

19



Europäisches Patentamt
European Patent Office
Office européen des brevets



11 Numéro de publication: **0 517 594 B1**

12

FASCICULE DE BREVET EUROPEEN

- 45 Date de publication du fascicule du brevet: **13.12.95** 51 Int. Cl.⁶: **B24B 37/04**, B24B 21/20, H01L 21/00
- 21 Numéro de dépôt: **92401532.4**
- 22 Date de dépôt: **04.06.92**

54 **Machine de polissage à bande microabrasive tendue et à tête support de plaquette perfectionnée**

30 Priorité: **06.06.91 FR 9106866**
06.06.91 FR 9106869

43 Date de publication de la demande:
09.12.92 Bulletin 92/50

45 Mention de la délivrance du brevet:
13.12.95 Bulletin 95/50

84 Etats contractants désignés:
BE DE FR GB IT NL

56 Documents cités:
EP-A- 0 349 653
US-A- 3 453 783
US-A- 4 579 313

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 83 (M-290)(1520) 17 Avril 1984 & JP-A-59 001 151 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.) 6 Janvier 1984

SOLID STATE TECHNOLOGY vol. 20, no. 10, Octobre 1977, WASHINGTON US pages 55 - 62 A.C. BONORA 'FLEX-MOUNT POLISHING OF SILICON WAFERS'

73 Titulaire: **COMMISSARIAT A L'ENERGIE ATOMIQUE**
31-33, rue de la Fédération
F-75015 Paris (FR)

72 Inventeur: **Baldy, André**
58 rue de la Liberté
F-38180 Seyssins (FR)
Inventeur: **Barrois, Gérard**
3, Lotissement La Garde
F-38120 Le Fontanil (FR)
Inventeur: **Blanc, Henry**
La Colombière
F-38134 Saint-Julien de Ratz (FR)
Inventeur: **Dominiak, Marcel**
78 Cours Jean-Jaurès
F-38000 Grenoble (FR)

74 Mandataire: **Dubois-Chabert, Guy et al**
c/o BREVATOME
25, rue de Ponthieu
F-75008 Paris (FR)

EP 0 517 594 B1

Il est rappelé que: Dans un délai de neuf mois à compter de la date de publication de la mention de la délivrance du brevet européen, toute personne peut faire opposition au brevet européen délivré, auprès de l'Office européen des brevets. L'opposition doit être formée par écrit et motivée. Elle n'est réputée formée qu'après paiement de la taxe d'opposition (art. 99(1) Convention sur le brevet européen).

IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN vol.
21, no. 10, Mars 1979, NEW YORK US page
4018 B. HOLLEY ET AL. 'MOUNTING METHOD
FOR SINGLE-SIDE POLISHING'

IBM TECHNICAL DISCLOSURE BULLETIN vol.
5, no. 1, Juin 1962, NEW YORK US page 6
A.W. TOLLKUHNS 'SANDING OR POLISHING
PAD'

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 7, no.
102 (M-211)(1247) 30 Avril 1983 & JP-A-58 22
657 (HITACHI SEISAKUSHO K.K.)

Description

La présente invention a pour objet une machine de polissage à bande microabrasive tendue et à tête support de plaquette perfectionnée.

Une machine conforme au préambule de la revendication 1 est connue, par exemple, par PATENT ABSTRACTS OF JAPAN vol. 8, no. 83 (M-290) (1520) 17 Avril 1984 & JP-A-59 001 151.

L'invention trouve une application particulière au polissage de composants microélectroniques intégrés dans des plaquettes de semi conducteur (en silicium par exemple). Il peut s'agir, notamment, de têtes magnétiques d'écriture et de lecture.

Des procédés de réalisation de telles têtes sont décrits dans de nombreux documents et notamment dans US-A-4,837,924 et US-A-4,333,229. Le premier document se rapporte à des têtes à structure dite "horizontale" - car formée d'un empilement de couches déposées sur la face supérieure d'une plaquette semi-conductrice- et le second à des têtes à structure dite "verticale" -car formée de couches déposées sur la tranche d'une telle plaquette-.

Les micro-usinages effectués sur de telles plaquettes consistent, dans le premier cas, à niveler (ou "planariser") et à polir divers sous-ensembles intermédiaires obtenus au cours du procédé de réalisation, à définir un entrefer et à amener l'ensemble de la tête dans le plan général du substrat, dit encore plan de vol.

Dans le second cas, les micro-usinages ont pour but de définir un entrefer et d'ajuster la forme des patins de vol.

Bien que pouvant s'appliquer éventuellement à la réalisation de têtes de la deuxième catégorie (têtes verticales), la machine objet de la présente invention est avant tout destinée au polissage d'ensembles ou sous-ensembles correspondants à la première catégorie (têtes horizontales) car c'est dans ce cas que les problèmes technologiques sont les plus ardu.

La figure 1 montre, à titre d'exemple de pièce à polir, une tête magnétique d'écriture et de lecture en structure horizontale. L'ensemble représenté correspond à la dernière étape de réalisation avant polissage final. Cet ensemble comprend un substrat de silicium 10 dans lequel un caisson a été gravé, un circuit magnétique 12 en alliage fer-nickel, un double bobinage 14 en cuivre, une couche en silice 16 de 3 à 6 μ m d'épaisseur, un espaceur amagnétique 18 en silice de 1 μ m d'épaisseur environ et deux pièces polaires supérieures 20 en fer-nickel. Le plan de polissage final est marqué en trait interrompu et référencé 22.

L'enlèvement de matière porte sur les pièces polaires 20 et sur les dépassements 23 en silice. Pour ne pas altérer le circuit magnétique, cet enlè-

vement ne doit pas diminuer l'épaisseur de la couche uniforme de silice de plus de 0,3 μ m. Le plan final de polissage définit le plan de vol de la tête.

Deux telles têtes sont généralement disposées côte à côte sur deux bandes parallèles dites "skis", définissant deux plans de vol, dans une structure générale en catamaran.

Le polissage, qui consiste en un enlèvement de matière en très petite quantité, est une opération bien connue. On la rencontre en métallographie, en optique et en microélectronique. L'une ou l'autre des deux techniques suivantes est utilisée :

- **la rectification à l'outil diamanté** : il s'agit d'un usinage dans lequel on forme un "copeau" semi-continu ou continu par deux mouvements combinés relatifs entre l'outil et la pièce à usiner (un mouvement d'avance et un mouvement de coupe) ;

- **le rodage et le polissage** : il s'agit d'une abrasion plus ou moins fine (ou écrouissage) et contrôlée de la surface par frottement sur des disques très variés non abrasifs par nature, sur lesquels on apporte un abrasif en pâte ou en solution aqueuse ; une variante consiste à placer, sur un plateau de polissage rotatif, un disque de film abrasif et à arroser celui-ci lors du polissage avec un liquide pour refroidir la pièce et éviter l'encrassement.

Le polissage des plaquettes semiconductrices comprenant un très grand nombre de microcomposants intégrés pose des problèmes particuliers et difficiles :

- tout d'abord, la plaquette est déformée et déformable,
- par ailleurs, le rodage doit affecter simultanément plusieurs matériaux de duretés très différentes : silice, alumine, alliage alumine/carbure de titane, alliage fer/nickel,
- les pièces à roder sont de surfaces très petites par rapport à la plaquette de silicium,
- enfin, il s'agit d'usiner, dans leur épaisseur, des couches déposées sur une plaquette, et, généralement, il faut polir simultanément 600 excroissances correspondant à 600 têtes magnétiques, en dépassement de quelques microns et cela avec une précision de l'ordre du nanomètre, sans diminuer l'épaisseur de la couche mince qui recouvre la plaquette de plus de 200 à 300nm.

Les machines de polissage connues ne permettent pas de satisfaire à toutes ces exigences. En particulier, l'usage d'un liquide à grains abrasifs ou d'un film abrasif collé sur un support ne convient pas comme on peut s'en convaincre en liaison avec les figures 2 à 6.

La figure 2, tout d'abord, illustre le principe connu du rodage avec liquide chargé de grains abrasifs. La plaquette 10 et ses excroissances 25 sont placées en regard d'un plateau de polissage 23 et le liquide 24, chargé de grains abrasifs, forme un film entre la plaquette et le plan de référence. Le mouvement de translation de la plaquette provoque l'abrasion des excroissances.

Mais des phénomènes hydrodynamiques complexes, liés notamment à la formation de mouvements tourbillonnaires autour des excroissances et à des phénomènes de cavitation, conduisent à un polissage défectueux dont le résultat est illustré sur la figure 3. Sur cette figure, la partie a montre une excroissance 25a avant polissage, dont la forme correspond très sensiblement à celle que l'on rencontre dans le cas des têtes magnétiques intégrées, comme on le verra mieux par la suite. Ce profil prend la forme 25b après un début de polissage (partie b) et, enfin, la forme 25c (partie c) en fin de polissage. On voit qu'on n'a pas obtenu le résultat recherché car le plan de vol a été atteint et des pics subsistent. En particulier, les matériaux tendres se trouvent plus creusés que les matériaux durs.

Une autre technique connue consiste à utiliser un film plastique microabrasif collé sur un plateau de référence. On voit ainsi, sur la figure 4, un plateau de référence 23 sur lequel un film microabrasif 27 a été collé au moyen de points de colle 28 (aérosols). La couche de colle présente une épaisseur d'environ 100µm. L'épaisseur de la feuille est d'environ 50 à 75µm. L'ensemble présente donc une épaisseur d'environ 150 à 175µm.

La figure 5 montre ce moyen abrasif avec une plaquette 10 et ses excroissances 25 à polir. On observe que la présence des excroissances et la relativement forte épaisseur de la couche de polissage entraînent un plissement de celle-ci, par compression locale de la feuille et écrasement des points de colle. Dans ce cas encore, le poli obtenu finalement n'est pas satisfaisant. Les figures 6 montrent schématiquement le profil d'un patin poli 29, avant polissage (figure 6a) et après polissage (figure 6b).

On connaît par ailleurs des machines de polissage qui utilisent un film microabrasif, non pas collé sur une surface de référence mais tendu au-dessus d'un plateau. De telles machines sont décrites dans les documents DE-U-8 717 353 et DOS 26 37 343. Ces machines comprennent une bobine débitrice et une bobine réceptrice entre lesquelles passe, dans un mouvement pas à pas, la bande microabrasive. Cette bande passe au-dessus d'une pièce en matière molle. La pièce à polir, qui est en l'occurrence un pied d'assiette, est tenue par une tête animée d'un mouvement de rotation, Un moyen pneumatique, disposé à la partie inférieure

de la machine, permet de plaquer la bande microabrasive sous le pied d'assiette, de sorte que celui-ci vient déformer le film abrasif et s'enfoncer dans la pièce molle. La tension de la bande est obtenue au moyen de pinces ou mors qui permettent simultanément de faire avancer la bande pas à pas.

Une telle machine ne convient pas au polissage des plaquettes semiconductrices pour de nombreuses raisons. Tout d'abord, l'enfoncement dans la matière molle est inadmissible pour les raisons déjà indiquées à savoir que les reliefs seraient arrondis et déformés. Il faut donc en fait travailler sur un plateau de référence parfaitement plan et travailler avec un film microabrasif très mince pour que l'on puisse bénéficier de la platitude du plateau de référence.

Par ailleurs, si le polissage des pieds d'assiettes autorise des grains d'abrasif gros, le polissage des plaquettes de semiconducteur nécessite des grains beaucoup plus fins. Mais avec de tels grains, il se produit un phénomène de collage de la plaquette sur le film abrasif, au point que la séparation de la plaquette en fin de polissage nécessite la formation d'un coin d'air pour permettre le décollage de la plaquette. Ce phénomène a tendance à provoquer des plissements de la bande microabrasive. Pour éviter ce risque, il faudrait tendre très fortement la bande microabrasive et ceci sur toute sa largeur. Or, ceci est impossible avec la machine du document DE-U-8 717 353 qui ne prévoit à cet effet, que des griffes (ou mors) pinçant la bande sur ses côtés. Avec de tels moyens, on obtiendrait une certaine tension sur les bords de la bande mais pas au centre et de plus les risques de déchirement de la bande seraient réels.

Par ailleurs, avec la machine antérieure, il est impossible de faire défiler de manière continue la bande abrasive maintenue sous tension. En effet, l'avance de la bande ne peut s'effectuer que pas à pas, puisque celle-ci est tendue par les griffes qui la pincent.

La nécessité d'utiliser des grains de polissage très fins et un film très tendu, qui provoque un collage de la plaquette, entraîne d'autres difficultés qui ne sont pas résolues par les machines décrites dans DE-U-8 717 353 et D-OS-26 37 343. En effet, dans de telles machines, la pièce à polir, en l'occurrence une assiette, est simplement maintenue dans un support par une dépression provoquée au-dessus de l'assiette. Une telle dépression, qui devrait être très forte pour maintenir la plaquette semiconductrice, casserait celle-ci.

Enfin, une tête à mouvement rotatif telle que celle des documents cités, ne conviendrait pas au polissage de plaquettes semiconductrices puisqu'alors le centre de la plaquette ne serait pas poli. Un mouvement rotatif simple ne peut convenir qu'à des pièces en anneau, comme le pied des assiet-

tes.

La présente invention a justement pour but de remédier à ces inconvénients. A cette fin, l'invention prévoit deux types de dispositions :

- la première, liée à l'utilisation d'une bande microabrasive tendue, prévoit tout d'abord que la bande est tendue au-dessus d'un plateau de référence offrant une surface plane rigide ; ensuite elle prévoit des moyens particuliers de tension de la bande entre la bobine débitrice et la bobine réceptrice et cela sans utilisation de griffes, mors ou pinces, ce qui permet de tendre le film sur toute sa largeur et de manière uniforme ; ceci permet en outre de faire défiler continuellement la bande pour la renouveler ;
- la seconde disposition est liée aux moyens pour supporter la plaquette ; ces moyens sont tels qu'un mouvement de translation circulaire est obtenu ; ce mouvement particulier impose à la bande abrasive des efforts dont la direction change en permanence (360° par tour) et qui s'exercent tantôt dans le sens longitudinal (soit dans le sens de déplacement, soit dans le sens contraire) tantôt dans le sens transversal ; ces efforts particuliers, qui auraient tendance à provoquer des plissements de la bande, requièrent que celle-ci soit parfaitement tendue, ce qui ramène au problème précédent ; la plaquette étant par nature déformable et déformée, il est prévu un disque de matière souple placé à l'arrière de la plaquette ; enfin, un système à rotule permet d'avoir un point de rotulage le plus près possible du plan de polissage, ce qui diminue l'apparition de couple parasite dans le mouvement de translation circulaire, qui serait particulièrement néfaste dans le cas de ces efforts intenses communiqués à la plaquette pour la déplacer.

Tous ces moyens concourent à la résolution des problèmes liés au polissage des plaquettes semiconductrices. On peut résumer ces problèmes ainsi : il s'agit, dans une machine de polissage à film abrasif tendu, de maintenir le film abrasif large (15 à 45 cm environ) très fin (25 à 50 microns) tendu sans plissement (à environ 10 à 50 kg environ, soit 4 à 5 kg au mm² de section de bande). A titre d'exemple, pour une largeur de 300 mm et une épaisseur de 25 µm, la tension sera de 35 kg sur un plan de référence aussi long que la largeur du film. La bande abrasive ainsi tendue doit pouvoir être mise en mouvement de manière continue et très lentement (0,2 à 20 cm par minute) de manière réglable et contrôlée, et sans-à-coups. Ces deux conditions de fonctionnement (tension et vitesse de défilement) ne doivent en aucun cas être perturbées par les efforts imposés à la bande

par l'échantillon à polir. Celui-ci, animé d'un mouvement de translation circulaire, doit être maintenu dans une tête support appropriée, apte à tenir compte de la déformation de l'échantillon et évitant les couples parasites.

Les feuilles microabrasives (ou "bandes" ou "films") utilisables dans l'invention peuvent être des feuilles du commerce, comme celles que commercialise la Société 3M. Le film dit "Film Imperial Lapping (ILF)" d'épaisseur 12 ou 25 ou 35 ou 50 ou 75µm peut convenir. Ce film est disponible en rouleau.

De façon précise, la présente invention a donc pour objet une machine de polissage qui, comme certaines machines connues, comprend :

- une bande microabrasive tendue au-dessus d'un plateau entre une bobine débitrice et une bobine réceptrice,
- une tête support apte à maintenir un échantillon à polir, face à polir en regard de la bande abrasive,
- une bobine débitrice équipée de moyens pour exercer sur elle un couple résistant et une bobine réceptrice commandée par un moteur,

caractérisée par le fait que :

- le plateau est un plateau offrant une face supérieure rigide et plane,
- la tête support d'échantillon comprend une pièce rigide et un disque de matière souple ayant une certaine épaisseur, ce disque étant fixé à ladite pièce rigide et recevant la plaquette à polir, la pièce rigide étant reliée par un roulement à rotule et un axe vertical à des moyens pour déplacer la tête support dans un mouvement de translation circulaire.

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux à la lumière de la description qui va suivre. Cette description porte sur des exemples de réalisation donnés à titre explicatif et nullement limitatif et se réfère à des dessins annexés, sur lesquels :

- la figure 1, déjà décrite, montre un exemple de pièce à polir correspondant à une tête magnétique d'écriture et de lecture,
- la figure 2, déjà décrite, illustre le principe connu du rodage avec film liquide chargé de grains abrasifs,
- la figure 3, déjà décrite, montre le profit d'un motif au cours d'un polissage effectué par le principe précédent,
- la figure 4, déjà décrite, illustre le principe connu du rodage par film plastique microabrasif collé sur un plateau de référence,
- la figure 5, déjà décrite, montre la déformation subie lors d'un polissage par une feuille microabrasive collée,

- la figure 6, déjà décrite, montre le profil d'un patin poli par la technique des figures 4 et 5,
- la figure 7 montre la disposition générale de la machine de l'invention avec une feuille microabrasive tendue et un support de plaquette à translation circulaire,
- les figures 8a et 8b (respectivement vue de dessus et vue de côté) montrent une machine de polissage conforme à l'invention,
- la figure 9 montre trois positions (a, b, c) de la tête support et illustre la répartition de la force exercée,
- la figure 10 est une courbe montrant les variations de l'enfoncement de la plaquette dans le disque souple en fonction de la force exercée sur la tête support,
- la figure 11 montre, en coupe, un exemple de réalisation de la tête support,
- la figure 12 montre un détail d'un anneau périphérique,
- la figure 13 illustre un mode de réalisation de l'anneau périphérique,
- la figure 14 montre un sous-ensemble intermédiaire dans la réalisation d'une tête magnétique d'écriture et de lecture,
- la figure 15 montre le profil de ce sous-ensemble avant et après polissage,
- la figure 16 montre la tête magnétique terminée,
- la figure 17 montre le profil de cette tête avant et après polissage.

La machine représentée sur la figure 7 comprend schématiquement :

- un plateau de polissage fixe 30,
- une tête support d'échantillon 32, comprenant une pièce rigide 140 et un disque de matière souple 142 ayant une certaine épaisseur (e). Le diamètre du disque souple est sensiblement le diamètre maximum englobant la zone de la plaquette couverte par les excroissances à polir. Le disque 142 est fixé sur la pièce rigide 140 et reçoit la plaquette à polir 44. Celle-ci se trouve ainsi enfoncée partiellement dans l'épaisseur du disque 142 en cours de polissage par l'effet de la force exercée sur la tête support ; la matière souple du disque 142 peut être un élastomère,
- des moyens 34 pour exercer une force F sur la tête support 32 afin d'appliquer l'échantillon à polir 44 sur le plateau de polissage 30 et pour déplacer la tête par rapport au plateau, ce moyen pouvant comprendre un excentrique 37.

Le moyen de polissage comprend une feuille ou bande microabrasive 33 tendue et plaquée sur un plateau de référence 30. La feuille 33 est tendue par des moyens 35, 35' disposés de part et d'autre du plateau 30.

Les figures 8a et 8b illustrent un mode particulier de réalisation des moyens 35, 35' aptes à tendre convenablement la feuille abrasive et à permettre le lent défilement de celle-ci au-dessus du plateau. Sur ces figures, la machine est représentée en vue de dessus sur la partie a et en vue de côté sur la partie b.

Par souci de simplification, la machine représentée ne comprend pas de support de plaquettes à polir, ni d'excentrique, ni de broche rotative, etc. Les figures 8a et 8b s'en tiennent au plateau de référence et aux divers moyens pour tendre sur ce plateau la bande microabrasive et la faire défiler.

Telle que représentée, la machine comprend une première bobine 40 et une seconde bobine 50 disposées de part et d'autre du plateau de référence 30. Sur ces bobines est enroulée une bande microabrasive 33, laquelle se trouve ainsi tendue entre les deux bobines.

La première bobine 40 est une bobine débitrice équipée de moyens pour exercer un couple résistant ; la seconde bobine 50 est une bobine réceptrice commandée par un moteur. La bande microabrasive 33 peut ainsi passer de la première bobine 40 à la seconde 50, en défilant au-dessus du plateau de référence 30, ce qui permet le renouvellement de la surface abrasive.

Les deux bobines 40, 50 sont disposées sous la face supérieure du plateau de référence 30, deux tambours 41, 51 étant disposés entre les bobines et le plateau de référence 30. La bande microabrasive 33 passe sur ces tambours 41, 51 à la sortie de la bobine débitrice 40 et à l'entrée dans la bobine réceptrice 50. Ces tambours sont de préférence disposés un peu en dessous de la face supérieure du plateau 30 de sorte que la bande microabrasive 33 fait un léger angle θ avec l'horizontale à son entrée et sa sortie du plateau, ce qui améliore son contact avec celui-ci.

Dans la variante illustrée, la bobine débitrice 40 est reliée à un bâti 60 par deux paliers à rotules 41, 42 et deux glissières 43, 44 dont les extrémités viennent en appui sur deux capteurs de pression 45, 46 liés au bâti par deux butées réglables 47, 48. Le réglage des butées permet d'équilibrer la tension de la bande sur toute sa largeur.

Les moyens pour exercer sur la bobine débitrice 40 un couple résistant peuvent être constitués, dans une première variante, par un moteur annulaire 62 monté directement sur l'un des paliers 41 ou 42, en bout de glissière 43. Des moyens 64 de commande de ce moteur sont également prévus. Dans une seconde variante, ces moyens sont constitués par un moteur 66 séparé de la bobine débitrice 40 et par une courroie de transmission 68 entre ce moteur 66 et la bobine débitrice 40. Le brin tendu 68a de la courroie 68 est dans un plan perpendiculaire aux glissières 43, 44. Des moyens

64 de commande de ce moteur sont également prévus.

Par ailleurs, les deux capteurs de pression 45, 46, disposés aux extrémités des deux glissières 43, 44, sont reliés aux moyens de commande 64 des moteurs 62 ou 66 exerçant un couple résistant sur la bobine débitrice 40.

De son côté, la bobine réceptrice 50 est commandée en rotation par un motoréducteur 70. Cette bobine peut être reliée au motoréducteur 70 par un moyen 72 d'interruption de la transmission, tel qu'un accouplement mécanique ou un embrayage électro-magnétique.

On va décrire maintenant plus en détail la structure et les fonctions de la tête support d'échantillon qui coopère avec la bande microabrasive tendue pour permettre un polissage dans les conditions exposées plus haut.

Comme représenté sur la figure 7, la tête porte-échantillon comprend un disque souple 142 dont le rôle est illustré sur la figure 9.

Sur cette figure, on voit, sur la partie a, la tête support déagée de la plaquette à polir 144, laquelle a été représentée avec une déformation très exagérée pour bien montrer les fonctions qui vont être remplies par le disque souple 142. Les reliefs à polir sont référencés 143.

La force F appliquée verticalement sur la pièce rigide 140 a pour effet de plaquer l'ensemble sur le plan de polissage 130, les motifs en relief 143 venant prendre appui sur ce plan (partie b). Cependant, du fait de la déformation initiale de la plaquette, la force d'appui de ces reliefs sur le plan de polissage 130 est inégalement répartie : on a ainsi des forces F1, en périphérie, relativement grandes et des forces F2, au centre, relativement faibles dans l'exemple illustré.

L'application d'une force plus grande sur la partie rigide 140 a pour effet de faire pénétrer la plaquette 144 dans le disque souple 142 (partie c). L'enfoncement épouse la déformation initiale de la plaquette et permet de compenser celle-ci. La force F3 exercée par chaque relief sur le plan de polissage est alors sensiblement la même sur toute la surface du plan de polissage.

Dans ces conditions, on comprend que l'effort exercé sur la plaquette remplit deux fonctions :

- amener la face principale de la plaquette à épouser la géométrie du plan de référence, quelle que soit la déformation initiale et les défauts d'épaisseur de la plaquette,
- obtenir sur chaque excroissance une pression suffisante pour que l'enlèvement de matière soit effectif et optimum pour une vitesse de déplacement donnée.

Une fois la plaquette appliquée sur le film microabrasif, on déplace le support par rapport au plan de rodage, selon une translation circulaire

(rotation du centre de la plaque autour d'un point situé dans le plan de rodage, la plaquette gardant toujours la même orientation). Ainsi, chaque excroissance a une même vitesse linéaire, quelle que soit sa position sur la plaque.

Dans la configuration décrite précédemment, chaque excroissance reçoit une charge proportionnelle à sa hauteur. Puis, après nivelage partiel, toutes les excroissances reçoivent une charge identique. On peut alors considérer que le contact est correct au niveau de chaque dépassement. Par contre, lorsque la hauteur des dépassements diminue, la distance séparant le plan principal de la plaquette et le plan de rodage diminue ; comme le contact entre deux plans n'est jamais parfait, les phénomènes dus à la viscosité de l'air apparaissent et ont tendance à provoquer un décollement partiel de la plaque. Aussi doit-on diminuer la vitesse de déplacement et/ou augmenter la pression exercée sur le support de la plaquette.

L'enlèvement de matière selon l'invention exclut l'usage de tout liquide de refroidissement ou de drainage de particules. Le travail s'effectue donc "à sec". Si nécessaire, on peut faire le vide dans la zone de travail ou remplacer l'air par un gaz léger comme l'hélium.

La détermination des caractéristiques du disque souple à employer selon l'invention passe d'abord par celle de l'effort Po minimum à exercer sur la plaquette pour amener la géométrie de la face avant à épouser le plan de référence.

Dans le cas d'une déformation homogène de la plaquette en forme de calotte sphérique, il s'agit de faire fléchir la plaquette de telle sorte que la contrainte issue de la force annule la flèche "f".

Les lois de la résistance des matériaux donnent pour Po :

$$Po = (3\pi E e^3 f) / 5 r^2$$

où :

- E est le module d'élasticité (ou module de YOUNG) du matériau constituant la plaquette,
- Po est une charge ponctuelle appliquée au centre de la plaquette (sommet du bombé), la plaquette étant en appui sur sa circonférence,
- e est l'épaisseur moyenne de la plaquette,
- r est le rayon de la plaquette.

Cette charge Po appliquée à la plaquette sera répartie de façon totalement hétérogène. En effet, cette charge sera concentrée au milieu, les bords de la plaquette venant à peine au contact du plan de référence sans transmission d'efforts.

Dans le cas de déformations complexes, une bonne approximation consiste à prendre en compte le relief le plus difficile à amener au contact du plan de référence, en utilisant la formule précédente. Cette détermination revient à comparer les rap-

ports f/r^2 dans une zone de rayon "r" affectée par cette flèche. Une fois le rapport maximum déterminé, on ramène l'effort nécessaire pour récupérer cette déformation à l'ensemble de la surface du disque souple.

Il s'agit ensuite de déterminer l'écart de répartition d'effort admissible. C'est un compromis entre l'homogénéité maximum et la valeur maximum de pression admissible par l'abrasif, pour des reliefs donnés (risque de détérioration de la surface abrasive ou des reliefs). On considère en général que 5 à 10% d'écart sont acceptables. On prendra comme effort maximum une valeur P1 égale à 10 à 20 fois la valeur Po calculée comme indiqué plus haut.

Enfin seulement, on peut déterminer les caractéristiques du disque. La courbe de la figure 10 montre l'enfoncement (en ordonnées) en fonction de la pression (en abscisses), la charge étant supposée répartie sur une surface unitaire.

La droite A ne tient pas compte de l'épaisseur finie du disque (autrement dit elle suppose une épaisseur infinie). La courbe B tient compte de cette épaisseur. Une épaisseur finie conduit à un "talonnement" du matériau constituant le disque (en général un élastomère).

La charge P1 donne la valeur de la pression sur la surface unitaire choisie pour tracer la courbe. On reporte cette valeur sur la courbe pour obtenir la flèche correspondante soit "f1".

L'enfoncement du matériau souple est variable selon l'épaisseur de la plaquette. La charge P1 conduit à une pression locale proportionnelle à l'épaisseur de la plaque en un point donné.

On reporte sur l'axe des ordonnées la valeur de l'écart maximum sur l'épaisseur des plaques, Δe en le centrant sur f1. On obtient ainsi la variation $\Delta P1$ maximum due à l'écart Δe autour de P1.

On vérifie alors que P1 reste compatible avec les 5 à 10% d'homogénéité choisis.

Si cette valeur est dépassée, on peut :

- augmenter l'épaisseur du disque souple, si on se trouve proche de la zone horizontale de la courbe,
- augmenter sa souplesse et donc rechercher une nouvelle courbe, si l'on se trouve déjà loin du talonnement.

On peut observer qu'il n'est pas souhaitable de travailler dans le bas de la courbe, le contact entre disque souple et plaque n'étant pas garanti en tous points.

Les variations d'enfoncement du disque souple peuvent avoir d'autres origines :

- épaisseur variable du disque souple ;
- mauvaise planéité du support sur lequel est collé le disque ;
- mauvais collage du disque sur son support.

Ces écarts doivent être maintenus dans la limite des 5 à 10% déjà pris en compte.

Les mécanismes évoqués plus haut à propos de la détermination de la pression minimum et du support souple, interviennent dans le rôle régulateur du disque souple. En effet, si les excroissances à niveler présentent des hauteurs variables, ce sont les plus hautes qui, dans un premier temps, recevront la plus grande partie de l'effort P1. La plaque subira dans cette zone une flèche qui sera compensée au niveau de la matière souple, par un enfoncement supplémentaire, ce qui se traduira par une augmentation de la pression dans cette zone. Le point sera donc rodé plus rapidement que les autres.

Différents modes de réalisation du support de plaquettes vont maintenant être décrits en liaison avec les figures 11 à 13.

Le support représenté sur la figure 11, tout d'abord, comprend un corps rigide en deux parties 150-152 sur lequel le disque souple 142 vient prendre appui, et un dispositif 158 permettant trois rotations selon trois axes perpendiculaires, deux de ces rotations, utilisées pour positionner et orienter correctement la plaquette 44 sur le plan de référence, pouvant être partielles (ou d'amplitude limitée), la troisième étant complète suivant un axe perpendiculaire au plan de référence. Le dispositif 158 permet la liaison avec un axe vertical 160. Ce dispositif est de préférence un roulement à rotule ou un roulement à aiguilles associé à une rotule. Le corps rigide 150 est entouré d'un anneau périphérique 162 dans lequel un décrochement 163 a été usiné. La hauteur du décrochement 163 est inférieure à l'épaisseur de la plaquette et son diamètre est légèrement supérieur à celui de la plaquette. La plaquette 44 vient prendre appui dans ce décrochement 163. La pièce en anneau 162 est reliée au corps rigide 150 par des colonnettes 164 et des ressorts 166.

L'effort vertical appliqué sur l'axe 160 ne passe pas par l'anneau périphérique 162 mais par la rotule 158, le corps rigide 150 et le disque 142. L'anneau 162 ne sert qu'à entraîner la plaquette 44 dans le mouvement de translation circulaire nécessaire au polissage, mouvement produit par la force horizontale d'entraînement du support (produit par exemple par l'excentrique 37 de la figure 7).

Le corps rigide 150-152 est percé d'un canal 170 relié par une tubulure 172 à une machine à vide non représentée. Cette disposition permet de maintenir en place la plaquette 44 pendant les phases où le support n'est pas plaqué sur le plan de polissage.

La figure 12 montre un détail de l'anneau périphérique 162, avec son décrochement 163 recevant la plaquette 44. Dans la variante illustrée, c'est l'anneau 162, auquel on ajoute une rainure circulaire 161, qui est percé d'un canal 174 relié par une tubulure 176 très souple à une machine à vide non

représentée. Cette variante correspond à des polissages nécessitant des efforts de couple plus importants que dans le cas de la figure 11.

Dans la variante illustrée sur la figure 13, l'anneau périphérique est constitué par un anneau mince 180 taillé par exemple dans une feuille d'acier, cet anneau mince étant rigide dans son plan mais souple dans la direction perpendiculaire. Cet anneau mince 180 est enrobé dans une matière très souple 182, par exemple en silicone. Une telle pièce annulaire est suffisamment rigide dans le plan horizontal pour transmettre les efforts de coupe, tout en étant suffisamment souple verticalement pour épouser les défauts de la plaquette.

Avec la machine de polissage qui vient d'être décrite, le Demandeur a obtenu des résultats remarquables illustrés sur les figures 14 à 17.

La figure 14 montre, en coupe, un sous-ensemble correspondant à une tête magnétique d'écriture et de lecture en structure horizontale, du genre de celle qui a été déjà évoquée à propos de la figure 1. Le sous-ensemble de la figure 14 comprend essentiellement un substrat en silicium 100, deux bords de caisson 102 en silice, deux plots verticaux 104 en fer-nickel. Il s'agit de polir ce sous-ensemble selon un plan 106 avant de poursuivre les opérations de formation de la pièce polaire supérieure.

Avant polissage, le profil du sous-ensemble est représenté sur la partie a de la figure 15. En abscisses, la totalité de l'intervalle relevé mesure 1,2 mm (les unités indiquées sont donc en micromètres). En ordonnées, les unités sont en centaines de nanomètres. On voit nettement, sur ce relevé, les deux bords du caisson et, au centre, les deux plots verticaux en fer-nickel.

Après polissage, le profil présente la forme de la partie b de la figure 15. La totalité de l'intervalle relevé mesure 4 mm (ce qui signifie que le relevé porte sur la totalité du "ski" portant la tête). En ordonnées, l'échelle est en dizaines de nanomètres. Le dépassement résiduel dans la courbure naturelle du "ski" est inférieur ou égal à 30 nm (cette courbure étant une fraction de la déformation du substrat).

La figure 16 montre la tête après les opérations de formation de l'espaceur amagnétique 110 et des pièces polaires supérieures 112 en fer-nickel. Des reliefs 114 apparaissent au centre de la tête. Le plan final de polissage est référencé 116.

Sur la partie a de la figure 17, on voit le profil de ce sous-ensemble avant rodage. Les unités sont les mêmes que pour la figure 15a : 1,2 mm pour la totalité de l'axe des abscisses et centaines de nanomètres en ordonnées. Les trois pics correspondants aux trois reliefs des pièces polaires sont bien visibles.

La partie b de la figure 17 montre le relevé après polissage. En abscisses, les unités sont encore en micromètres et en ordonnées, en dizaines de nanomètres. Aucun dépassement résiduel n'est détecté, on ne mesure que la courbure naturelle du patin (cette courbure étant une fraction de la déformation du substrat).

Revendications

1. Machine de polissage comprenant :
 - une bande microabrasive (33) tendue au-dessus d'un plateau entre une bobine débitrice (40) et une bobine réceptrice,
 - une tête support apte à maintenir un échantillon à polir (44), face à polir en regard de la bande abrasive,
 - une bobine débitrice (40) équipée de moyens (62, 66) pour exercer sur elle un couple résistant et une bobine réceptrice (50) commandée par un moteur, caractérisée par le fait que :
 - le plateau est un plateau offrant une face supérieure rigide et plane,
 - la tête support d'échantillon (32) comprend une pièce rigide (40) et un disque de matière souple (42) ayant une certaine épaisseur, ce disque étant fixé à ladite pièce rigide (40) et recevant la plaquette à polir (44), la pièce rigide (40) étant reliée par un roulement à rotule (58) et un axe vertical (60) à des moyens (34) pour déplacer la tête support (32) dans un mouvement de translation circulaire.
2. Machine selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la bobine débitrice (40) est reliée à un bâti (60) par deux paliers à rotules (41, 42) et deux glissières (43, 44) dont les extrémités viennent en appui sur deux capteurs de pression (45, 46) liés au bâti par deux butées réglables (47, 48), le réglage des butées permettant d'équilibrer la tension de la bande sur toute sa largeur.
3. Machine selon la revendication 2, caractérisée par le fait que les moyens pour exercer sur la bobine débitrice (40) un couple résistant sont constitués par un moteur annulaire (62) monté directement sur un des paliers à rotule (41, 42), en bout de glissière (43), et par des moyens (64) de commande de ce moteur.
4. Machine selon la revendication 2, caractérisée par le fait que les moyens pour exercer sur la bobine débitrice (40) un couple résistant sont constitués par un moteur (66) séparé de la

bobine débitrice (40) et par une courroie de transmission (68) entre ce moteur (66) et la bobine débitrice (40), cette courroie ayant un brin tendu (68a) dans un plan perpendiculaire aux glissières (43, 44) et par des moyens (64) de commande de ce moteur.

5. Machine selon les revendications 3 ou 4, caractérisée par le fait que les deux capteurs de pression (45, 46) disposés aux extrémités des deux glissières (43, 44) sont reliés aux moyens de commande (64) du moteur (62, 66) exerçant un couple résistant sur la bobine débitrice (40). 5
6. Machine selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la bobine réceptrice (50) est commandée en rotation par un motoréducteur (70). 10
7. Machine selon la revendication 6, caractérisée par le fait que la bobine réceptrice (50) est reliée au motoréducteur (70) par un moyen d'interruption (72) de la transmission, tel qu'un accouplement mécanique ou un embrayage électro-magnétique. 15
8. Machine selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la bobine débitrice (40) et la bobine réceptrice (50) sont disposées sous la face supérieure du plateau de référence (30), deux tambours (41, 51) étant disposés entre les bobines et le plateau de référence (30), la bande microabrasive (33) passant sur ces tambours (41, 51) à sa sortie de la bobine débitrice (40) et à son entrée sur la bobine réceptrice (50). 20
9. Machine selon la revendication 8, caractérisée par le fait que les deux tambours (41, 51) sont disposés sous la face supérieure du plateau de référence (30), la bande microabrasive (33) faisant à son entrée sur le plateau et à sa sortie du plateau un angle (θ) par rapport à l'horizontale. 25
10. Machine selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la pièce rigide (150-152) de la tête support est entourée d'un anneau périphérique (162) présentant une gorge (163) d'un diamètre légèrement supérieur au diamètre de la plaquette (44) et de hauteur légèrement inférieure à l'épaisseur de la plaquette, celle-ci (44) venant alors en appui dans la gorge (163), cet anneau (162) étant relié à la pièce rigide (150) du support de plaquette par des moyens (164) aptes à transmettre à l'anneau (162), donc à la plaquette (44), les efforts liés au

déplacement transversal de la tête support par rapport au film microabrasif, la pression exercée sur la tête support étant transmise à la plaquette par la pièce rigide (150-152) et le disque de matière souple (142). 5

11. Machine selon la revendication 10, caractérisée par le fait que l'anneau périphérique (162) est constitué d'un mince anneau plan (180), rigide dans son plan mais souple perpendiculairement à ce plan, et d'une manière souple (182) moulée autour dudit mince anneau (180). 10
12. Machine selon la revendication 1, caractérisée par le fait que la pièce rigide (150) de la tête support est percée d'un canal (170) traversant également le disque en matière souple (142), ce canal (170) étant relié par une tubulure (172) à une machine à vide. 15
13. Machine selon la revendication 10, caractérisée par le fait que l'anneau périphérique (162) est percé d'un canal (174) débouchant dans la gorge (163) où prend appui la plaquette (44), ce canal (174) étant relié par une tubulure souple (176) à une machine à vide. 20

Claims

1. Polishing machine comprising:
- a taut microabrasive strip (33) above a disk between a delivery roll and a receiving roll,
 - a support head able to keep a sample (44) to be polished with the face to be polished facing the abrasive strip,
 - a delivery roll (40) equipped with means (62, 66) for exerting thereon a resistant torque and a receiving roll (50) controlled by a motor,
- characterized in that:
- the disk offers a rigid, planar upper face,
 - the sample support head (32) comprises a rigid part (40) and a disk (42) made from a flexible material and having a certain thickness, said disk being fixed to said rigid part (40) and receives the wafer (44) to be polished, the rigid part (40) being connected by a self-aligning bearing (58) and a vertical shaft (60) to means (34) for displacing the support head (32) in a circular translatory movement. 30
2. Machine according to claim 1, characterized in that the delivery roll (40) is connected to a frame (60) by two swivel bearings (41, 42) and two slides (43, 44), whose ends bear on two

- pressure transducers (45, 46) connected to the frame by two regulatable abutments (47, 48), the regulation of the abutments making it possible to balance the tension of the strip over its entire width. 5
3. Machine according to claim 2, characterized in that the means for exerting a resistant torque on the delivery roll (40) are constituted by an annular motor (62) directly mounted on one of the swivel bearings (41, 42), at the end of the slide (43), and by motor control means (64). 10
4. Machine according to claim 2, characterized in that the means for exerting a resistant torque on the delivery roll (40) are constituted by a motor (66) separate from said roll (40) and by a transmission bell (68) between the said motor (66) and the delivery roll (40), said bell having a taut side (68a) in a plane perpendicular to the slides (43, 44) and by motor control means (64). 15 20
5. Machine according to claims 3 or 4, characterized in that the two pressure transducers (45, 46) located at the ends of the two slides (43, 44) are connected to the control means (64) of the motor (62, 66) exerting a resistant torque on the delivery roll (40). 25
6. Machine according to claim 1, characterized in that the receiving roll (50) is control led in rotation by a geared motor (70). 30
7. Machine according to claim 6, characterized in that the receiving roll (50) is connected to the geared motor (70) by a transmission interruption means (72), such as a mechanical coupling or an electromagnetic clutch. 35
8. Machine according to claim 1, characterized in that the delivery roll (40) and the receiving roll (50) are positioned below the upper face of the reference disk (30), two drums (41, 51) being plated between the rolls and the reference disk (30), the microabrasive strips (33) passing on said drums (41, 51) on leaving the delivery roll (40) and on entering the receiving roll (50). 40 45
9. Machine according to claim 8, characterized in that the two drums (41, 51) are placed below the upper face of the reference disk (30), the microabrasive strip (33) on entering and leaving the disk forming an angle (θ) relative to the horizontal. 50 55
10. Machine according to claim 1, characterized in that the rigid part (150-152) of the support head is surrounded by a peripheral ring (162) having a groove (163) with a diameter slightly exceeding the diameter of the wafer (44) and whose height is slightly less than the thickness of the wafer (44), which then bears in the groove (163), said ring (162) being connected to the rigid part (150) of the wafer support by means (164) able to transmit to the ring (162) and therefore to the wafer (44), forces linked with the transverse displacement of the support head relative to the microabrasive film, the pressure exerted on the support head being transmitted to the wafer by the rigid part (150-152) and the flexible material disk (142).
11. Machine according to claim 10, characterized in that the peripheral ring (162) is constituted by a planar thin ring (180), which is rigid in its plane, but flexible perpendicular to said plane and is flexibly moulded (182) around said thin ring (180).
12. Machine according to claim 1, characterized in that the rigid part (150) of the support head is perforated by a channel (170) also traversing the flexible material disk (142), said channel (170) being connected by a tube (172) to a vacuumizing machine.
13. Machine according to claim 10, characterized in that the peripheral ring (162) is perforated by a channel (174) issuing into the groove (163) where the wafer (44) bears, said channel (174) being connected to a vacuumizing machine by a flexible tube (176).

Patentansprüche

1. Poliermaschine, umfassend:

- ein Feinschleifband (33), gespannt über einer Platte zwischen einer Abwickelspule (40) und einer Aufwickelspule,
- einen Trägerkopf, geeignet zum Festhalten eines zu polierenden Musters (44), wobei die zu polierende Fläche dem Feinschleifband gegenübersteht,
- eine Abwickelspule (40), ausgestattet mit Einrichtungen (62, 66), um auf sie ein Widerstandsmoment auszuüben, und eine Aufwickelspule (50), angetrieben durch einen Motor,

dadurch gekennzeichnet:

- daß die Platte eine Platte mit einer steifen und planen Oberseite ist,
- daß der Musterträgerkopf (32) ein steifes Teil (140) und eine Scheibe aus elastischem Material (142) mit einer gewissen Dicke umfaßt, wobei diese Scheibe an

- besagtem steifen Teil (140) befestigt ist und das zu polierende Plättchen (44) aufnimmt, das steife Teil (140) durch ein Pendelrollenlager bzw. Kugelgelenklager (58) und eine Vertikalachse (60) verbunden ist mit Einrichtungen (34), um den Trägerkopf (32) in eine kreisende Translationsbewegung zu versetzen.
2. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abwickelspule (40) mit einem Gestell (60) verbunden ist durch zwei Pendellager (41, 42) und zwei Gleitführungen (43, 44), deren Enden sich abstützen auf zwei Druckmeßwertgeber (45, 46), mit dem Gestell verbunden durch zwei verstellbare Anschläge (47, 48), wobei die Einstellung der Anschläge ermöglicht, die Spannung des Bandes über seine gesamte Breite auszugleichen.
 3. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Ausüben eines Widerstandsmoments auf die Abwickelspule (40) gebildet werden durch einen ringförmigen Motor (62), der direkt auf eines der Pendellager (41, 42) montiert ist, am Gleitführungsende (43), und durch Steuereinrichtungen (64) dieses Motors.
 4. Maschine nach Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet, daß die Einrichtungen zum Ausüben eines Widerstandsmoments auf die Abwickelspule (40) gebildet werden durch einen von der Abwickelspule getrennten Motor (66) und durch einen Übertragungsriemen (68) zwischen diesem Motor (66) und der Abwickelspule (40), wobei dieser Riemen ein in einer zu den Gleitführungen (43,44) senkrechten Ebene gespanntes Trum (68a) hat, und durch Steuereinrichtungen (64) dieses Motors.
 5. Maschine nach den Ansprüchen 3 oder 4, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden an den Enden der beiden Gleitführungen (43, 44) angeordneten Druckmeßwertgeber (45, 46) verbunden sind mit den Steuereinrichtungen (64) des ein Widerstandsmoment auf die Abwickelspule (40) ausübenden Motors (62, 66).
 6. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufwickelspule (50) angetrieben wird durch einen Getriebemotor (70).
 7. Maschine nach Anspruch 6, dadurch gekennzeichnet, daß die Aufwickelspule (50) mit dem Getriebemotor (70) durch eine Übertragung-Unterbrechungseinrichtung (72) wie z.B. eine mechanische Kupplung oder eine elektromagne-
- tische Kupplung verbunden ist.
8. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß die Abwickelspule (40) und die Aufwickelspule (50) unterhalb der Oberseite der Bezugsplatte (30) angeordnet sind, wobei zwei Trommeln (51, 53) zwischen den Spulen und der Bezugsplatte (30) angeordnet sind und das Feinschleifband (33) nach seinem Abwickeln von der Abwickelspule (40) und vor seinem Aufwickeln auf die Aufwickelspule (50) über diese Trommeln (51, 53) läuft.
 9. Maschine nach Anspruch 8, dadurch gekennzeichnet, daß die beiden Trommeln (51, 53) unterhalb der Oberseite der Bezugsplatte (30) angeordnet sind und das Feinschleifband (33) bei seinem Eintreffen auf der Platte und beim Verlassen der Platte in bezug auf die Horizontale einen Winkel (θ) bildet.
 10. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der steife Teil (150-152) des Trägerkopfes von einem peripheren Ring (162) umgeben ist, der eine Vertiefung (163) aufweist, die einen etwas größeren Durchmesser als das Plättchen (44) hat und eine Höhe, die etwas kleiner ist als die Dicke des Plättchens, wobei dieses (44) in der Vertiefung (163) sitzt, dieser Ring (162) verbunden ist mit dem steifen Teil (150) des Plättchenhalters durch Einrichtungen (164), imstande auf den Ring (162) und folglich auf das Plättchen (44) die Kräfte zu übertragen, die verbunden sind mit der Querverschiebung des Trägerkopfes in bezug auf den Feinschleiffilm, und der auf den Trägerkopf ausgeübte Druck durch den steifen Teil (150-152) und die Scheibe aus elastischem Material (142) auf das Plättchen übertragen wird.
 11. Maschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der periphere Ring (162) gebildet wird durch einen dünnen flachen Ring (180), steif in seiner Ebene aber biegsam senkrecht zu dieser Ebene, und aus einem elastischen Material (182), um den dünnen Ring (180) herum gegossen.
 12. Maschine nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet, daß der steife Teil (150) des Trägerkopfes durchbohrt ist von einem Kanal (170), der ebenfalls die Scheibe aus elastischem Material (142) durchquert, wobei dieser Kanal (170) über einen Schlauch (172) mit einer Vakuumeinrichtung verbunden ist.

13. Maschine nach Anspruch 10, dadurch gekennzeichnet, daß der periphere Ring (162) durchbohrt ist von einem Kanal (174), der in der Vertiefung (163) mündet, in der das Plättchen (44) sitzt, wobei dieser Kanal (174) über einen biegsamen Schlauch (176) verbunden ist mit einer Vakuumeinrichtung.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

FIG. 1

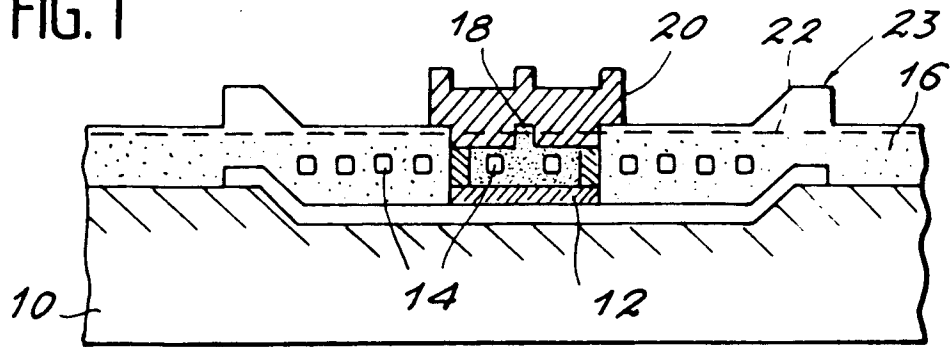


FIG. 7

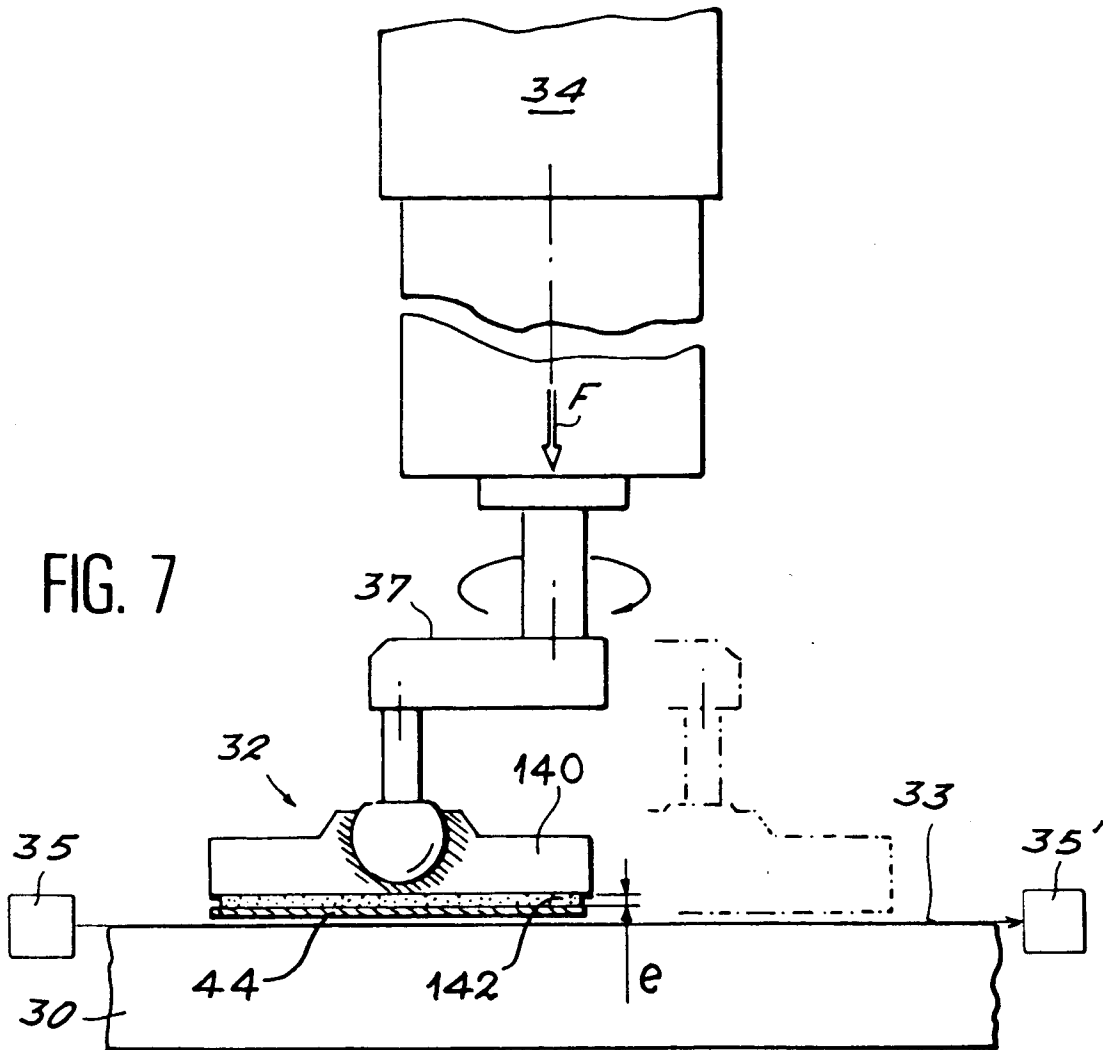


FIG. 2

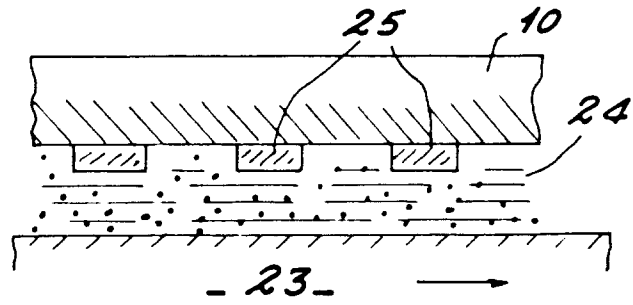


FIG. 3

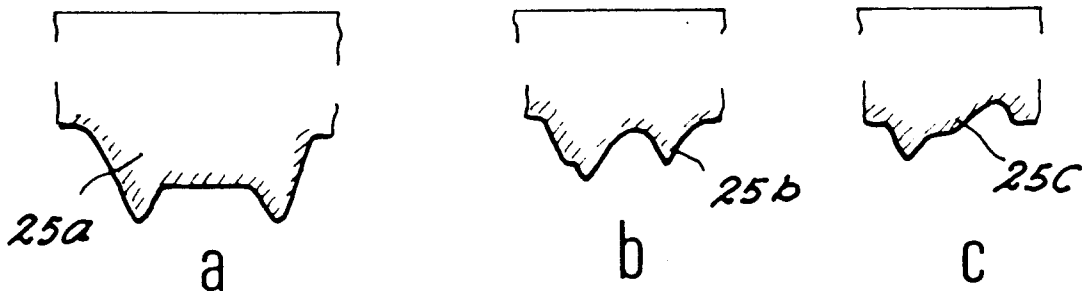


FIG. 4

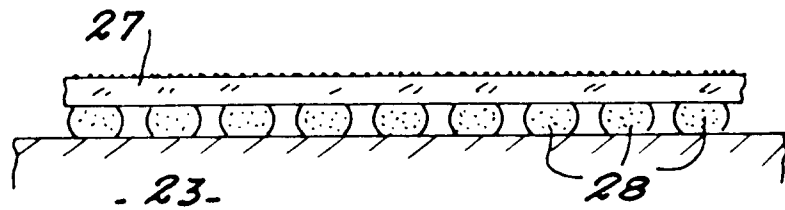


FIG. 5

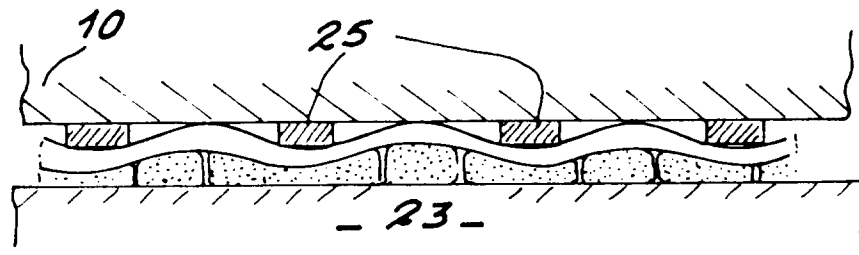
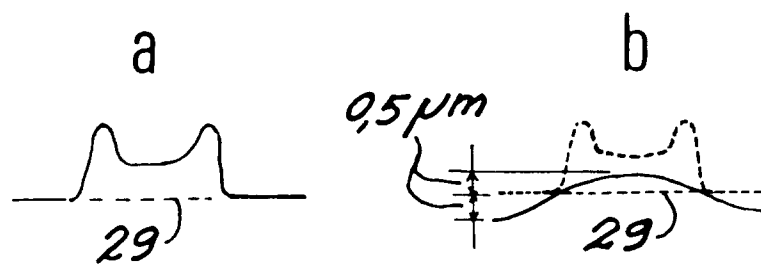


FIG. 6



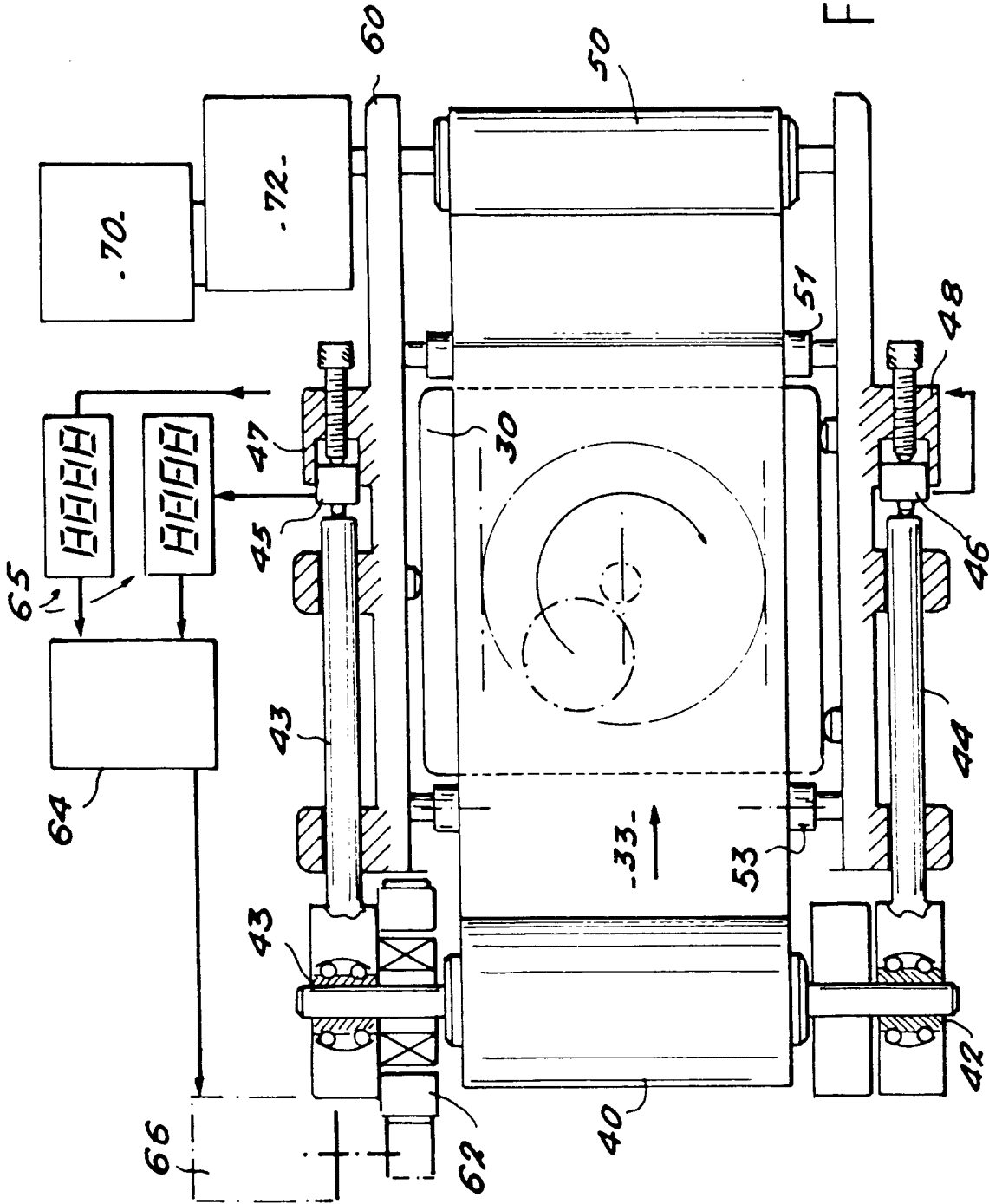


FIG. 8 a

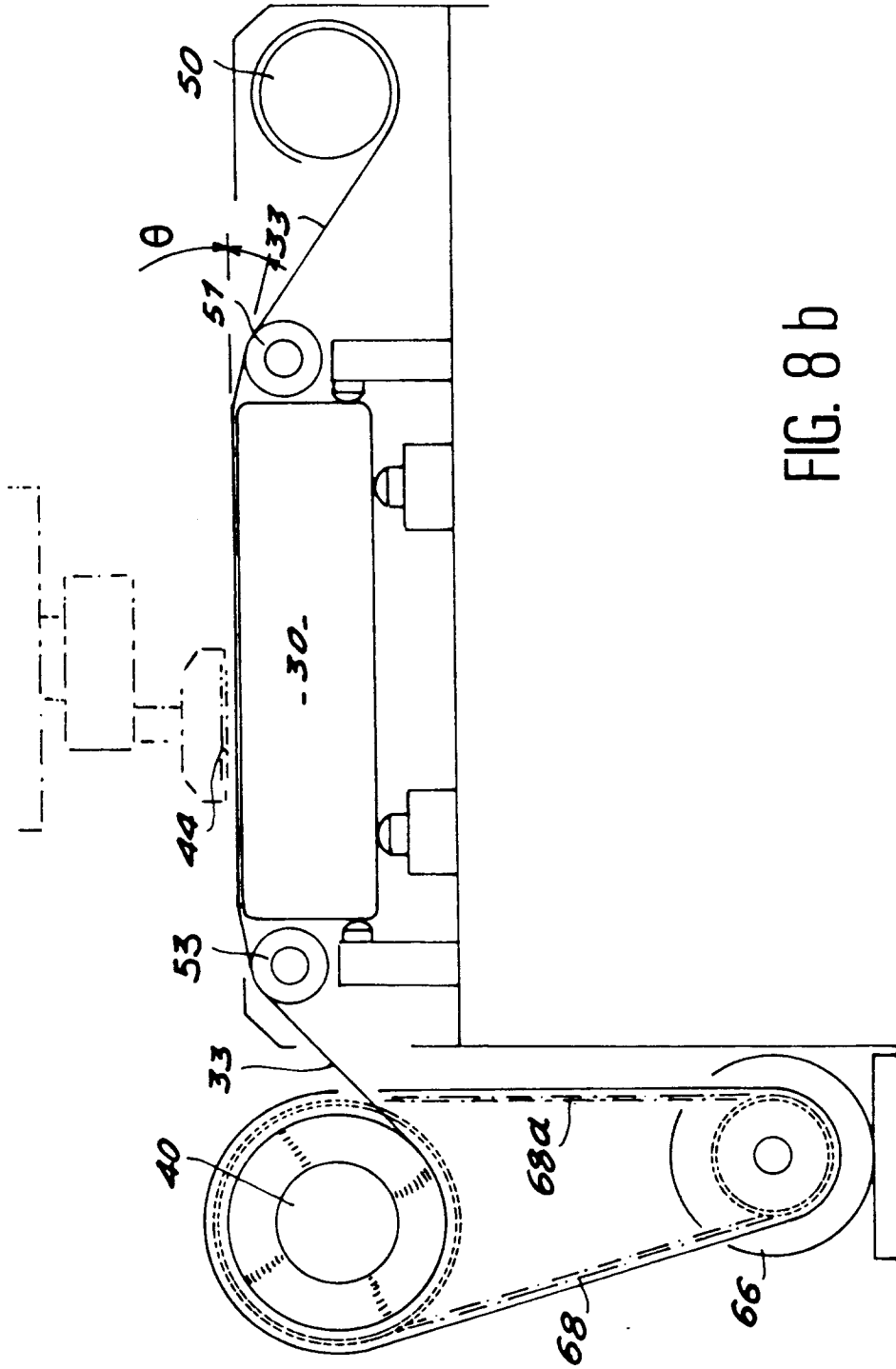


FIG. 8 b

FIG. 9

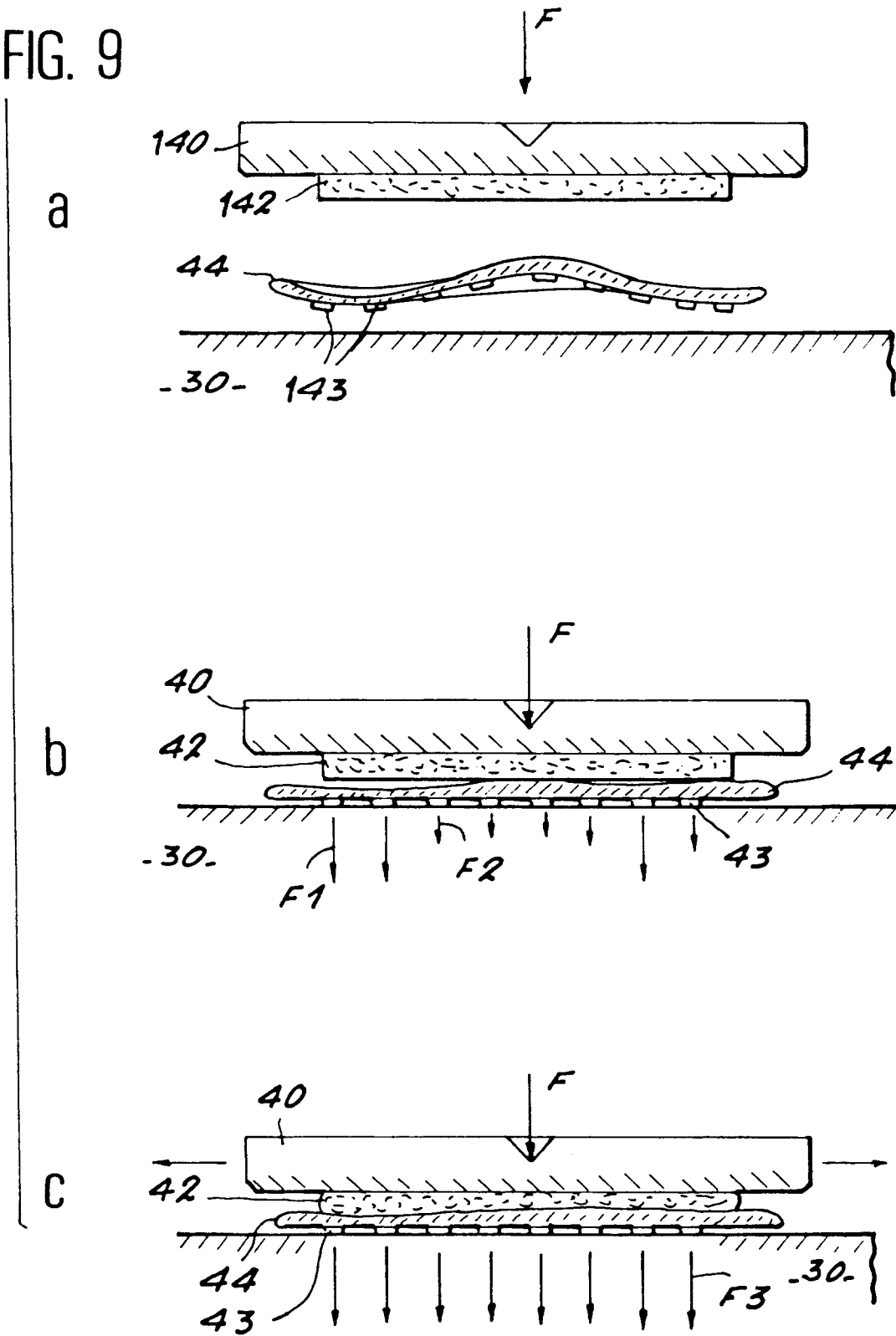
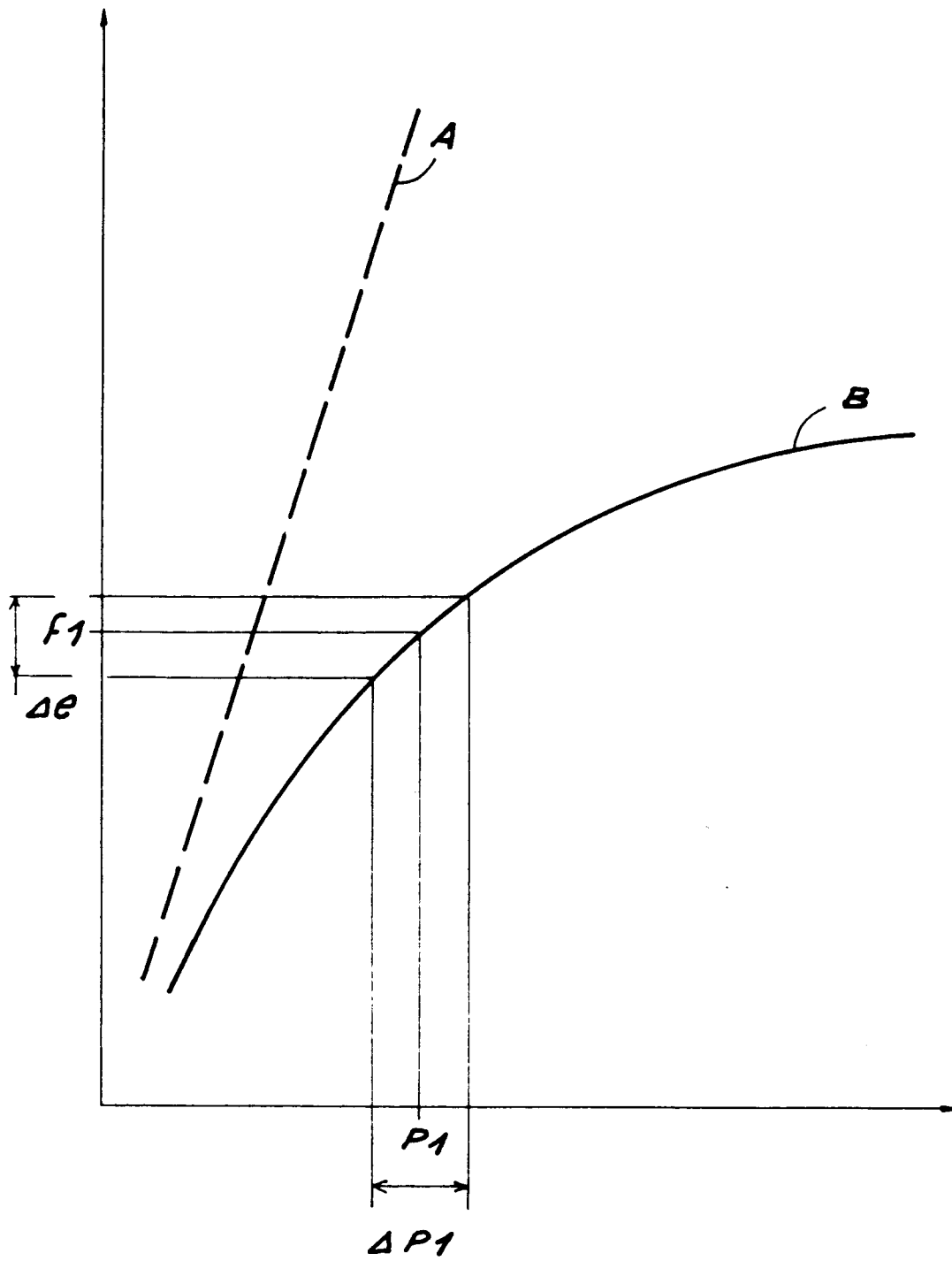


FIG. 10



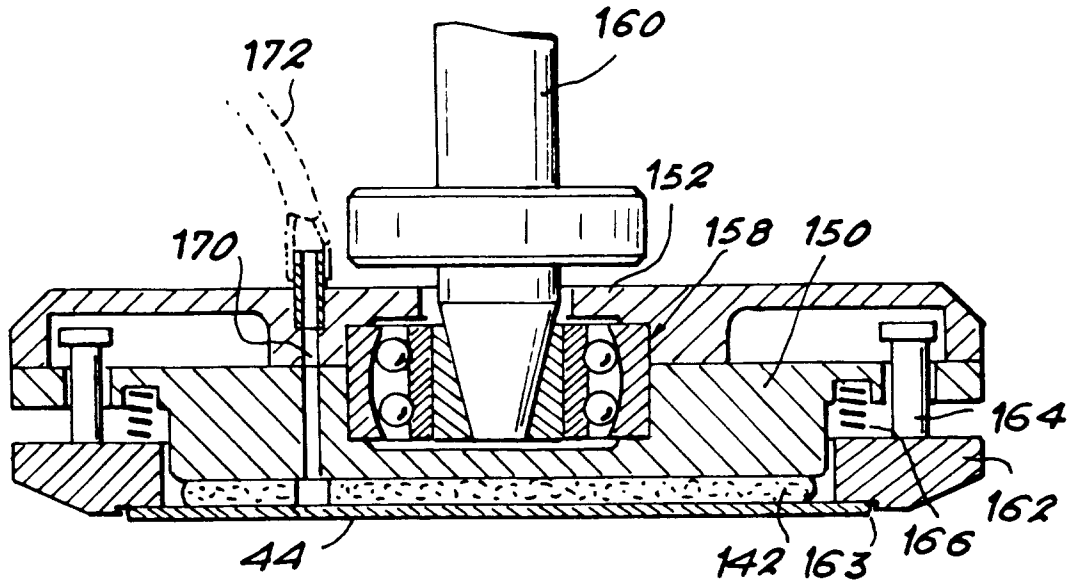


FIG. 11

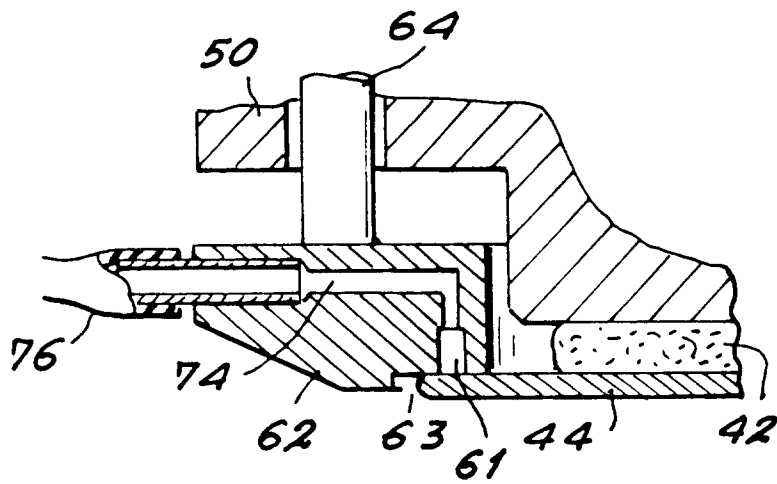


FIG. 12

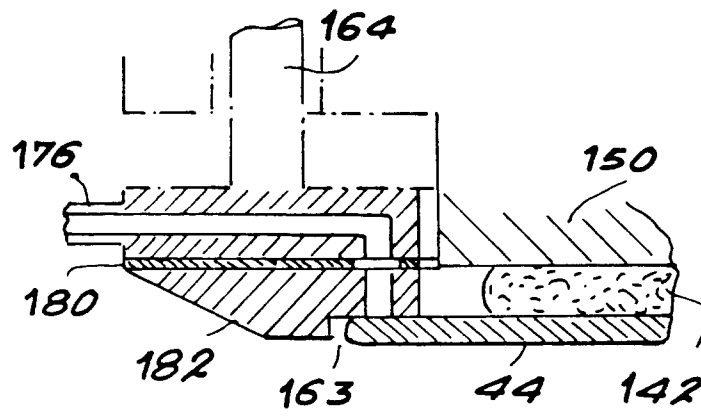


FIG. 13

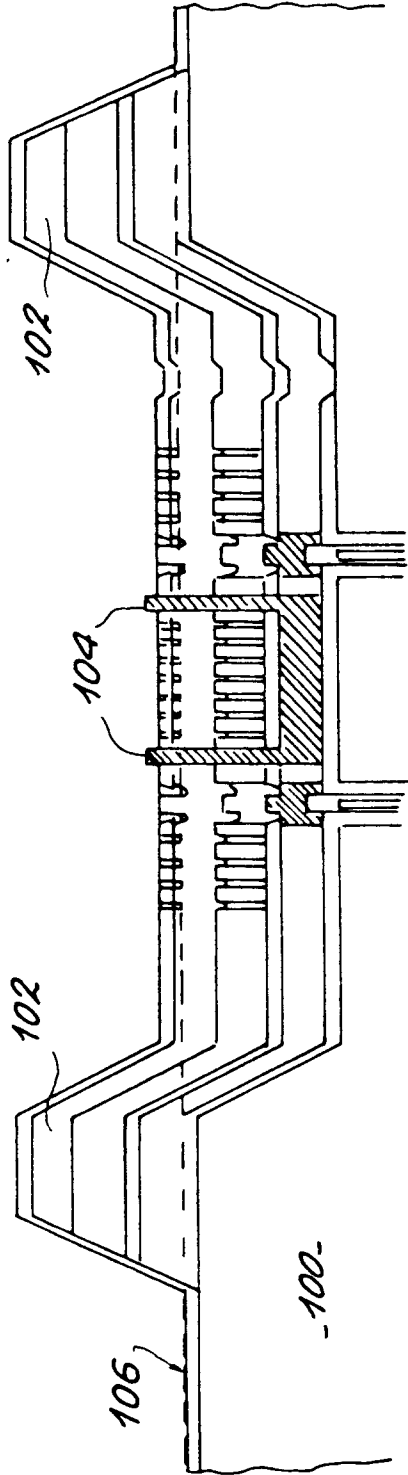


FIG. 14

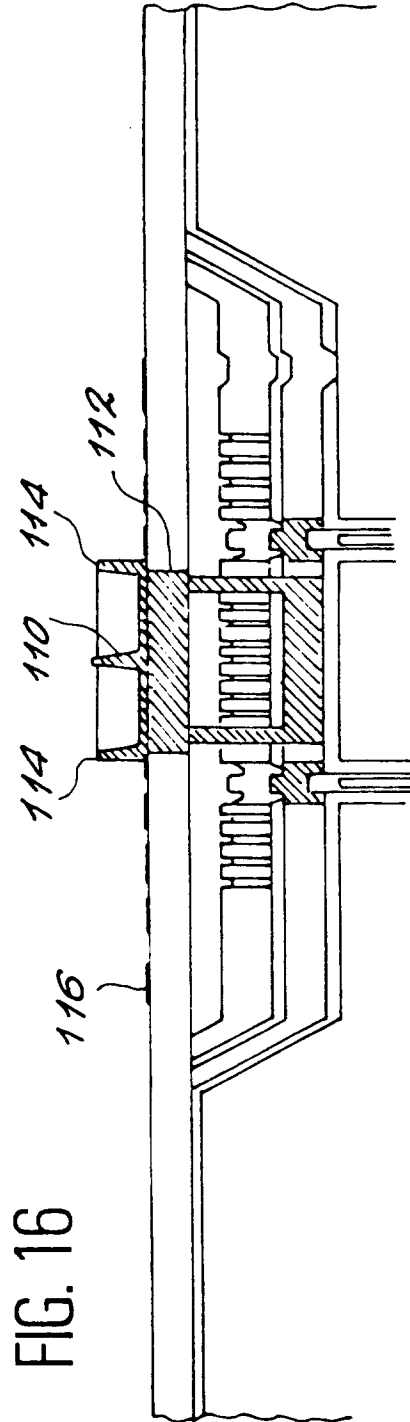


FIG. 16

FIG. 15

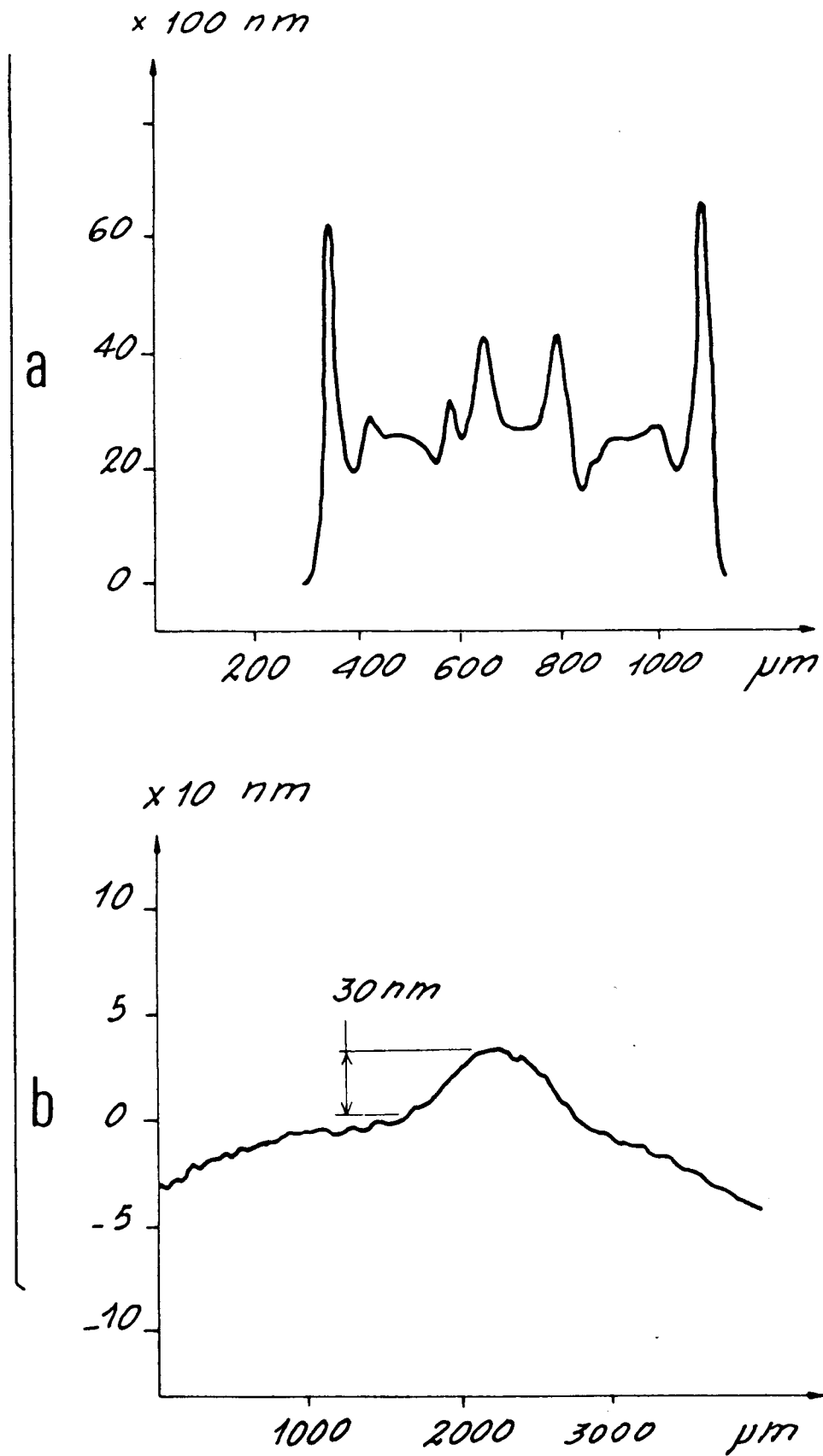


FIG. 17

