene vertikale Relativbewegung der Werkstücke 31 bezüglich der Träger 27 auch dadurch realisiert werden kann, dass synchron alle Träger 27 in den Kammern 1 abgesenkt bzw., zum Rückholen der Werkstücke, angehoben werden und letztere auf stationären Ablagen in den Plasmakammern für die Bearbeitung abgelegt werden können.

In der Minimalkonfiguration der Behandlungsanlage, welche, wie bereits beschrieben wurde, einen Vakuumraumbereich mit dem Plasmakammerstapel 20 umfasst, weiter einen Transportraumabschnitt 23_T, worin die Transporteinrichtung 25 vorgesehen ist und sich darin bewegt, weist weiter, gemäss Fig. 2a, eine Schleusenkammer 30 auf, welche, wie schematisch dargestellt, gegen den Transportraumbereich 23_T ein erstes Schleusenventil 32 und gegen Anlagenumgebung ein weiteres Schleusenventil 34 aufweist. In der Schleusenkammer ist ein Magazin 36 für die Zwischenlagerung noch zu behandelnder und/oder bereits behandelter Werkstücke vorgesehen.

Um nebst dem Stapel 20 von Plasmakammern 1 auch das Magazin 36 in der Schleusenkammer 30 zu bedienen, ist die Transporteinrichtung 25 nicht nur in Horizontalrichtung H bzw. -H verschieblich, sondern zusätzlich, wie bei ω dargestellt, um eine Vertikalachse getrieben drehbeweglich, damit die Träger 27 auch in Bedienungsposition für die Schleusenkammer 30 gedreht werden können.

Wie erwähnt wurde, handelt es sich bei den Plasmakammern 1 des Stapels 20 in bevorzugter Art und Weise um PECVD-Behandlungskammern. Je nach durchzuführendem Behandlungsprozess werden die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 während der Werkstückbehandlung gegen den Transportraum 23_T nicht verschlossen, oder es wird lediglich eine Druckstufe zwischen dem Inneren der Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt, oder die Plasmakammern 1 werden während der Werkstückbehandlung vakuumdicht verschlossen.

In Fig. 3 ist schematisch eine Ausführungsvariante dargestellt, um während der Werkstückbehandlung die erwähnten Bedienungsöffnungen 17 vakuumdicht oder lediglich unter Aufbau einer Druckstufe gegen den Transportraum 23_T zu schliessen. Hierzu wird ein vertikaler, in Richtung $\pm V$ getrieben verschieblicher Jalousieschieber 38 vorgesehen, welcher, entsprechend den am Stapel 20 vorgesehenen Bedienungsöffnungen 17 gerastert, Durchreichöffnungen 39 aufweist, die bei geöffnetem Jalousieschieber gemäss Fig. 3(b) mit den Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 fluchten. Die Träger 27 können in dieser Position die Kammern 1 des Stapels 20 bedienen.

Am Jalousieschieber 38 sind weiter horizontal getriebene verschiebliche Verschlussplatten 41 vorgesehen, versehen mit balggekapselten Stösseln und Antrieben 43.

Zum Schliessen der Behandlungsräume in den Kammern 1 wird der Jalousieschieber 38 vertikal in die in Fig. 3(a) dargestellte Position bewegt, worauf die Verschlussplatten 41 nach rechts vorgetrieben werden, um die Bedienungsöffnungen 17 der Plasmakammern 1 vakuumdicht zu verschliessen oder zwischen Transportraum 23_T und den Behandlungsräumen in besagten Kammern 1 eine Druckstufe zu bilden.

In Fig. 4 ist, ausgehend von der anhand von Fig. 2 dargestellten Minimalkonfiguration, schematisch die Aufsicht auf eine weiter ausbaute Anlage dargestellt, mit zwei Plasmakammerstapeln 20a und 20b, einem Transportraumbereich 23_T und einer Schleusenkammer 30. Anhand der Sequenz gemäss Fig. 3a bis 3e soll ein bevorzugter Betrieb einer solchen Anlage insbesondere für einen PECVD-Behandlungsprozess beschrieben werden.

In der Betriebsphase gemäss Fig. 4(a) werden die Werkstücke in den beiden Plasmakammerstapeln 20a und 20b PECVD-behandelt, wozu, wie anhand von Fig. 3 erläutert wurde, mindestens eine Druckstufe zwischen den Behandlungsräumen der Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt ist. Das Schleusenventil 32 gemäss Fig. 2a ist geöffnet, das Schleusenventil 34 gegen die Umgebung geschlossen.

Nach Beendigung des Behandlungsprozesses werden, wie in Fig. 3b dargestellt, mit der Transporteinrichtung 25 gemäss Fig. 2a die Stapel 20a, 20b, vorzugsweise nacheinander entladen, und es werden die behandelten Werkstücke in das Magazin 36 in der Schleusenkammer 30 abgelegt. Wie noch zu beschreiben sein wird, umfasst das Magazin 36 vorzugsweise so viele Magazin-fächer, wie gesamthaft an der Anlage Werkstücke behandelt werden können, d.h. bei Vorsehen von zwei Plasmakammerstapeln gemäss Fig. 4 so viele Magazin-fächer, wie an den beiden Stapeln gesamthaft Plasmakammern 1 vorhanden sind.

Gemäss Fig. 4(c) wird das Schleusenventil 32 nun gegen den Transportraum 23_T geschlossen, das Schleusenventil 34 geöffnet, und es werden die behandelten Werkstücke im Magazin 36 durch zu behandelnde ersetzt. Während dieser Umladezeit-spanne des Magazins 36 werden die Plasmakammern 1 der Stapel reinigungsgeätzt, vorzugsweise HF-plasmageätzt. Um dabei zu verhindern, dass Reinigungsgas und Reaktionsprodukte von Reinigungs-gas und geätzter Schicht von den reinigungs-geätzten Plasmakammern in den Transportraum 23_T eindringt, wird bevorzugterweise mit der Anord-nung, wie sie anhand von Fig. 3 beschrieben wurde, eine Druckstufe zwischen den Plasmakammern 1 und dem Transportraum 23_T erstellt und in den Transportraum 23_T ein neutrales Gas, wie bei-spielsweise Stickstoff, so eingelassen, dass vom Transportraum 23_T in die Plasmakammern 1 ein Druckgefälle entsteht. Damit wird verhindert, dass Reinigungsstaub in den Transportraum 23_T ein-dringt. Die Kammern 1 werden ihrerseits während des Reinigungsätzens abgepumpt.

Während dieser Zeitspanne ist das Magazin 36 mit zu bearbeitenden Werkstücken geladen worden. Diese werden, gemäss Fig. 4(d), im nächstfolgen-den Schritt an die gereinigten Plasmakammern der Stapel verteilt.

Aufgrund des Reinigungsätzschrittes sind die Wandungen und Elektrodenflächen der Plasmakammern 1 relativ stark erwärmt worden. Diese Wärme wird nun bevorzugterweise gemäss Schritt 4(e) zum Vorerwärmen der in die Plasmakammern 1 frisch geladenen Werkstücke verwendet. Da die Verteilung der Werkstücke gemäss Phase 4(d) in Vaku-um erfolgt, ist die Wärmeabfuhr der erwähnten, beim Reinigungsätzen erwärmten Teile der Plasma-kammern 1 relativ gering. Nachdem nun die frisch zu bearbeitenden Werkstücke in die Plasmakammern 1 geladen sind und gemäss den Ausführun-gen zu Fig. 3 mindestens über eine Druckstufe vom Transportraum 23_T abgetrennt sind, wird ein Wär-meleitungsgas, beispielsweise Wasserstoff oder He-lium, in die Plasmakammern 1 eingelassen, unter einem solchen Druck, dass eine namhafte Wärme-leitung zwischen vorgenannten erwärmten Kammer-teilen und den nun in die Kammern geladenen Werk-stücken einsetzt.

Nach dieser Vorheizung der Werkstücke, wo-durch sie, waren sie doch vor Bearbeitungsbeginn Normalatmosphäre ausgesetzt, entgast werden, werden sie gemäss Phase 4(a) beschichtet, insbe-sondere PECVD-beschichtet.

An der dargestellten Anlage werden in einer be-vorzugten Ausführungsvariante alle Plasmakammern 1 separat gepumpt, insbesondere auch für das Reinigungsätzen und für das Heizentgasen der Werkstücke.

Wie schematisch in Fig. 5 dargestellt, werden für reaktive Behandlungsprozesse, insbesondere für das bevorzugte PECVD-Verfahren, gemäss Fig. 5(a) alle Plasmakammern 1 mindestens eines Stapels von einer zentralen Reaktivgasspeisung ge-spiesen und dabei sichergestellt, dass alle Kam-mern 1 des Stapels gleichermaßen reaktivgasbe-aufschlägt werden. Dies, indem beispielsweise von relativ grossvolumigen Druckverteilkammern 50 zu allen Kammern 1 gleiche Gasströmungswege 51 er-stellt werden.

Gemäss Fig. 5(b) werden, da synchron betrie-ben, auch alle Kammern 1 mindestens eines Sta-pels durch eine zentrale Pumpenanordnung synchron gepumpt.

Auch die elektrische Speisung der an allen Plas-makammern mindestens eines Stapels unterhalte-nen Plasmaentladungen erfolgt bevorzugterweise aus Gründen der Wirtschaftlichkeit ab einer zentra-len Generatoreinheit, gemäss Fig. 5(c) im bevor-zugten Fall des Unterhalts eines Hochfrequenzplas-mas, ab einem zentralen HF-Generator mit zentra-lem Anpassnetzwerk und gegebenenfalls kammer-spezifischen Abgleichnetzwerken, dargestellt durch die kammer-spezifischen Induktivitäten, um unter-schiedliche Hochfrequenz-Leitungsverhältnisse zu den Kammern abzugleichen.

Werden an der beschriebenen Anlage die Pro-zeesse in den Plasmakammern 1 überwacht, gesteu-ert oder geregelt, so erfolgt dies vorzugsweise wie-derum über eine zentrale Einheit, welche letztere nach Bedarf den einzelnen Kammern aufgeschaltet wird, sei dies im Sinne eines Multiplexsystems, in starrer Abfolge oder in variierender Abfolge, je nach Erfordernis an den Stapelkammern.

Dies ist schematisch in Fig. 5(d) dargestellt, an-hand des Beispiels, die Plasmaentladung mittels ei-nes zentralen Plasmaemissionsmonitors zu überwa-chen.

In Fig. 6 ist schematisch eine bevorzugte Ausführ-ungsvariante eines Magazins 36 in der Magazin-kammer 30 gemäss Fig. 2a dargestellt. Das Maga-zin 36 umfasst eine Anzahl Magazinablagen 37, welche mindestens der Anzahl an der Anlage syn-chron behandelter Werkstücke entspricht, vorzugs-weise der doppelten, um das Werkstück-Durch-schleusen zu vereinfachen. Wenn, wie anhand von Fig. 2a gezeigt wurde, zwischen den Ablageflächen für Werkstücke und den Trägern 27 dadurch eine Relativbewegung realisiert wird, dass an den Plas-makammern 1 Hubvorrichtungen 9, wie sie anhand von Fig. 1 erläutert wurden, vorgesehen sind und mithin die Träger 27, vertikal, keine Belade- bzw. Entladebewegung durchführen, so wird gemäss Fig. 6 das Magazin 36 vorzugsweise gesamthaft vertikal bewegt, wie mit dem Doppelpfeil $\pm V$ darge-stellt, um jeweils von den Trägern 27 die Werkstük-ke aufzunehmen bzw. sie an die Träger 27 zu übergeben.

Bis dahin wurde eine neuartige Anlagekonfigurati-

on sowie ihr Betrieb beschrieben, insbesondere für Hochfrequenz-PECVD-Beschichtungen.

Nachfolgend wird nun ein insbesondere auch im Zusammenhang mit der beschriebenen Anlage einsetzbares Verfahren beschrieben, mit entsprechenden anlagenspezifischen Vorkehrungen, womit die Beschichtungsrate und -qualität von Plasmabeschichtungsprozessen wesentlich verbessert wird. Das zu beschreibende Vorgehen bzw. zugeordnete Anlagemerkmale eignen sich grundsätzlich für Plasmabeschichtungsprozesse, seien dies DC-, AC- oder gemischt AC- + DC-Plasmaprozesse der eingangs definierten Arten. Es gelten aber die nachfolgenden Ausführungen insbesondere für reaktive hochfrequenz-plasmaunterstützte Beschichtungsprozesse, wie für HF-PECVD-Prozesse. Sie gelten aber auch z.B. für HF ion plating-Prozesse. Wie erwähnt, sei unter HF vorzugsweise ein Frequenzbereich von 1 bis 100 MHz verstanden.

Allerdings soll, wenn im nachfolgenden auf derartige HF-plasmaunterstützte reaktive Prozesse eingegangen wird, das erwähnte Vorgehen nicht als auf solche Prozesse beschränkt ausgelegt werden.

In Fig. 7 ist schematisch eine Plasmakammer, beispielsweise der in Fig. 1, 2 vorbeschriebenen Art, dargestellt. Eine flächige HF-Elektrode 60 bildet gleichzeitig eine flächig verteilte Gasausdüsanordnung mindestens für ein Reaktivgas G, welches dem Plasmaentladungsraum PL zugeführt wird. Der RF-Elektrode 60 gegenüberliegend ist eine Werkstückträger-Elektrode 62 in bekannter Art und Weise angeordnet. Bezüglich der DC-Potentialverhältnisse ist selbstverständlich, dass das Kammergehäuse 63 und/oder die Werkstückträger-Elektrode 62 in üblicher Art und Weise auf Bezugspotential, wie beispielsweise Massepotential, gelegt sein können. Der Fachmann kennt alle diesbezüglich bekannten Varianten.

Bei der reaktiven Plasmabeschichtung von Werkstücken an der Werkstückträger-Elektrode 62 bildet sich in der Plasmaentladung Staub, dessen Dichte mit ρ_s bezeichnet sei. Staub in der Plasmaentladung kann von sehr vielen Quellen herrühren, hauptsächlich vom Beschichtungsprozess selbst, aber auch von mechanischem Abrieb während der Kammerbeladung und -entladung etc. Grundsätzlich nimmt aber die Staubdichte ρ_s während eines reaktiven Beschichtungsprozesses zu. Dies, wie in Fig. 7 unten beispielsweise qualitativ mit einer im wesentlichen stetig anwachsenden Staubdichte (a) dargestellt.

Ohne geeignete Gegenmassnahmen wird der Staub mit der Zeit aus dem Plasma ausgefällt und schlägt sich im Reaktorraum nieder. Dadurch werden die Schichten mit Staubpartikeln kontaminiert (Schichtdefekte).

Zusätzlich verändert sich das Verhalten des Reaktors, womit ein Abdriften des Prozesses verursacht wird. Die heutigen Produktionsanlagen mit staubbehafteten Prozessen erreichen deshalb weder die geforderte Defektfreiheit der Schichten noch das geforderte kleine Verhältnis von Reinigungs- zu Produktionszeit (Produktionsverfügbarkeit, equipment availability).

Bis heute liefen die Bestrebungen dahin, so we-

nig wie möglich Staub zu erzeugen und, da dies nicht völlig verhindert werden kann, entstandenen Staub aus dem Beschichtungsraum möglichst vollständig zu entfernen. Damit nimmt man allerdings eine Einbusse an Schichtqualität in Kauf.

Nun wurde erkannt, dass in einer Plasmaentladung und insbesondere in einer Hochfrequenzentladung vorhandener Staub die Einkopplung elektrischer Energie und insbesondere von Hochfrequenzenergie wesentlich erhöht und dass grundsätzlich in einem «staubigen» Plasma, insbesondere HF-Plasma, die Beschichtungsrate, insbesondere die Beschichtungsrate in einem reaktiven Beschichtungsprozess, namhaft erhöht wird. Somit nahm man bei obgenanntem Vorgehen auch eine Einbusse bezüglich Rate in Kauf. Dies allerdings nur, solange die Staubdichte in der Plasmaentladung einen Grenzwert nicht überschreitet. Überschreitet die Staubdichte den erwähnten Grenzwert, so muss damit gerechnet werden, dass sich die Staubpartikel zu grösseren Staubteilchen zusammenballen bzw. dass sie sich auf die im Entstehen begriffene Schicht niederschlagen. Dies muss meistens verhindert werden, insbesondere bei der Halbleiterherstellung und der Herstellung flacher, aktiver Bildschirme.

Damit beruht die neuartige Erkenntnis darauf, Staub in einem Plasmaentladungsraum, insbesondere einem Hochfrequenz-Plasmaentladungsraum, wie insbesondere für einen reaktiven plasmaunterstützten Beschichtungsprozess, nicht auszuräumen, sondern seine Dichte auf bzw. unterhalb einem vorgegebenen Pegel $\rho_{\max}$ zu halten. Es wird mithin die Zahl der Staubpartikel pro Volumeneinheit und/oder deren Grösse und damit die Staubdichte und deren Verteilung beherrscht eingestellt. Dies auf Verhältnisse, die anlässlich von Vorversuchen als optimal für den jeweiligen Behandlungsprozess befunden wurden. Dies, wie in Fig. 7 unten mit der Kurve (b) schematisch dargestellt.

Realisiert wird dies gemäss Fig. 7 grundsätzlich dadurch, dass durch die Plasmaentladung eine Partikelquerströmung W_p gesteuert erstellt wird, durch Errichten eines Querkraftfeldes, womit Überschuss-Staubpartikel aus dem beschichtungswirksamen Bereich der Plasmaentladung gefördert werden und schliesslich nach Bedarf entfernt werden.

Gemäss Fig. 7 besteht eine bevorzugte Ausführungsvariante, ein solches Kraftfeld zu erzeugen, darin, die Querpartikelströmung durch eine Quergasströmung zu erstellen. Dies wird durch Realisieren eines Querdrukgradienten erzielt. Wie schematisch dargestellt, wird hierzu seitlich ein Gas eingelassen und Gas dem Einlass gegenüber abgesaugt. Zusätzlich oder anstelle der Errichtung eines Querdrukgradienten können elektrostatische Gradienten und/oder thermische Gradienten eingesetzt werden, um die Staubdichte im beschichtungswirksamen Plasmaentladungsraum nicht über einen gewissen Wert ansteigen zu lassen.

Unten in Fig. 7 ist mit der Charakteristik (c) qualitativ dargestellt, wie die eingelassene Gasmenge m_G angesteuert wird.

Obwohl es durchaus möglich ist, durch Vorversuche festzustellen, ab wann und wie gross das Kräf-

tefeld zu erstellen ist, um die Staubbichte im Entladungsraum im genannten Sinne zu beherrschen, ist es in einer bevorzugten Variante ohne weiteres möglich, beispielsweise durch Lichtreflexions- oder -absorptionsmessung, wie mit einem in Fig. 7 schematisch dargestellten Detektor 65, die momentane Staubbichte im Plasma zu ermitteln, den ermittelten Wert mit einem SOLL-Wert F_p zu vergleichen und das Kräftefeld, gemäss Fig. 7 den Druckgradienten, in regelndem Sinne so zu stellen, dass sich die Staubbichte auf einen erwünschten Pegel einstellt. Da die Staubbichte die Plasmaimpedanz stark beeinflusst, kann eine solche Regelung auch über eine Messung dieser Impedanz erfolgen.

Bei Ausnützung einer Quergasströmung erfolgt die Einstellung bevorzugterweise durch Stellen der pro Zeiteinheit eingedüsten Gasmenge, wie an der Stelleinheit 67 von Fig. 7 dargestellt.

Selbstverständlich kann das Kräftefeld, welches dazu dient, Überschuss-Staubpartikel aus dem Beschichtungsbereich zu bewegen, auch intermittierend angelegt werden, d.h., im Falle von Fig. 7, das im weiteren als Spülgas bezeichnete Gas G_s , welches die Querströmung W bewirkt, kann gepulst eingelassen werden.

Wie bereits erwähnt, hat sich dieses Vorgehen insbesondere bei reaktiven HF-Plasma-Beschichtungsprozessen ausgezeichnet bewährt, indem bei solchen Prozessen, und insbesondere bei Reaktivprozessen, prozessinhärent eine Pulver- bzw. Staubbildung in der Plasmaentladung erfolgt. Wenn gemäss Fig. 7 mittels eines Spülgases G_s die Querströmung W erstellt wird, so wird vorzugsweise als Spülgas ein neutrales Plasmaarbeitsgas, wie z.B. Argon oder He, oder ein nicht für den Schichtaufbau benötigtes Gas, wie H_2 , eingesetzt. Der Einsatz eines massgeblich am Schichtaufbau beteiligten Gases als Spülgas kann die Schichtverteilung ungünstig beeinflussen.

Wesentlich ist zu erkennen, dass Staub bzw. Pulver, solange die Plasmaentladung brennt, in letzterer gefangen bleibt. Soll mithin dann, wenn der Plasma-Behandlungsprozess oder generell die Plasmaentladung abgestellt wird, verhindert werden, dass sich der in der Entladung verbleibende Staub in der Behandlungskammer niedersetzt, so wird bevorzugterweise wie folgt vorgegangen:

- Anstelle des Reaktivgases wird ein neutrales Gas eingelassen, womit dann, wenn der Schichtbildungsprozess zu gegebener Zeit abgebrochen werden soll, ein weiterer Schichtaufbau unterbunden wird. Durch Weiterbetrieb des nun neutralen Plasmas bleibt der Staub in der Plasmaentladung gefangen und wird «ausgespült». Im neutralen Plasma ist dabei die Staubbildung drastisch reduziert.
- In der aufrechterhaltenen Reaktivgas-Plasmaentladung oder der eben erwähnten neutralen Entladung wird das Querkräftefeld erhöht, im bevorzugten Fall einer «Spülgasströmung» wird letztere durch Erhöhung der eingelassenen Gasmenge und/oder Erhöhung der Absaugleistung verstärkt.
- Es kann die Plasmaintensität kontinuierlich verringert werden, ohne dass jedoch die Entladung aussetzt. Dadurch wird die Wirkung der als Stauffalle wirkenden Plasmaentladung stetig reduziert, was

das Wegbewegen der Staubpartikel durch das erwähnte Kräftefeld erleichtert.

Durch gleichzeitiges Reduzieren der Entladungsintensität und Erhöhen der seitlichen Pumpleistung und/oder der eingelassenen Spülgasmenge wird eine maximale Wegdrift der Staubpartikel aus der Beschichtungszone über der Elektrode 62 nach Fig. 7 erreicht.

Grundsätzlich kann das erfindungsgemäss eingesetzte Kräftefeld dadurch unterstützt werden, dass die Plasmaentladung gepulst betrieben wird. Dadurch wird die Stauffallenwirkung des Plasmas reduziert und das gezielte Wegbefördern überschüssigen Staubes erleichtert. Dies gilt nicht nur für das Stillsetzen des Beschichtungsprozesses, sondern auch während des Beschichtungsprozesses selbst.

Wesentlich ist, dass die Plasmaentladung so lange aufrechterhalten bleibt, bis für das Stillsetzen des Prozesses der darin angesammelte Staub entfernt ist.

Diese Erkenntnis führt weiter zu einer bevorzugten Betriebsweise, wonach eine Plasmaentladung in der Plasmakammer auch dann unterhalten wird, wenn z.B. Werkstücke geladen bzw. behandelte Werkstücke entladen werden.

Eine Plasmaentladung, bezüglich des reaktiven Beschichtungsprozesses unwirksam, also in einem diesbezüglich neutralen Gas, kann ohne weiteres auch dazu eingesetzt werden, sei dies am unbeschichteten oder am bereits beschichteten Werkstück oder an der Plasmakammer, eine Ätzreinigung vorzunehmen, beispielsweise, indem ein Wasserstoffplasma unterhalten wird. Dabei ist von Bedeutung, dass die auf dem Substrat angelagerten Partikel von der Plasmaentladung eingefangen und «weggespült» werden können.

Somit kann beispielsweise in der Schlussphase eines Behandlungsprozesses ein H_2 -Reinigungsplasma unterhalten werden, beispielsweise während der Entladung und Neubeladung der Plasmakammer. Da beim Ätzen Staub in der Plasmaentladung nur störend ist, wird dabei das errichtete Querkräftefeld maximal eingestellt.

Durch Einsatz des beschriebenen Vorgehens in einer Hochfrequenz-Plasmaentladung eines reaktiven Beschichtungsprozesses zum Ablegen von defektfreien α -Si-Schichten, ohne Staubbildung im Reaktor, konnte die Beschichtungsrate um den Faktor 2,5 erhöht werden, gleichzeitig die Schichtspannungen um einen Faktor von 2,5 reduziert werden, wobei wegen der erhöhten Beschichtungsrate die Schichtfeinheit um einen Faktor von ca. 2 erhöht wurde. Dies verglichen mit der Beschichtung in derselben Plasmakammer, bei welcher mittels bekannter Techniken, wie eingangs beschrieben wurde, versucht wurde, die Staubbichte zu minimalisieren, nämlich durch Wahl eines Prozessarbeitspunktes bei tiefen Drücken und kleiner Leistung. So betragen bei Anwendung der erwähnten, bekannten Technik (Staubbildungsminimierung) Beschichtungs-raten für α -Si-Schichten $\leq 4 \text{ Å/sec}$, bei Schichtspannungen $> 5 \cdot 10^9 \text{ dyn/cm}^2$, demgegenüber erfindungsgemäss die Raten 10 Å/sec bei Schichtspannungen $< 2 \cdot 10^9 \text{ dyn/cm}^2$.

Wie erwähnt wurde, besteht eine bevorzugte Realisationsform des Querkraftfeldes darin, eine Quergasströmung, wie in Fig. 7 dargestellt, durch die Plasmaentladung zu realisieren.

In Fig. 8 sind mehrere Varianten A bis E dargestellt, um, saugseitig, das erwähnte Kraftfeld bzw. den erwähnten Druckgradienten zu erstellen.

Gemäss Fig. 8A wird die Absaugung von Gas aus dem Behandlungsraum bzw. Entladungsraum durch einen schmalen Schlitz 69 in der Wand der Plasmakammer 1 vorgenommen, welche elektrisch auf definiertes Potential, wie auf Massepotential, gelegt ist. Die Breite des Schlitzes ist so bemessen, dass das Plasma sich nicht durch den Schlitz 69 hindurch ausdehnen kann, und beträgt vorzugsweise 2 bis 4 mm. Bevorzugterweise wird die anhand von Fig. 7 besprochene Querströmung zusätzlich durch den dort gezeigten Quergaseinlass massgeblich unterstützt, was auch bei den Ausführungsvarianten gemäss Fig. 8B bis E vorzugsweise erfolgt.

Gemäss Fig. 8B wird ein Absaugschlitz 71 im Bereiche der Kante der Elektrode 60 vorgesehen. Dies einem weiteren bevorzugterweise befolgten Prinzip folgend. Es wurde erkannt, dass die Staubdichte dort am grössten ist, wo das die Plasmaentladung speisende elektrische Feld maximal ist. Dies ist bekanntlich bei potentialbeaufschlagten Flächen an Kanten und Spitzen etc. der Fall. Deshalb wird gemäss Fig. 8B vorgeschlagen, die Absaugung mittels des Schlitzes 71 am Randbereich der Elektrode 60, mithin in einem Bereich vorzunehmen, wo wegen der erhöhten Feldstärke eine erhöhte Staubdichte vorliegt.

Konsequent wird dieses Vorgehen gemäss Fig. 8C weiterverfolgt, indem beidseitig in Randbereichen der Elektrode 60 und der Gegenelektrode 62 Saugschlitz 71a und 71b vorgesehen werden.

Die Quergasgeschwindigkeit wird bei einer Ausführungsvariante gemäss Fig. 8D mit sich stetig konisch verengendem Schlitz 73 in einen ausgedehnten Plasmaentladungsbereich hinein erhöht, wodurch die Effizienz der Querströmung erhöht wird.

Gemäss Fig. 8E wird der Wandungsbereich 75 der Plasmakammer 1, worin der Saugschlitz 77 vorgesehen ist, elektrisch auf Schwebepotential betrieben. Damit wird erreicht, dass die Potentialbarriere, welche durch Staubpartikel bei ihrer Extraktion aus der Entladung zu überwinden ist, reduziert wird, weil sich das Potential des schwebend betriebenen Wandabschnittes auf ein Zwischenpotential zwischen den Potentialen der Elektroden 60 und 62 einstellt.

Eine weitere Möglichkeit, die selbstverständlich ist, ist die, am Saugschlitz ein Sieb vorzusehen, womit die Schlitzöffnung und damit der Pumpquerschnitt vergrössert werden kann, ohne dass das Plasma durch den Schlitz tritt.

Es versteht sich im weiteren von selbst, dass Merkmale der dargestellten Gasabsaugungen kombiniert werden können.

In Fig. 9 ist, z.B. rückblickend auf die oben beschriebene neuartige Anlagekonfiguration mit Plasmareaktorstapel, dargestellt, wie auch dort bevorzugterweise und unter Berücksichtigung der eben

beschriebenen Erkenntnisse die Beladung und Entladung der Plasmakammern 1 erfolgt.

Gemäss Fig. 9(a) wird das Werkstück 31 (Fig. 2a) auf den Hubmechanismus 9 mit den Stösseln 13 abgelegt. Gemäss Fig. 9(b) wird daraufhin ein neutrales Plasma in der Plasmakammer 1 gezündet, nachdem bezüglich des Transportraumes 23_T gemäss Fig. 3 vorzugsweise mindestens eine Druckstufe mit den Verschlussplatten 41 erstellt worden ist. Dabei wird ein nicht reaktives Gas, beispielsweise Argon und/oder Wasserstoff, wie dargestellt, eingelassen. Dabei wird, wie vorgängig beschrieben wurde, das Werkstück 31 auch erhitzt, u.a. zu seiner Entgasung. Die Absaugung A ist gestartet.

Sich z.B. bei der mechanischen Absenkung des Werkstückes 31 gemäss Fig. 9(c) bildender Staub wird im weiterhin unterhaltenen neutralen Plasma gefangen und durch die Neutralgas-Querströmung bei A abgesaugt. Ist gemäss Fig. 9(d) das Werkstück abgesenkt, wird der Reaktivgaseinlass initialisiert, vorzugsweise sowohl durch die eine Gasdusche bildende HF-Elektrode 62 wie auch durch den seitlichen Spülgaseinlass, wie dargestellt. Während des nun folgenden Beschichtungsprozesses wird, wie anhand von Fig. 7 beschrieben wurde, die Staubdichte in der Plasmaentladung nicht zum Verschwinden gebracht, sondern so beherrscht, dass sie ein vorgegebenes Mass nicht übersteigt.

Nach Beendigung des Beschichtungsprozesses wird gemäss Fig. 9(e) die Querströmung von Reaktivgas erhöht oder eines neutralen Gases oder auf eine neutrale Plasmaentladung (nicht dargestellt), wie beschrieben wurde, übergegangen. Wichtig ist, dass auch während des Anhebens des beschichteten Werkstückes gemäss Fig. 9(f) eine staubfangende Plasmaentladung aufrechterhalten bleibt, sei dies als neutrale Plasmaentladung oder weiterhin als Reaktivplasmaentladung, wenn der Beschichtungsprozess nicht in einem bestimmten Zeitpunkt zu beenden ist.

Gemäss Fig. 9(g) wird daraufhin das Werkstück 31 aus den Plasmakammern 1 entfernt, wobei in dieser Betriebsphase, wie auch in derjenigen nach Fig. 9(a), bevorzugterweise eine Plasmaentladung, wie gestrichelt dargestellt, aufrechterhalten bleibt, nicht eine Reaktivplasmaentladung, sondern eine Neutralplasmaentladung, insbesondere eine Wasserstoff-Plasmaentladung, einerseits zum weiteren Auffangen von Staubpartikeln, andererseits zum Reinigungsätzen der Kammer.

Wie in Fig. 9(a) und 9(g) eingetragen, wird dann Wasserstoff einerseits eingelassen und andererseits abgesaugt, so dass im Plasma gefangener Staub in diesen Phasen möglichst vollständig ausgeräumt wird.

Zusätzlich zu der beschriebenen Gasabsaugung zum Erstellen der Querströmung können weitere Absaugungen vorgesehen sein, z.B. an der Elektrode 60 ebenso verteilt wie die Reaktivgas-Eindüsenöffnungen. Durch gezielte Auslegung der verteilten Gas-Ein- und/oder -Absaugung kann die Behandlungsgleichförmigkeit gegebenenfalls optimiert werden.

Die beschriebene Anlage und das beschriebene

Verfahren eignen sich insbesondere für die Herstellung von flachen, aktiven Bildschirmen.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Erhöhung der Bearbeitungsrate bei gleichzeitiger Verringerung der Schichtbeanspruchung durch Ionenbeschuss bei einem plasmaunterstützten, chemischen Dampfabscheidungsverfahren in Vakuum, dadurch gekennzeichnet, dass im Plasma eine im wesentlichen entlang der Bearbeitungsoberfläche vorgegeben verteilte Staubbichte erzeugt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem in einem Plasmaentladungsraum mit einem Plasma mindestens eine zu bearbeitende Oberfläche im wesentlichen gleichförmig ausgesetzt wird, dadurch gekennzeichnet, dass man im wesentlichen parallel zur Oberfläche und quer über die Oberfläche im Plasma ein Kräftefeld für die im wesentlichen im Plasma gefangenen Staubpartikel erzeugt.

3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2, dadurch gekennzeichnet, dass die Dichte im wesentlichen zeitlich konstant und/oder gleich verteilt gehalten wird.

4. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 oder 3, dadurch gekennzeichnet, dass das Kräftefeld mittels eines Druckgradienten mindestens miterzeugt wird, vorzugsweise zu einem überwiegenden Anteil, und vorzugsweise zusätzlich ein elektrostatisches und/oder thermisches Kraftfeld erzeugt wird.

5. Verfahren nach Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckgradient durch Absaugen an einem begrenzten Bereich seitlich der Oberfläche mindestens miterzeugt wird.

6. Verfahren nach einem der Ansprüche 4 oder 5, dadurch gekennzeichnet, dass der Druckgradient durch seitliches Eindüsen eines Gases mindestens mitaufgebaut wird, wobei die Gaseindüsung beispielsweise zeitlich konstant oder gepulst erfolgt.

7. Verfahren nach einem der Ansprüche 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass mindestens Reaktivgas, der Oberfläche gegenüberliegend, grossflächig verteilt, vorzugsweise nach Vorgabe verteilt, ins Plasma ein- und der Oberfläche zugeführt wird und gegebenenfalls Auswirkungen des Kraftfeldes auf die Bearbeitungshomogenität der Oberfläche durch gezielte Verteilung der Eindüsung kompensiert wird.

8. Verfahren nach einem der Ansprüche 2 bis 7, dadurch gekennzeichnet, dass eine Senke des Kräftefeldes in einem Bereich erhöhter lokaler Staubbichte angeordnet wird, wie z.B. im Bereich von Kanten der Elektrodenanordnung.

9. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 8, dadurch gekennzeichnet, dass die Staubbichte und/oder deren Verteilung gesteuert oder geregelt wird.

10. Vakuumplasmakammer zur Durchführung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1–9, mit Mitteln zur Erzeugung einer räumlich verteilten Plasmaentladung und mit einer Werkstück-Halteanordnung zur Aufnahme mindestens eines Werkstückes und gleichförmigem Aussetzen mindestens eines Werkstück-Oberflächenbereiches der Plasmaentla-

dung, dadurch gekennzeichnet, dass Mittel zur Erzeugung eines Kräftefeldes quer zum und über den Oberflächenbereich in der Plasmaentladung vorgesehen sind zur Steuerung der Staubpartikeldichte in der Plasmaentladung.

11. Kammer nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung des Querkräftefeldes eine Sauganordnung in einem begrenzten Peripheriebereich des Werkstück-Oberflächenbereiches umfassen.

12. Kammer nach einem der Ansprüche 10 oder 11, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung des Querkräftefeldes eine vorzugsweise steuerbare Gaseindüsanordnung in einem begrenzten Peripheriebereich des Oberflächenbereiches umfassen, verbunden mit einem Gastank, vorzugsweise mit einem Arbeitsgas für die Plasmaentladung und/oder einem Reaktivgas.

13. Kammer nach einem der Ansprüche 11 oder 12, dadurch gekennzeichnet, dass dem Oberflächenbereich, über den Plasmaentladungsraum gegenüberliegend, eine flächig verteilte Eindüsanordnung mindestens für Reaktivgas vorgesehen ist und die Sauganordnung die einzige Sauganordnung ist oder eine weitere Sauganordnung vorgesehen ist, z.B. flächig verteilt dem Oberflächenbereich wie die Eindüsanordnung gegenüberliegend.

14. Kammer nach Anspruch 13, dadurch gekennzeichnet, dass die flächige Eindüsanordnung als eine Plasmaentladungselektrode wirkt.

15. Kammer nach einem der Ansprüche 10 bis 14, dadurch gekennzeichnet, dass die Mittel zur Erzeugung der Plasmaentladung ein Paar beabstandeter Elektroden im Reaktor umfassen und dass die Senke des Kräftefeldes in einem Bereich angeordnet ist, wo eine erhöhte Staubpartikeldichte herrscht.

16. Kammer nach einem der Ansprüche 10 bis 15, dadurch gekennzeichnet, dass eine Staubbichte-Messeinrichtung vorgesehen ist, deren Ausgangssignal als gemessene Regelgrösse auf ein Stellglied für das Kräftefeld wirkt.

17. Anwendung des Verfahrens nach einem der Ansprüche 1 bis 9 oder Verwendung der Kammer nach einem der Ansprüche 10 bis 16 für reaktives Plasmaätzen, reaktives Plasma-Sputter-Beschichten, reaktives Ionenplattieren PECVD-Beschichten.

18. Anwendung oder Verwendung nach Anspruch 17 für die gleichförmige Behandlung im wesentlichen planer, grossflächiger Werkstück-Oberflächenbereiche, insbesondere bei der Herstellung flacher, aktiver Bildschirme, vorzugsweise mit stationärem oder mindestens zeitweise gepulstem Plasma.

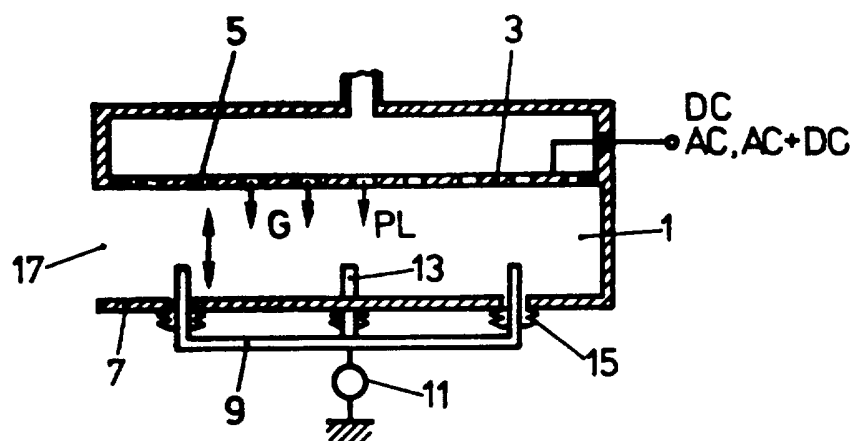


FIG. 1

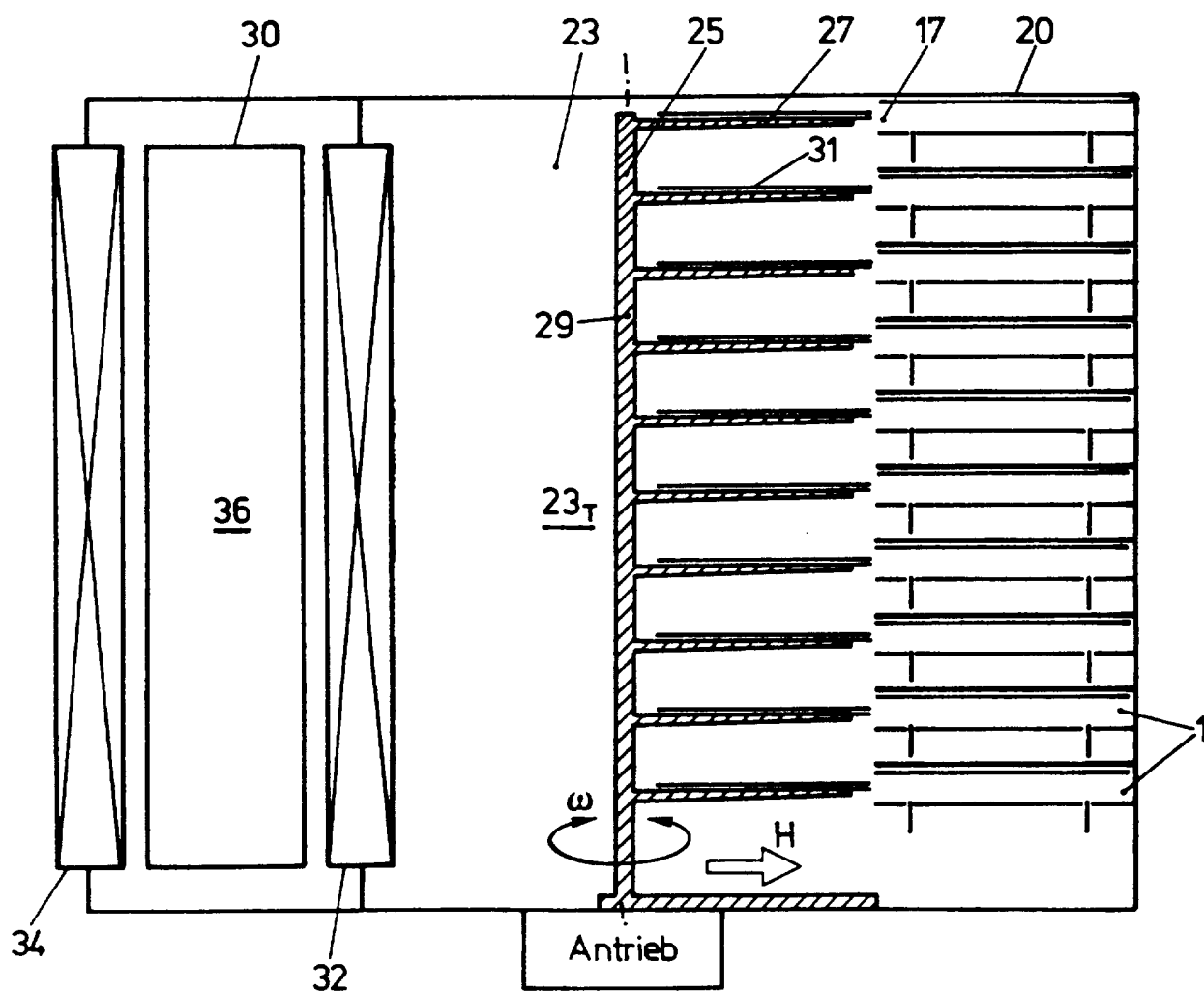
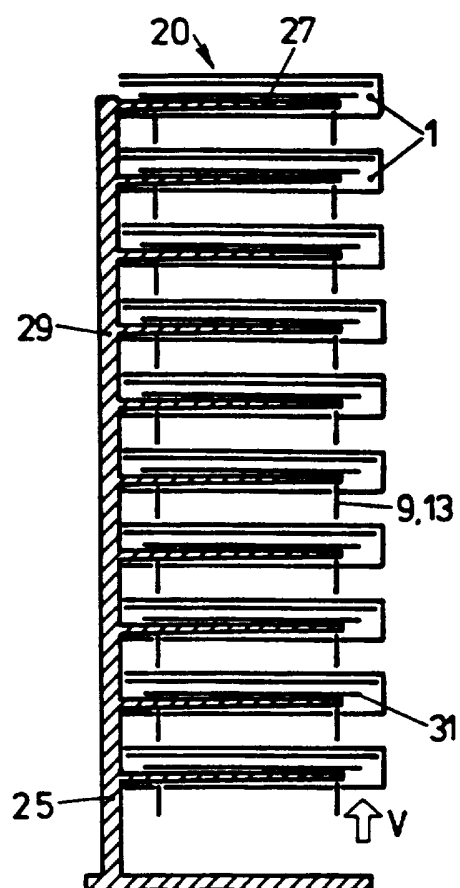
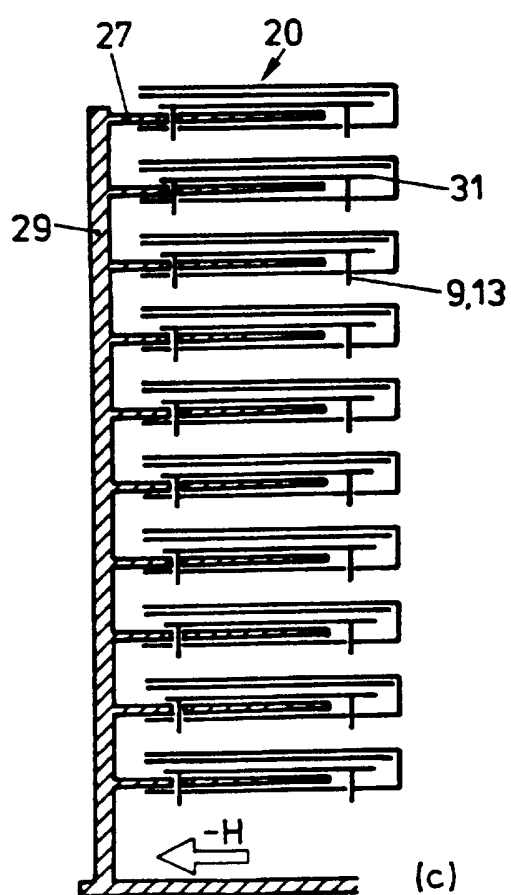


FIG. 2a

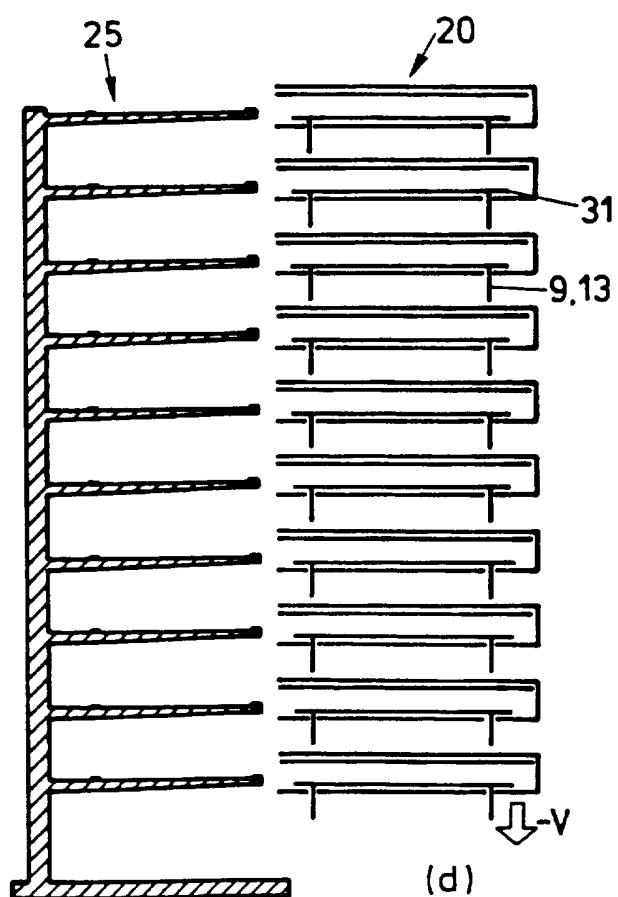
FIG. 2



(b)



(c)



(d)

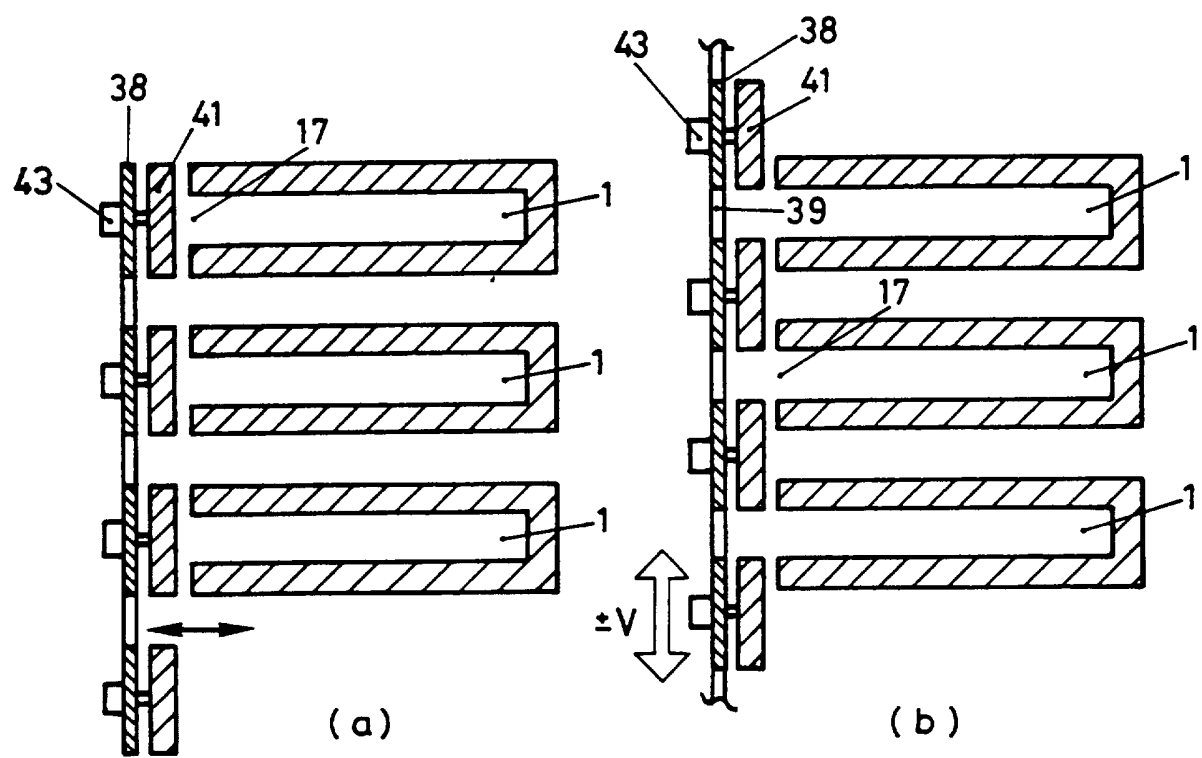


FIG.3

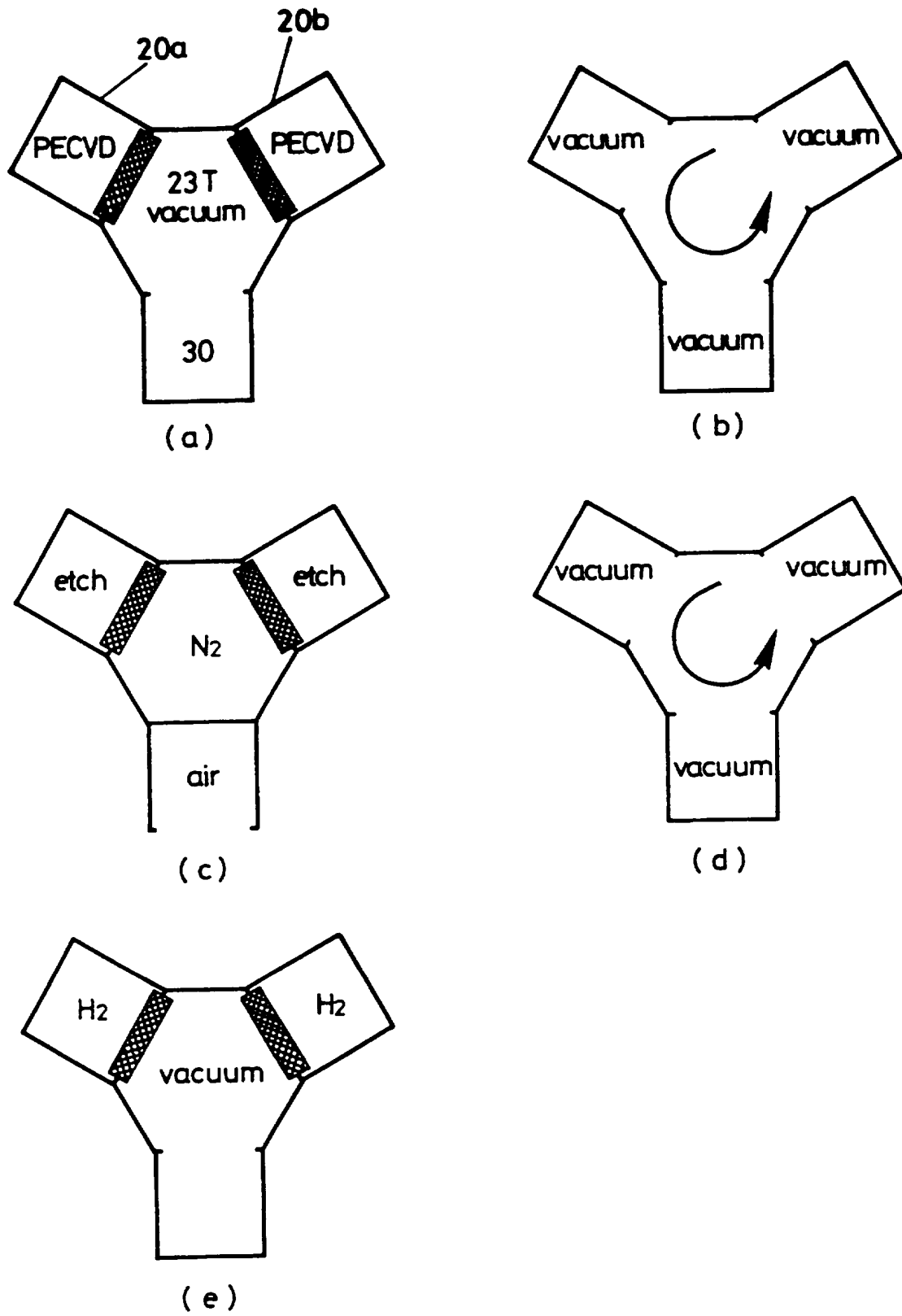


FIG. 4

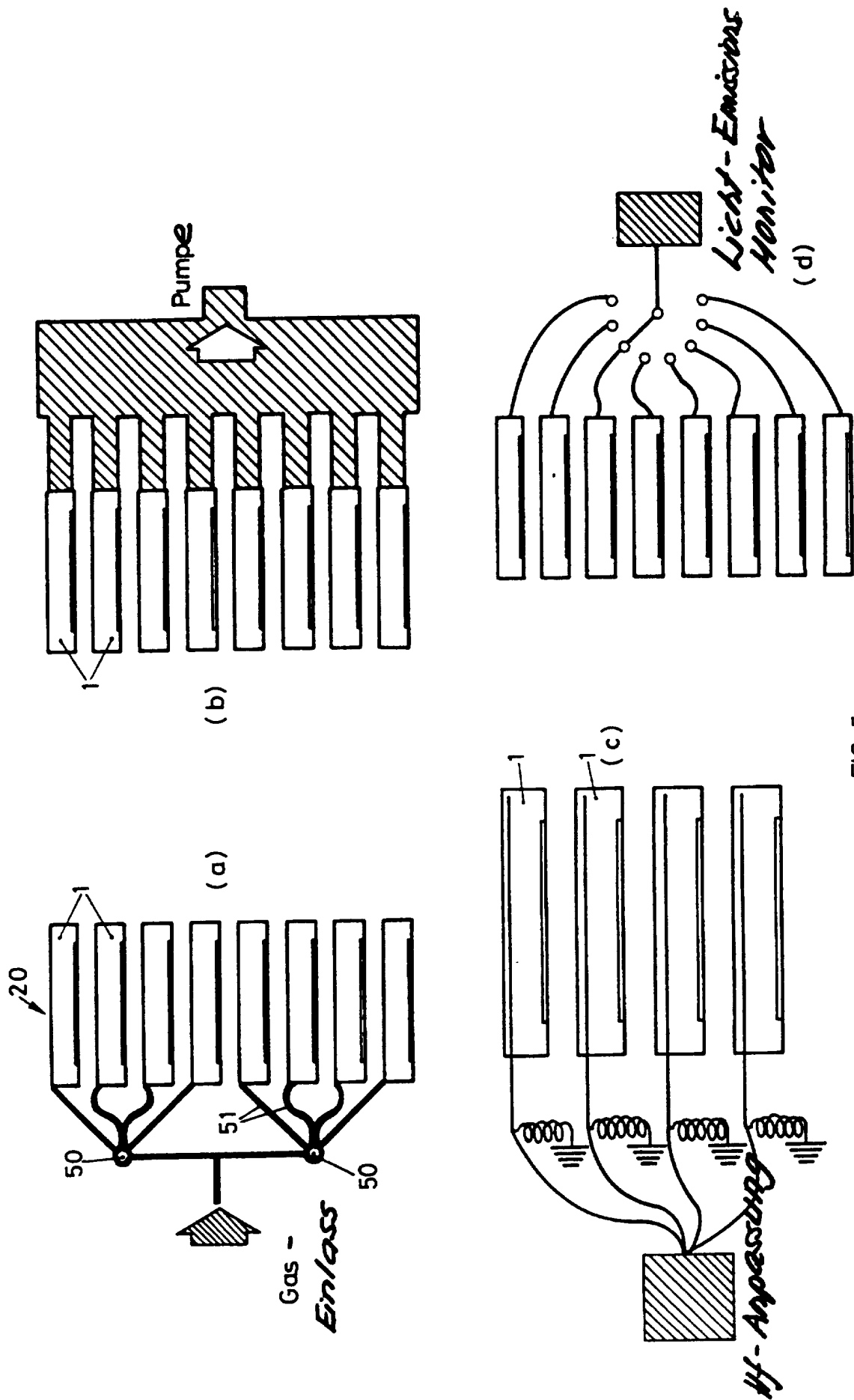


FIG. 5

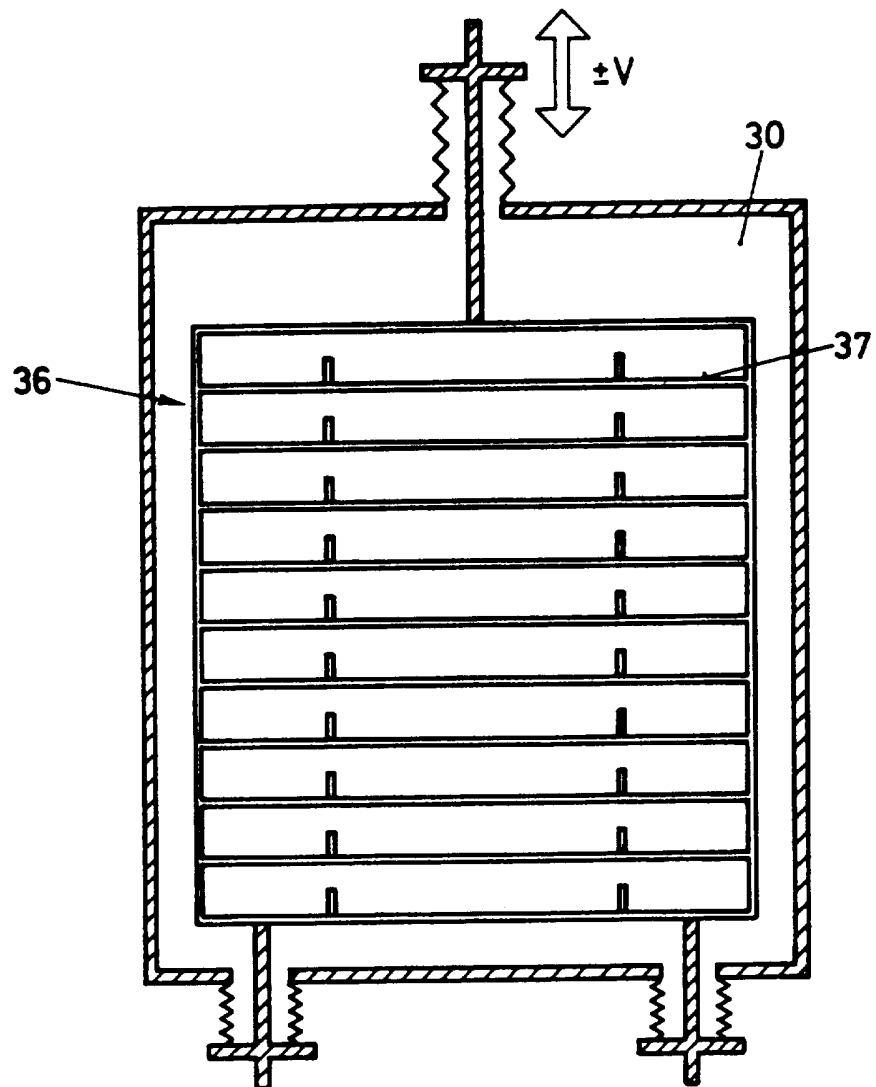
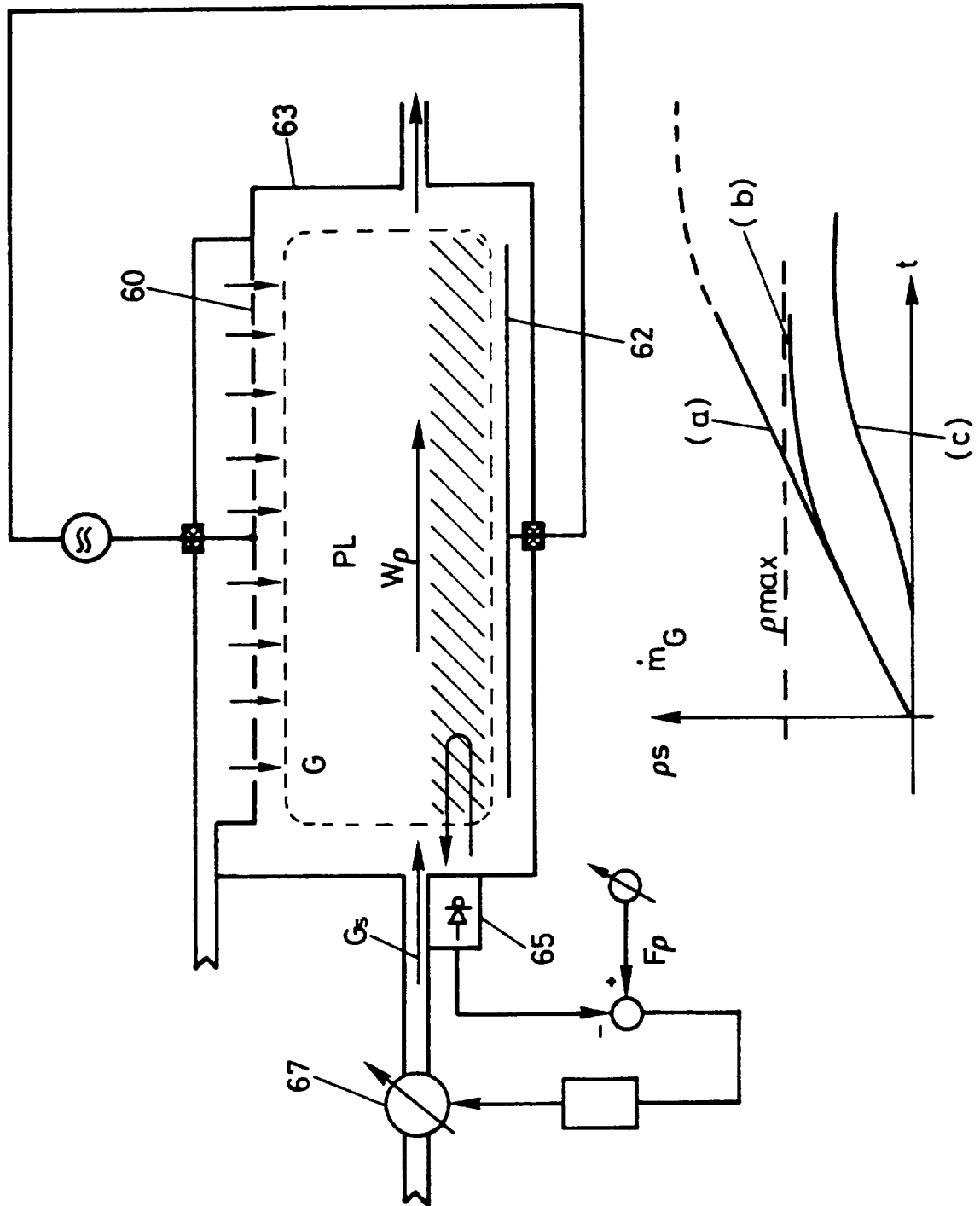


FIG. 6

FIG. 7



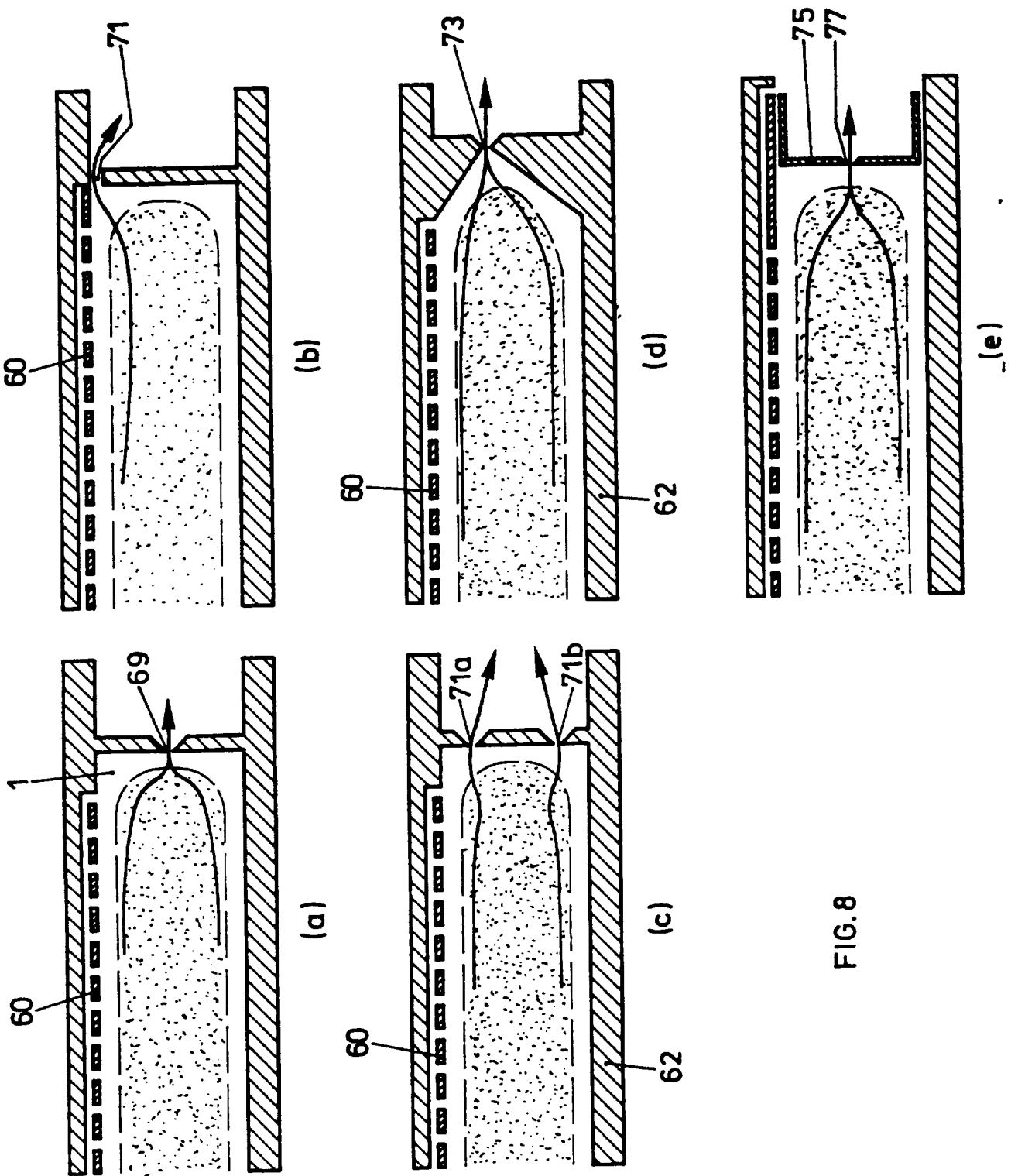


FIG. 8

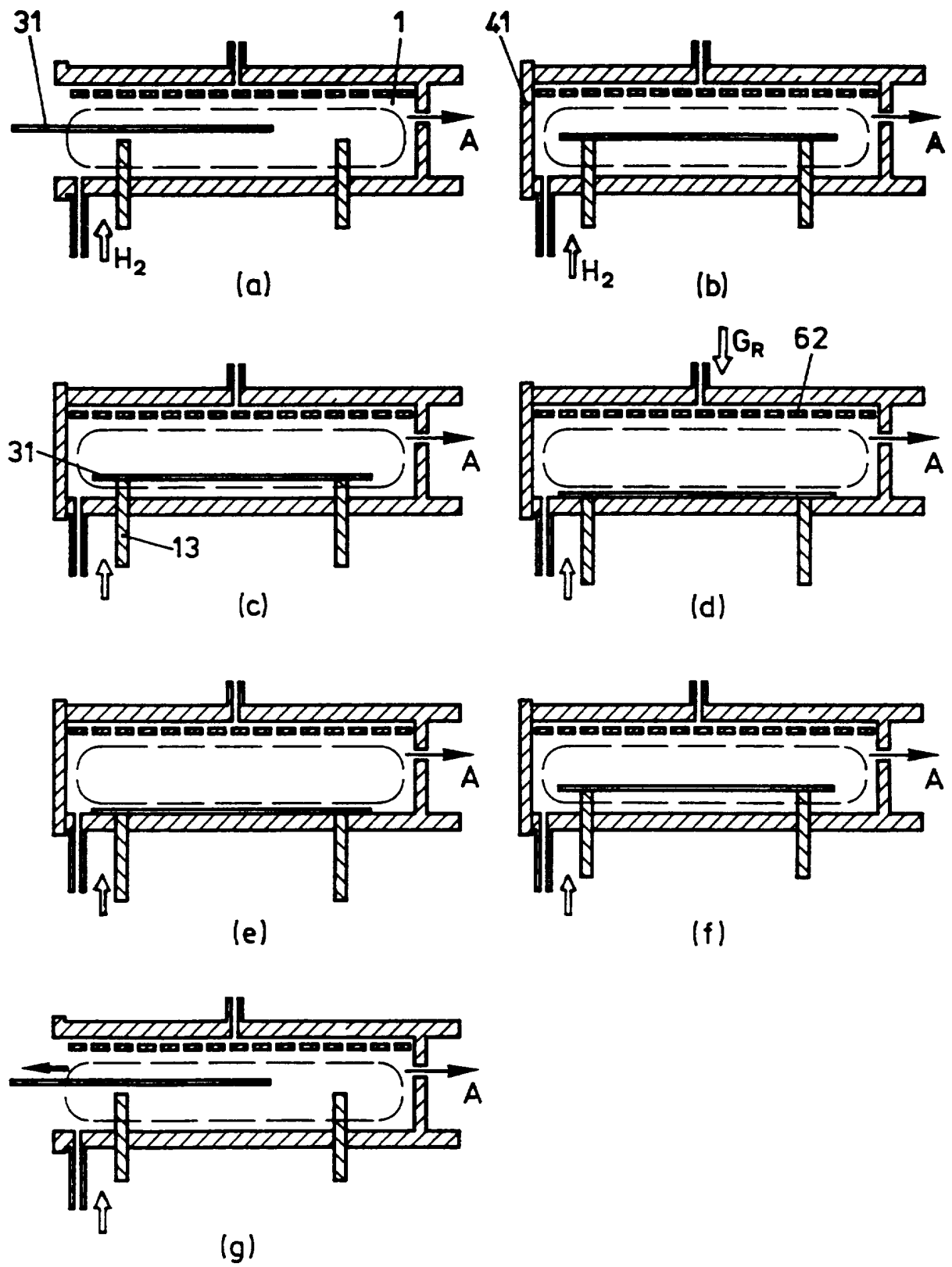


FIG. 9