



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑪ CH 649 408 A5

⑤① Int. Cl. 4: G 12 B 5/00
G 01 B 15/02**Brevet d'invention délivré pour la Suisse et le Liechtenstein**

Traité sur les brevets, du 22 décembre 1978, entre la Suisse et le Liechtenstein

⑫ FASCICULE DU BREVET A5

⑲ Numéro de la demande: 7877/81

⑳ Date de dépôt: 10.12.1981

③① Priorité(s): 24.12.1980 FR 80 27514

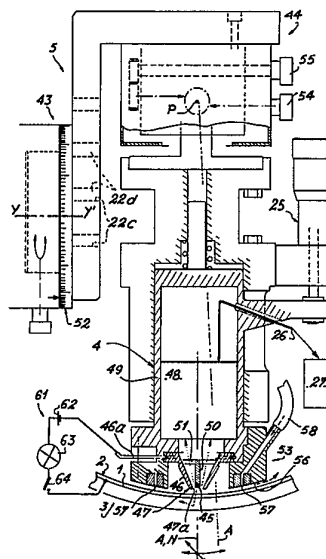
⑲④ Brevet délivré le: 15.05.1985

④⑤ Fascicule du brevet
publié le: 15.05.1985⑦③ Titulaire(s):
Commissariat à l'Energie Atomique, Paris 15e
(FR)⑦② Inventeur(s):
Cavy, Claude, Versailles (FR)
Rolland, Marie Louise, Bourg-la-Reine (FR)⑦④ Mandataire:
Anton J. Willi, Thalwil

⑤④ Appareil de mesure, notamment d'épaisseurs de couches minces, avec mise en coïncidence de l'axe d'une sonde de mesure avec une normale à la surface d'une pièce à contrôler.

⑤⑦ L'appareil comprend un dispositif de mise en coïncidence de l'axe de la sonde (4) de mesure avec une normale à la surface de la pièce à contrôler.

Le dispositif (5), comportant des moyens de positionnement de la pièce (3), comprend: au moins un organe (25) de translation de la sonde permettant de faire varier sa distance à la pièce, des moyens (53) de palpement solitaires de la sonde pour contrôler la mise en coïncidence, des moyens (43) de rotation selon un axe Y'Y permettant de donner à l'axe (A) de la sonde une direction voisine de celle de ladite normale (N), et des moyens (44) d'oscillation de l'axe (A) de la sonde autour de cette direction, de façon à achever la mise en coïncidence.



REVENDEICATIONS

1. Appareil de mesure comprenant:

- une sonde de mesure,
- un dispositif de mise en coïncidence de l'axe (A) de la sonde (4) de mesure avec une normale (N) à la surface (2) d'une pièce (3) à contrôler,
- des moyens (15) de support et de positionnement de ladite pièce (3), et
- des moyens (6) de support de ladite sonde (4), caractérisé en ce que le dispositif de mise en coïncidence comprend:
 - au moins un organe (25) de translation de ladite sonde (4), permettant de faire varier sa distance à ladite pièce (3),
 - des moyens (53) de palpement solidaires de ladite sonde (4) pour contrôler ladite mise en coïncidence,
 - des moyens (43) de rotation permettant de donner audit axe (A) de la sonde (4) une direction voisine de celle de ladite normale (N), et
 - des moyens (44) d'oscillation dudit axe (A) de la sonde (4) autour de cette direction, de façon à achever ladite mise en coïncidence.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le dispositif de mise en coïncidence comprend en outre d'autres organes (22a, 22b) de translation selon deux directions orthogonales, pour réaliser ladite mise en coïncidence.

3. Appareil selon l'une des revendications 1 ou 2, caractérisé en ce que lesdits moyens (53) de palpement comportent au moins trois buses (57) calibrées, rendues solidaires de ladite sonde (4) et aptes à envoyer chacune un jet d'un même fluide sur ladite surface (2) au voisinage de ladite normale (N), ladite mise en coïncidence étant contrôlée par comparaison des pressions du fluide à la sortie des buses (57), ces pressions étant égales lorsque ladite mise en coïncidence est réalisée.

4. Appareil selon l'une des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que, l'extrémité (47) de la sonde (4) et ladite pièce (3) étant aptes à conduire l'électricité, des moyens (61) électriques reliant ladite extrémité (47) à cette pièce (3) sont prévus pour vérifier un contact entre elles.

5. Appareil selon l'une des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que, lesdits moyens (15) de support et de positionnement de ladite pièce (3) comportant:

- des moyens (16) d'appui rendus solidaires d'organes (18, 19) permettant leur rotation et leur translation selon un même axe (X'X), et
- des moyens (17) de maintien rendus solidaires desdits organes (18) permettant la rotation desdits moyens (16) d'appui, lesdits moyens (43) de rotation permettent cette rotation autour d'un autre axe (Y'Y) perpendiculaire audit même axe (X'X).

6. Appareil selon l'une des revendications 1 à 5, caractérisé en ce que le dispositif de mise en coïncidence est porté par une potence constituant lesdits moyens (6) de support de ladite sonde (4).

7. Appareil selon l'une des revendications 1 à 6, caractérisé en ce qu'il est automatisé.

8. Appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion d'électrons selon l'une des revendications 1 à 7, caractérisé en ce que ladite pièce (3) comporte au moins une couche mince (1) et ladite sonde (4) comporte:

- une source (45) d'émission d'électrons,
- un collimateur (46) muni d'une ouverture (47a) par laquelle les électrons sont envoyés sur ladite couche mince (1), et
- des moyens (48) de détection des électrons rétrodiffusés par cette couche mince (1), fournissant des informations qui, traitées par des moyens (27) électroniques, permettent de déterminer l'épaisseur de cette couche (1).

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que la source (45) d'électrons est rendue solidaire dudit collimateur (46) par soudage.

10. Appareil selon l'une des revendications 8 ou 9, caractérisé en

ce que ledit collimateur (46) est fait d'un alliage à base d'éléments de numéros atomiques inférieurs ou égaux à celui de l'aluminium.

La présente invention concerne un appareil de mesure comprenant une sonde de mesure, un dispositif de mise en coïncidence de l'axe de la sonde de mesure avec une normale à la surface d'une pièce à contrôler, des moyens de support et de positionnement de ladite pièce et des moyens de support de ladite sonde. Elle s'applique en particulier aux mesures d'épaisseurs de couches minces ou à la détermination de profils de diffusion par rétrodiffusion d'électrons.

Les couches minces mentionnées ci-dessus, qui peuvent être notamment métalliques, sont par exemple déposées sur un substrat fait de matériaux métalliques ou non: on peut, par exemple, chercher à mesurer l'épaisseur d'une couche mince de cuivre déposée sur une résine. L'épaisseur de la (ou des) couche(s) mince(s) déposée(s) sur ledit substrat peut bien entendu être variable, c'est-à-dire non uniforme.

Par ailleurs, la surface de la pièce à contrôler peut présenter diverses formes; ce peut être une surface admettant au moins un axe de révolution, telle qu'une surface sphérique.

La présente invention s'applique plus particulièrement à la mesure de l'épaisseur de couches minces déposées à la surface d'une pièce hémisphérique ou de révolution, telle qu'une pièce présentant la forme d'un demi-ellipsoïde de révolution.

On connaît par exemple des appareils de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion d'électrons ou rétrodiffusion β , comportant une sonde de mesure ou tête de mesure apte à émettre des électrons sur une pièce consistant en une ou plusieurs couches minces déposées sur un substrat. Les électrons rétrodiffusés par ces couches minces sont ensuite détectés par des moyens de détection placés dans la sonde et permettant de calculer un taux de comptage correspondant au nombre d'électrons rétrodiffusés et détectés par unité de temps. Ce taux de comptage est caractéristique de l'épaisseur des couches, la nature chimique de celles-ci étant connue. L'épaisseur analysée est une fonction croissante de l'énergie des électrons utilisés et peut aller de quelques microns à plusieurs centaines de microns.

On sait que les deux principales sources d'erreurs pouvant affecter la mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β sont:

- le défaut de perpendicularité de la sonde par rapport à la pièce à contrôler portant la (ou les) couche(s) étudiée(s), et
- l'éloignement de la sonde par rapport à cette pièce.

On constate en effet que l'erreur sur la mesure de l'épaisseur d'une couche augmente rapidement avec ledit défaut de perpendicularité ou écart angulaire entre sonde et pièce. Par ailleurs, la sensibilité de l'appareil de mesure diminue au fur et à mesure que la sonde est éloignée de la pièce. Les erreurs ainsi faites s'expliquent par la non-détection de la totalité des électrons rétrodiffusés par la zone analysée de la pièce à contrôler.

La présente invention a pour but de réduire les sources d'erreurs mentionnées ci-dessus, et en premier lieu la première, dans le cadre plus général de la mise en coïncidence de l'axe d'une sonde de mesure avec une normale à la surface d'une pièce à contrôler.

Elle a pour objet un appareil de mesure comprenant:

- une sonde de mesure,
- un dispositif de mise en coïncidence de l'axe de la sonde de mesure avec une normale à la surface d'une pièce à contrôler,
- des moyens de support et de positionnement de ladite pièce, et
- des moyens de support de ladite sonde,

appareil caractérisé en ce que le dispositif de mise en coïncidence comprend:

- au moins un organe de translation de ladite sonde, permettant de faire varier sa distance à ladite pièce,

- des moyens de palpement solidaires de ladite sonde pouvant contrôler ladite mise en coïncidence,
- des moyens de rotation permettant de donner audit axe de la sonde une direction voisine de celle de ladite normale, et
- des moyens d'oscillation dudit axe de la sonde autour de cette direction, de façon à achever ladite mise en coïncidence.

Par axe d'une sonde de mesure, on entend la direction selon laquelle est faite la mesure. Ainsi, dans le cas de mesures d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , cette expression désigne la direction préférentielle d'émission des électrons par la sonde (également direction préférentielle de rétrodiffusion des électrons).

La présente invention offre donc l'avantage important de permettre un meilleur positionnement de la sonde par rapport à la pièce à contrôler, notamment dans le cas de mesures d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , mesures dans lesquelles on cherche à récupérer un maximum d'électrons rétrodiffusés par la zone étudiée de la (ou des) couche(s) mince(s).

La présente invention présente également l'intérêt de permettre ladite mise en coïncidence sans qu'il y ait contact entre pièce à contrôler et sonde de mesure. Après cette mise en coïncidence, il est possible, grâce audit organe de translation de la sonde, de mettre cette sonde en contact avec la pièce: dans le cas de mesures d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , les électrons rétrodiffusés sont d'autant mieux récupérés par la sonde pour être détectés.

La présente invention est plus particulièrement utile pour les pièces à contrôler admettant un axe de révolution car, par exemple dans le domaine des mesures d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , les appareils connus dans l'état de la technique et permettant de réaliser de telles mesures ne sont généralement pas prévus pour étudier de telles pièces.

Selon une mise en œuvre particulière de l'invention, le dispositif comprend en outre d'autres organes de translation selon deux directions orthogonales pour réaliser ladite mise en coïncidence.

De préférence, lesdits moyens de palpement comportent au moins trois buses calibrées, rendues solidaires de ladite sonde et aptes à envoyer chacune un jet d'un même fluide sur ladite surface au voisinage de ladite normale, ladite mise en coïncidence étant contrôlée par comparaison des pressions du fluide à la sortie des buses, ces pressions étant égales lorsque ladite mise en coïncidence est réalisée.

Selon une autre mise en œuvre particulière de l'invention, l'extrémité de la sonde et ladite pièce étant aptes à conduire l'électricité, des moyens électriques reliant ladite extrémité à cette pièce sont prévus pour vérifier un contact entre elles.

Dans un mode de réalisation particulier de l'appareil objet de l'invention, lesdits moyens de support et de positionnement de ladite pièce comportant:

- des moyens d'appui rendus solidaires d'organes permettant leur rotation et leur translation selon un même axe, et
 - des moyens de maintien rendus solidaires desdits organes permettant la rotation desdits moyens d'appui,
- lesdits moyens de rotation permettent cette rotation autour d'un autre axe perpendiculaire audit même axe.

Par ailleurs, lesdits moyens de support de la sonde peuvent consister en une potence portant le dispositif qui porte lui-même la sonde.

L'appareil selon l'invention peut être un appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion d'électrons, ladite pièce comportant alors au moins une couche mince. Dans ce cas, la sonde comporte:

- une source d'émission d'électrons,
- un collimateur muni d'une ouverture par laquelle les électrons sont envoyés sur ladite couche mince, et
- des moyens de détection des électrons rétrodiffusés par cette couche mince, fournissant des informations qui, traitées par des moyens électroniques, permettent de déterminer l'épaisseur de cette couche.

La source d'électrons peut être rendue solidaire du collimateur

par soudage. Elle est de préférence rapportée à l'extrémité d'une tige fixée sur une barrette qui est soudée à l'intérieur du collimateur.

Ledit collimateur peut être fait d'un alliage à base d'éléments de numéros atomiques inférieurs ou égaux à celui de l'aluminium pour diminuer le bruit de fond dans les moyens de détection. Enfin, ces moyens de détection peuvent consister en un compteur de Geiger et Müller.

Les caractéristiques et avantages du dispositif objet de l'invention apparaîtront mieux à la lecture de la description qui suit de plusieurs exemples de réalisation donnés à titre indicatif et non limitatif, en référence aux dessins annexés sur lesquels:

la fig. 1 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier d'un appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , ledit appareil comportant un dispositif conforme à l'invention et la couche à analyser présentant une surface concave hémisphérique;

la fig. 2 est une vue de dessus schématique d'une partie d'une réalisation particulière des moyens de maintien de la pièce représentée sur la fig. 1;

la fig. 3 est une vue de dessus schématique de l'appareil de mesure représenté sur la fig. 1;

la fig. 4 est une vue schématique de la sonde utilisée dans l'appareil représenté sur la fig. 1 et d'un dispositif conforme à l'invention dont cette sonde est rendue solidaire;

les fig. 5a et 5b représentent la mise en coïncidence de l'axe de la sonde de la fig. 1 avec une normale à la surface de la couche à analyser;

la fig. 6 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier d'un appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β , ledit appareil comportant un dispositif conforme à l'invention et la couche à analyser présentant une surface concave admettant un axe de révolution, et

la fig. 7 est une vue schématique d'un mode de réalisation particulier du dispositif selon l'invention, comportant des moyens aptes à faire varier la distance sonde-couche de façon discontinue.

Sur la fig. 1, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier d'un appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β .

Une couche mince 1, apte à conduire l'électricité (par exemple métallique), dont l'épaisseur (non nécessairement uniforme) est à déterminer, est déposée sur la face interne 2 d'une pièce creuse 3 à contrôler de forme hémisphérique, jouant ainsi le rôle de substrat pour ladite couche 1.

Une sonde 4, dont la constitution sera expliquée lors de la description de la fig. 4, permet de faire cette mesure. Elle est solidaire d'un dispositif 5 conforme à l'invention représenté de façon plus détaillée à la fig. 4 et porté par une potence 6, constituant ainsi les moyens de support de la sonde 4.

Le dispositif 5 selon l'invention permet (comme on le verra lors de la description de la fig. 4) la mise en coïncidence de l'axe A (fig. 4) de la sonde 4 avec une normale N à la surface de la couche 1, devenant la face interne 2 de la pièce creuse 3.

La potence 6 est constituée d'une colonne 7 verticale et d'un bras-support 8 horizontal rendu mécaniquement solidaire de la colonne 7 par des moyens de blocage 9. Une pièce 10 coudée à angle droit vers le bas et portant le dispositif 5 selon l'invention est rendue solidaire du bras-support 8 par une queue-d'aronde, comme on le verra mieux sur la fig. 3, et prolonge ce bras 8. La potence 6 est portée par un bloc-support 11. Par ailleurs, le bras-support 8 est automatiquement effaçable au point haut de la potence 6 par pression d'air comprimé, à l'aide d'un vérin 12 et au moyen d'un ergot 13 déplaçable dans une rampe creuse de dégagement 14, ce qui permet d'éclipser la sonde 4 et de mettre en place la pièce creuse 3.

Les moyens 15 de support et de positionnement de cette pièce creuse 3 consistent en:

- des moyens 16 d'appui, ayant par exemple la forme d'un cône de révolution et ainsi appelés par la suite cône d'appui, et

— des moyens 17 de maintien dont la nature et le fonctionnement seront expliqués lors de la description de la fig. 2.

Un plateau tournant 18 horizontal est porté par le bloc-support 11 et porte lui-même une table élévatrice 19 sur laquelle est fixé le cône d'appui 16. Ce dernier est creux et disposé de façon à présenter un axe de révolution vertical et une face interne 20 tournée vers le haut.

Les moyens 17 de maintien sont rendus solidaires du plateau tournant 18 par au moins un pied vertical 21, trois par exemple. Le cône d'appui 16 et le plateau tournant 18 sont montés de façon que l'axe de révolution de ce cône d'appui 16 et l'axe de rotation de ce plateau tournant 18 soient confondus en un même axe X'X.

Le dispositif 5 selon l'invention, monté sur la pièce coudée 10, est prévu pour permettre à la sonde 4 de décrire des arcs de cercle verticaux ayant un même axe Y'Y horizontal (perpendiculaire au plan de la fig. 1) et un centre O situé sur l'axe X'X (O est la trace de l'axe Y'Y dans le plan de la fig. 1).

La pièce 3 étant placée, face interne 2 vers le haut, sur le cône d'appui 16, des premiers et seconds moyens de réglage 22 et 23 permettent à la table élévatrice 19, et donc à cette pièce 3, de s'élever selon l'axe X'X jusqu'à ce que cette pièce 3 soit mise en place, son centre tendant alors à coïncider avec le point O, dans les moyens 17 de maintien prévus pour venir exercer sur elle des forces telles qu'elle ait, une fois mise en place, son axe de révolution confondu avec l'axe X'X.

Les premiers moyens de réglage 22 permettent à la pièce 3 une approche définie et vérifiable par des moyens de lecture optique 24; les seconds moyens de réglage 23 permettent un positionnement final de la pièce 3 par friction.

Un organe de translation tel qu'une vis micrométrique 25, faisant partie du dispositif 5 selon l'invention, permet d'approcher la sonde 4 contre la pièce 3. Cette sonde 4 permet de déterminer l'épaisseur de la couche 1 en tous les points de cette couche situés sur un même méridien ou un même parallèle de celle-ci, ces points pouvant être atteints par rotation du plateau tournant 18 et/ou par rotation de la sonde 4 autour de l'axe Y'Y.

Un câble blindé 26 relie la sonde 4 à des moyens électroniques 27, dont le rôle sera expliqué lors de la description de la fig. 4. Enfin, des moyens 28 de contrôle de ladite mise en coïncidence sont prévus et seront précisés lors de la description de la même fig. 4.

Sur la fig. 2, on a représenté schématiquement, en vue de dessus, une partie d'un mode de réalisation particulier des moyens 17 de maintien de la pièce 3 mentionnés ci-dessus.

Ces moyens 17 de maintien comprennent une couronne 29, dite couronne-support, solidaire des trois pieds verticaux 21. Le diamètre intérieur de cette couronne-support 29 est choisi pour être supérieur au diamètre extérieur de la pièce 3 à contrôler, de façon que cette dernière, une fois en place, soit entourée par ladite couronne-support 29. Une couronne de commande 30, munie d'au moins une poignée 31, est concentrique à la couronne-support 29 et mobile en rotation autour de cette dernière. Des moyens élastiques de rappel 32 relient ces deux couronnes 29 et 30. Trois bras 33 (dont un seul est visible sur la fig. 2) sont disposés en triangle équilatéral sur la couronne-support 29 et articulés sur celle-ci en des axes 33a. Des plaques 34, solidaires de cette couronne-support 29, maintiennent chaque bras 33 au voisinage de celle-ci. Chaque bras 33 porte, à la partie inférieure 35 d'une première extrémité libre 35a, un pion 36 mobile dans une rampe de guidage 37 pratiquée dans la couronne de commande 30. La seconde extrémité libre 38 d'un bras 33 déborde vers l'intérieur de la couronne-support 29 et porte, à sa partie inférieure 39, un doigt 40 vertical.

En position normale, les secondes extrémités libres 38 empêchent la mise en place d'une pièce 3 à contrôler. Par déplacement de la poignée 31, les doigts 40 s'écartent et la pièce 3 peut être mise en place. Par relâchement de la poignée 31, les doigts 40 tendent à reprendre leur position initiale et viennent serrer la pièce 3 dont le bord supérieur 41 vient en butée, d'une part, contre les doigts 40 et, d'autre part, contre la partie inférieure 39 de chaque seconde extrémité li-

bre 38 des bras 33. La pièce 3 est alors maintenue en position dans les moyens 17 de maintien, axe de révolution vertical (fig. 1).

Bien entendu, lesdits moyens 17 de maintien que l'on vient de décrire permettent d'une façon générale la mise en place de toute pièce dont la surface admet un axe de révolution, la position des doigts 40 étant adaptée, suivant des règles connues, à la forme de la pièce, de manière à la maintenir.

Sur la fig. 3, on a représenté schématiquement, en vue de dessus, l'appareil de mesure de la fig. 1. La pièce 3, sur laquelle est déposée la couche 1 dont on veut mesurer l'épaisseur, est mise en place, notamment grâce aux moyens de maintien 17.

Le dispositif 5 selon l'invention est rendu solidaire de la pièce coudée 10, elle-même rendue solidaire du bras-support 8 de la potence 6 par un montage rapide à queue d'aronde 42. Ce dispositif 5 (qui sera détaillé lors de la description de la fig. 4) comprend des moyens 43 de rotation, des moyens 44 d'oscillation et au moins un organe 25 de translation dont la sonde 4 de mesure est rendue solidaire. Le montage rapide à queue d'aronde 42 permet de changer de sonde 4 de mesure suivant les dimensions des pièces 3 à contrôler (c'est-à-dire le diamètre de la plus grande section perpendiculaire à l'axe de révolution de pièces qui en admettent un).

Sur la fig. 4, on a représenté schématiquement la sonde 4 de la fig. 1 ainsi qu'un dispositif 5 conforme à l'invention, dont la sonde 4 est rendue solidaire.

La sonde 4 de mesure comporte:

- une source 45 d'émission d'électrons,
- un collimateur 46 muni à son extrémité 47 (constituant également l'extrémité de la sonde 4) d'une ouverture 47a par laquelle les électrons sont envoyés sur la couche mince 1, et également par laquelle les électrons rétrodiffusés par cette couche mince 1 sont partiellement récupérés, et

— des moyens 48 de détection de ces électrons rétrodiffusés et récupérés, fournissant des informations qui sont fonction de l'épaisseur de cette couche 1.

Des moyens 27 électroniques, de type connu dans l'état de la technique, sont reliés par un câble blindé 26 aux moyens 48 de détection et traitent lesdites informations pour les convertir en taux de comptage caractéristique de l'épaisseur de la couche 1, pour un matériau donné constituant celle-ci.

L'ouverture 47a dont est muni le collimateur 46 délimite la zone analysée de la couche mince 1. Ce collimateur 46 est en un matériau apte à réduire le bruit de fond dans les moyens 48 de détection. Ce matériau peut être un alliage à base d'éléments légers tels que l'aluminium. Les moyens 48 de détection consistent par exemple en un compteur de Geiger et Müller. Le collimateur 46 est maintenu, à l'aide d'une épingle de maintien 46a métallique, sur un corps de sonde 49, de forme par exemple cylindrique, contenant lesdits moyens 48 de détection.

La source 45 d'électrons est rapportée à l'extrémité d'une tige 50 fixée sur une barrette 51 qui est soudée à l'intérieur du collimateur 46. Bien entendu, la barrette pourrait être rendue solidaire du collimateur 46 par d'autres moyens équivalents au soudage, mais le fait de souder la barrette 51 à l'intérieur du collimateur 46 apporte un faible encombrement, une mise en place simple et rapide du collimateur 46 et une bonne reproductibilité des mesures effectuées.

La source 45 d'électrons peut être constituée d'éléments radioactifs tels que le prométhéum 147, le thallium 204, le strontium 90 ou le ruthénium 106, qui émettent tous uniquement des électrons par désintégration. La profondeur de pénétration de ces électrons dans la matière dépend de leur énergie et donc de l'émetteur radioactif employé. Par exemple, dans un matériau tel que l'or et pour les éléments ^{147}Pm , ^{204}Tl et ^{90}Sr , émettant des électrons dont les énergies maximales valent respectivement 220, 760 et 2284 keV, les profondeurs de pénétration correspondantes sont respectivement égales à 7, 29 et 100 μm . On constate bien, sur cet exemple, que l'épaisseur de matière analysée est une fonction croissante de l'énergie des électrons.

Par ailleurs, pour déterminer des épaisseurs, il est nécessaire d'ef-

fectuer un étalonnage préalable de la sonde 4, par exemple avec des feuilles métalliques d'épaisseur calibrée et planes.

On peut définir, comme on l'a déjà indiqué, un axe A pour la sonde 4: c'est l'axe selon lequel est faite la mesure. Dans le cas présent, il s'agit de la direction préférentielle d'émission des électrons par la sonde (également direction préférentielle de rétrodiffusion des électrons). Par exemple, pour un collimateur 46 ayant la forme d'un cône de révolution, la tige 50, à l'extrémité de laquelle est rapportée la source 45 d'électrons, étant disposée selon l'axe de révolution du cône, cet axe constitue ledit axe A de la sonde.

Le dispositif 5 selon l'invention permet de positionner correctement la sonde 4 par rapport à la couche 1 dont on veut mesurer l'épaisseur en différents points. Ce dispositif 5 permet plus précisément de mettre l'axe A de la sonde 4 en coïncidence avec une normale N à la surface 2 de la couche 1.

Le dispositif 5 selon l'invention comprend:

- des moyens 43 de rotation par rapport à l'axe Y'Y,
- des moyens 44 d'oscillation dudit axe A de la sonde 4,
- au moins un organe 25 de translation de la sonde 4, et
- des moyens 53 de palpement solidaires de ladite sonde 4, pour contrôler ladite mise en coïncidence.

Les moyens 43 de rotation permettent de faire tourner la sonde 4 pour donner audit axe A de cette sonde 4 une direction voisine de celle de ladite normale N. Ils sont solidaires de la potence 76 (fig. 1 et 3) par l'intermédiaire de la pièce coudée 10 (fig. 1 et 3) et comportent des moyens de repérage 52 permettant de connaître l'angle dont on a fait tourner la sonde 4 pour la positionner.

Les moyens 44 d'oscillation, de type connu dans l'état de la technique, solidaires des moyens 43 de rotation, permettent de déplacer ledit axe A de la sonde 4 autour de ladite direction voisine de celle de la normale N de façon à achever ladite mise en coïncidence. Pour ce faire, ils comportent deux commandes 54 et 55 permettant une rotation spatiale (par exemple de 2°) de l'axe A de la sonde 4 autour d'un point P appartenant à cet axe A et aux moyens 44 d'oscillation.

L'organe 25 de translation consiste par exemple en une vis micrométrique solidaire des moyens 44 d'oscillation et permettant une translation de la sonde 4 selon ledit axe A de celle-ci.

Les moyens 53 de palpement comprennent une pièce en forme de couronne 56 entourant le collimateur 46, rendue solidaire de la sonde 4 et dans laquelle sont pratiquées trois buses 57 calibrées qui débouchent du côté de l'ouverture 47a du collimateur 46 et qui sont disposées en triangle équilatéral sur un cercle C (fig. 5a) dont le plan est perpendiculaire à l'axe A de la sonde 4 et qui est centré sur cet axe. Chacune de ces buses 57 est reliée par un conduit 58 à un compresseur 59 (fig. 1) apte à envoyer un fluide tel que l'azote, sous pression déterminée (3 bar par exemple), dans les buses 57. Des moyens de contrôle 28 de pression (fig. 1), tels que trois comparateurs électroniques connus dans l'état de la technique et munis d'échelles linéaires 60 de lecture de pression (fig. 1), permettent de comparer les pressions dudit fluide à la sortie des buses 57.

La pièce 3 à contrôler étant mise en place comme on l'a expliqué à propos des fig. 1 et 2, on fait tourner la sonde 4 autour de l'axe Y'Y à l'aide des moyens 43 de rotation et, si nécessaire, on fait également tourner le plateau tournant 18 (fig. 1), pour donner audit axe A de la sonde 4 une direction voisine de la normale N à la surface 2 de la couche 1. En d'autres termes, on positionne la sonde de façon que la source 45 d'électrons soit en regard d'un point M1 de ladite surface 2 (position P1 des fig. 5a et 5b), point en lequel on désire mesurer l'épaisseur de la couche 1. On agit sur la vis micrométrique 25 pour placer la sonde à environ 200 ou 300 µm de la surface 2. L'axe A de la sonde vient couper ladite surface 2 en ce point M1 et ne coïncide généralement pas avec la normale N1 en ce point à la surface 2. Les trois buses 57 envoient chacune un jet dudit fluide sur la surface 2 et les pressions indiquées sur les trois échelles linéaires 60 sont donc en général différentes car les buses 57 se trouvent alors à des distances différentes de la surface 2 (position P1 de la fig. 5b).

On agit alors sur lesdits moyens 44 d'oscillation à l'aide des commandes 54 et 55 pour faire osciller l'axe A de la sonde 4 autour du

point P jusqu'à ce que les pressions indiquées sur les trois échelles linéaires 60 soient identiques: les pressions dudit fluide à la sortie des buses 57 sont alors égales, ce qui signifie que les buses 57 se trouvent à des distances égales de la surface 2 de la couche 1 (position P2 de la fig. 5b). Ladite mise en coïncidence est alors réalisée et l'axe A de la sonde 4 est confondu avec la normale N en un point M de la surface 2, ce point M étant voisin du point M1 initial (position P2 des fig. 5a et 5b).

L'arrivée dudit fluide est alors coupée et l'on approche la sonde 4 (fig. 4) de la couche 1 à l'aide de la vis micrométrique 25, jusqu'à ce que l'extrémité 47 de cette sonde 4 soit au contact de la surface 2 de la couche 1. Des moyens 61 électriques, comportant par exemple un générateur de courant 62, une lampe 63 et un interrupteur 64 placés en série, relient électriquement la couche mince 1 conductrice de l'électricité à l'épingle 46a métallique qui maintient le collimateur 46, par exemple en aluminium, sur le corps 49 de la sonde. Ainsi la lampe 63 s'allume dès qu'il y a contact entre l'extrémité 47 de la sonde 4 et la couche mince 1, ce qui permet de vérifier le contact sans abîmer la couche mince 1. Bien entendu, il suffit, pour que cette vérification puisse être faite, que seule l'extrémité 47 de la sonde 4 conduise l'électricité et soit reliée électriquement à la couche mince 1 par lesdits moyens 61 électriques. Lorsque la couche mince 1 n'est pas conductrice de l'électricité, on peut réaliser ledit contact (on n'a plus besoin desdits moyens 61 électriques), mais l'on risque d'abîmer la couche mince 1.

Sur la fig. 6, on a représenté schématiquement un mode de réalisation particulier d'un appareil de mesure d'épaisseurs de couches minces par rétrodiffusion β peu différent de celui représenté sur la fig. 1. Il permet de mesurer des épaisseurs de couches minces déposées sur des pièces n'ayant pas nécessairement une forme sphérique, mais présentant de manière plus générale un axe de révolution, telles que la pièce 3 creuse, présentant un axe de révolution et sur la face interne 2 de laquelle est déposée une couche mince 1 conductrice de l'électricité. Le bord 41 de cette pièce 3 épouse la forme d'un cercle contenu dans un plan perpendiculaire à l'axe de révolution de la pièce 3.

Dans ces conditions, les moyens 15 de support et de positionnement de la pièce creuse 3 peuvent être identiques à ceux, précédemment décrits, de l'appareil de mesure de la fig. 1. Lorsque la pièce creuse 3 est en place, sa face interne 2 étant tournée vers le haut, l'axe du plateau tournant 18, l'axe de révolution desdits moyens 16 d'appui et l'axe de révolution de la pièce creuse 3 sont confondus en un même axe X'X.

Le dispositif 5 de mise en coïncidence selon l'invention que comporte l'appareil de mesure représenté à la fig. 6 comprend les mêmes moyens que ceux qui ont été indiqués dans la description de la fig. 4: moyens 43 de rotation, moyens 44 d'oscillation, moyens 53 de palpement, solidaires de ladite sonde 4, pour contrôler ladite mise en coïncidence, organe 25 de translation de la sonde 4 (fig. 4). On utilise également les moyens 61 électriques (fig. 4) pour vérifier le contact entre la sonde 4 et la couche mince 1.

Néanmoins, si un dispositif 5 selon l'invention, tel que décrit précédemment, est suffisant pour contrôler une couche mince 1 déposée sur une pièce creuse 3 de forme sphérique (fig. 1), et donc de courbure constante, il ne l'est plus pour contrôler une pièce dont la courbure varie, ce qui est généralement le cas des pièces de révolution telles que la pièce creuse 3 représentée sur la fig. 6. En d'autres termes, un tel dispositif ne suffit plus pour mettre en coïncidence l'axe A (fig. 4) de la sonde 4 avec une normale N à la surface d'une pièce non sphérique, mais présentant un axe de révolution.

Pour pouvoir réaliser dans ce cas ladite mise en coïncidence, il suffit alors de modifier le dispositif 5 selon l'invention représenté sur la fig. 1 en lui ajoutant d'autres organes de translation horizontale 22a et verticale 22b (fig. 6) de type connu dans l'état de la technique et permettant, en coopération avec les moyens 43 de rotation, 44 d'oscillation, 53 de palpement et l'organe 25 de translation précédemment décrits (fig. 4), de déplacer le centre O de rotation de la sonde 4 pour amener cette sonde 4 au voisinage d'un point étudié de la cou-

che mince 1 et orienter cette sonde selon la normale en ce point à la surface 2 de la couche 1 ou, plus exactement, comme on l'a vu plus haut, mettre en coïncidence l'axe A (fig. 4) de la sonde 4 avec la normale N en un point situé au voisinage du précédent.

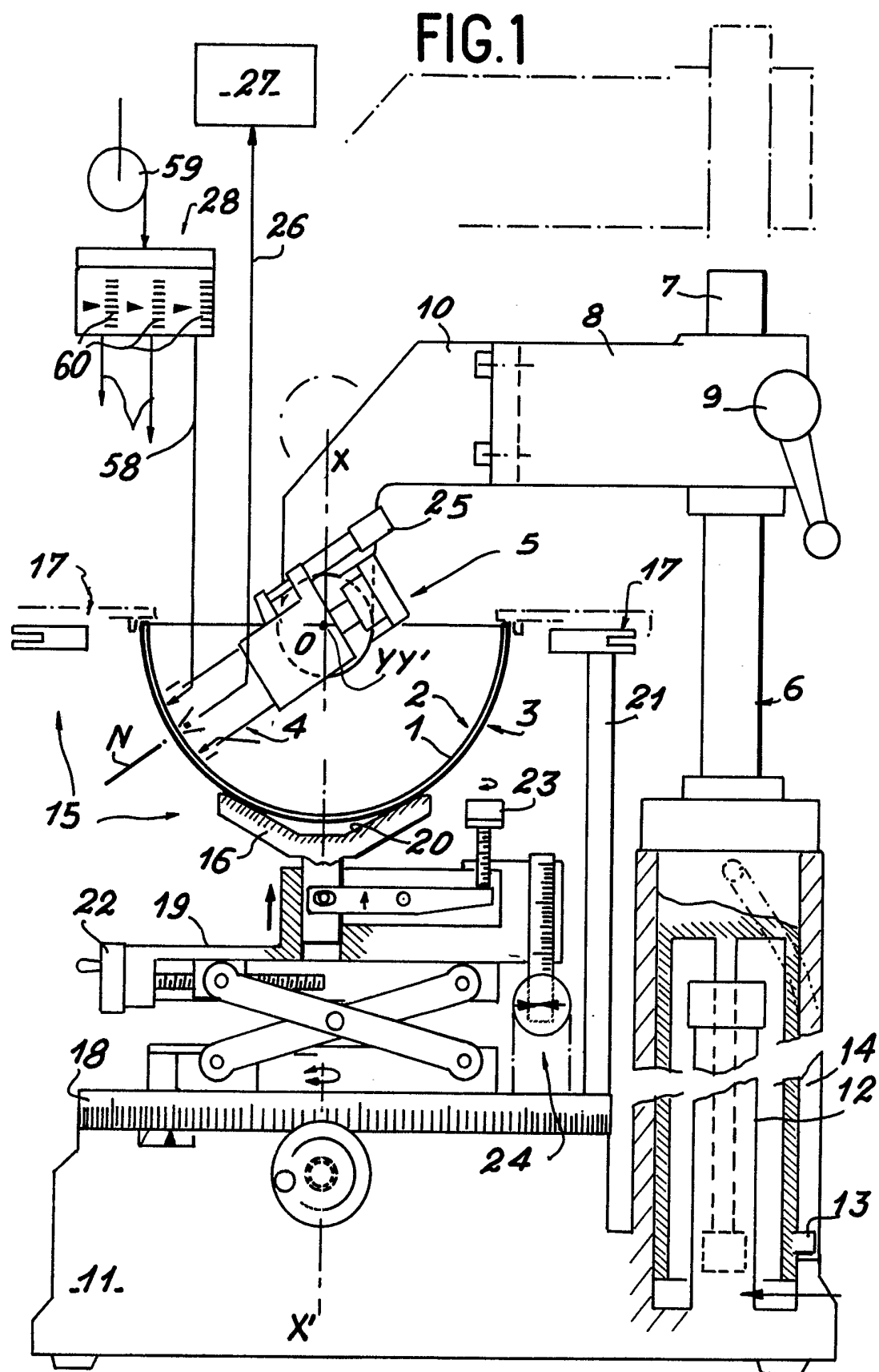
Les deux organes de translation 22a et 22b sont par exemple rendus solidaires de la pièce coudée 10 (fig. 1), l'organe de translation 22b portant alors lesdits moyens 43 de rotation (fig. 4). Bien entendu, ils pourraient être placés ailleurs.

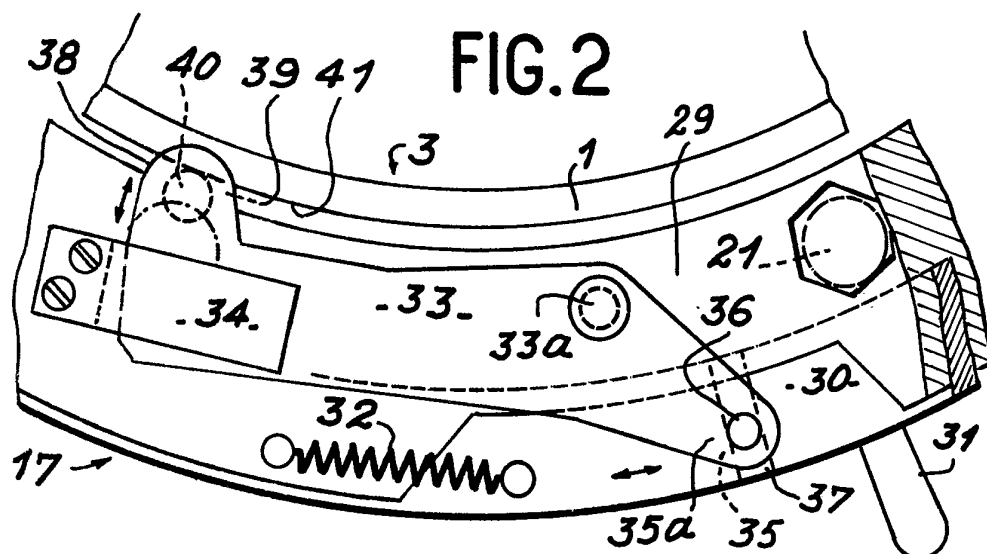
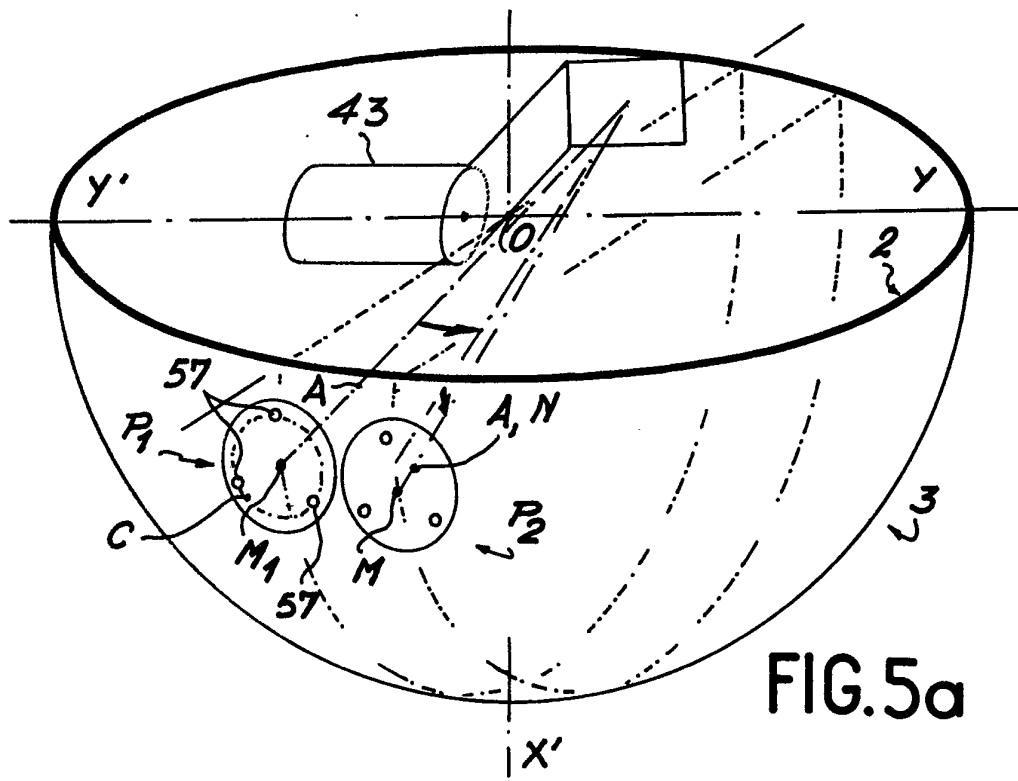
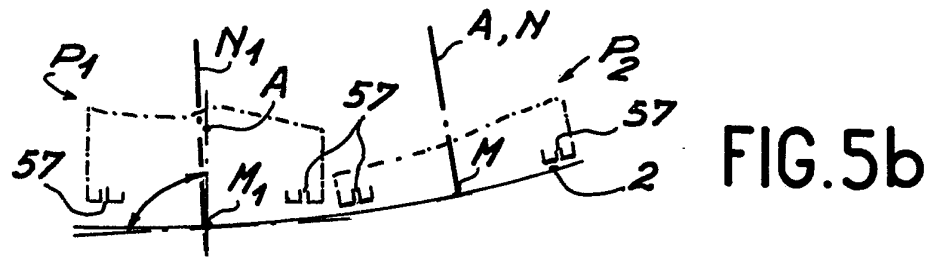
Bien entendu, l'appareil de mesure représenté à la fig. 6 permet également de contrôler non seulement des pièces de révolution (concaves, convexes ou plus généralement courbes), mais encore des pièces non rigoureusement de révolution présentant des irrégularités de courbure telles que des parties planes ou des parties renflées.

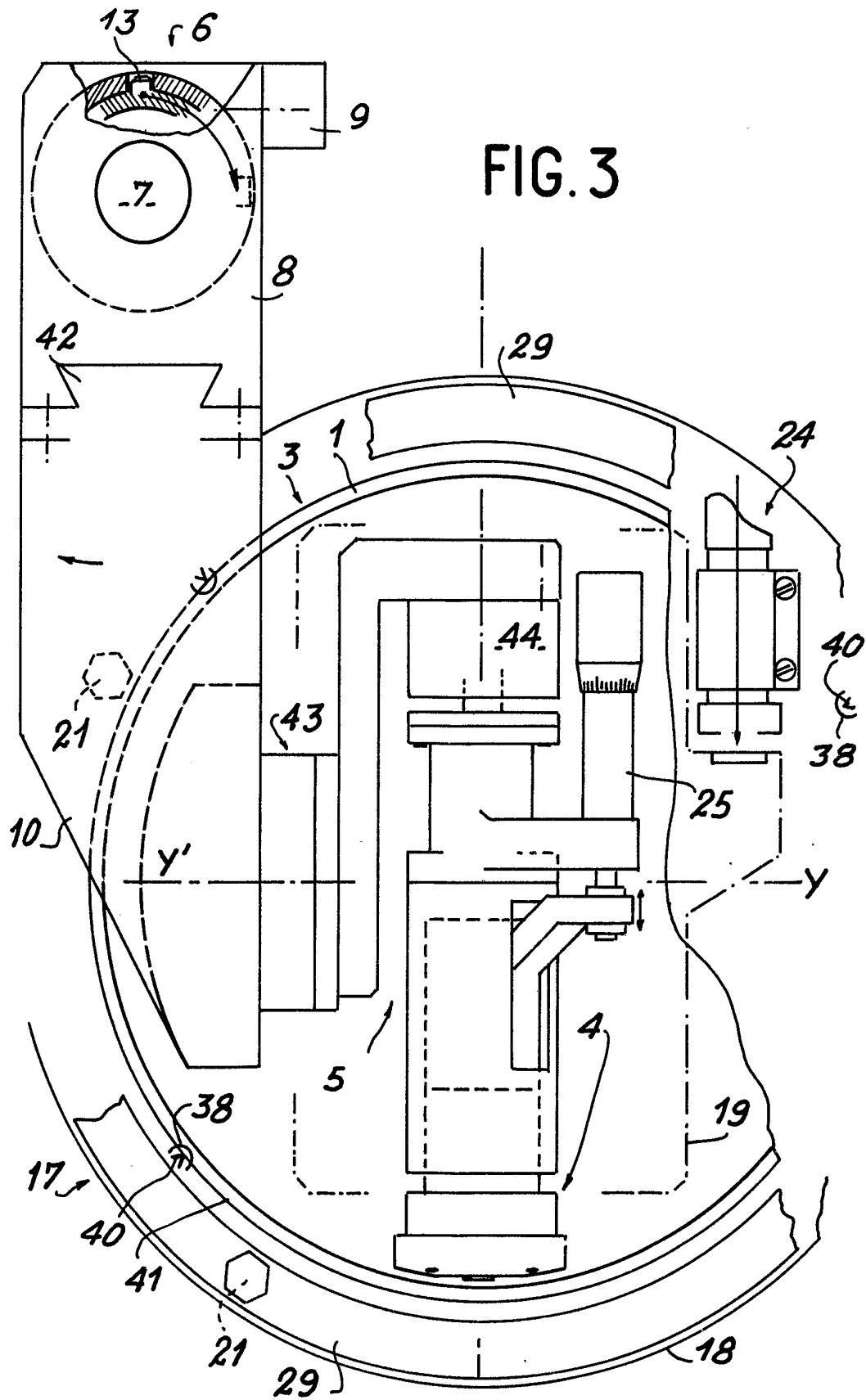
Pour réaliser le positionnement de la sonde de mesure, on peut avoir besoin de rapprocher ou d'éloigner cette sonde de la pièce à contrôler dans des limites que la plage de déplacement de la vis micrométrique 25 (fig. 7), dont la capacité est limitée, ne permet pas.

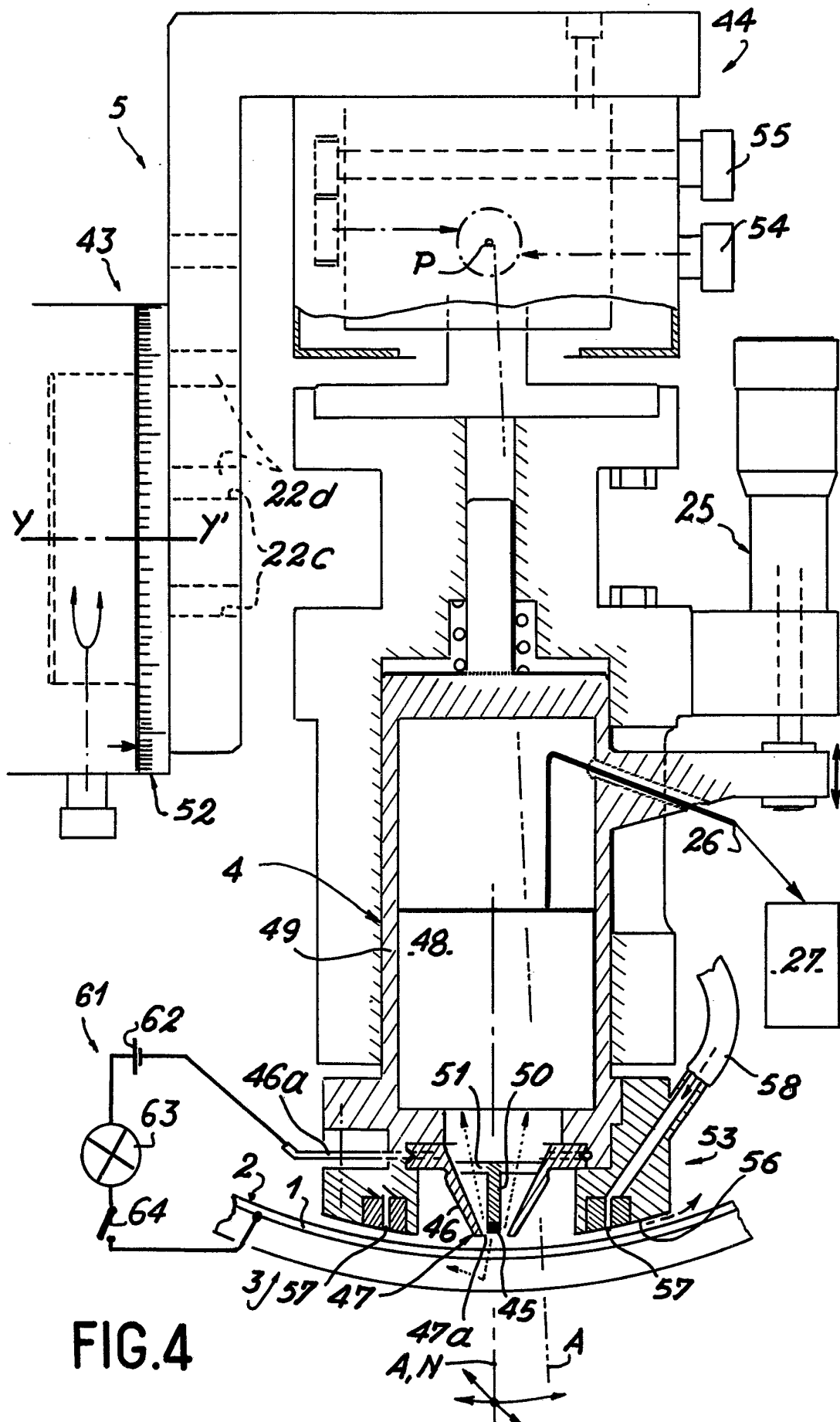
On peut alors ajouter, aux dispositifs selon l'invention représentés aux fig. 1 et 6, des moyens permettant une translation discontinue de la sonde 4, de même direction que celle (continue) obtenue avec la vis micrométrique 25; pour ce faire, on munit par exemple les 5 moyens 44 d'oscillation d'une pluralité de trous 22c (fig. 4 et 7) permettant d'emboîter ces moyens 44 d'oscillation sur des pions 22d solidaires des moyens 43 de rotation, trous 22c et pions 22d étant prévus pour que ladite translation discontinue puisse être effectuée sans perdre la direction visée par la sonde lorsqu'on réalise ladite mise en 10 coïncidence.

L'appareil, objet de l'invention, permet de réaliser un positionnement correct de ladite sonde sur une pièce à contrôler, notamment lorsque cette dernière présente une courbure qui diffère d'un point à l'autre de sa surface. Le dispositif pourrait être automatisé de façon 15 connue, en particulier pour permettre des mesures de grande précision en contrôle non destructif de pièces exigeant une grande rigueur dans leur fabrication.









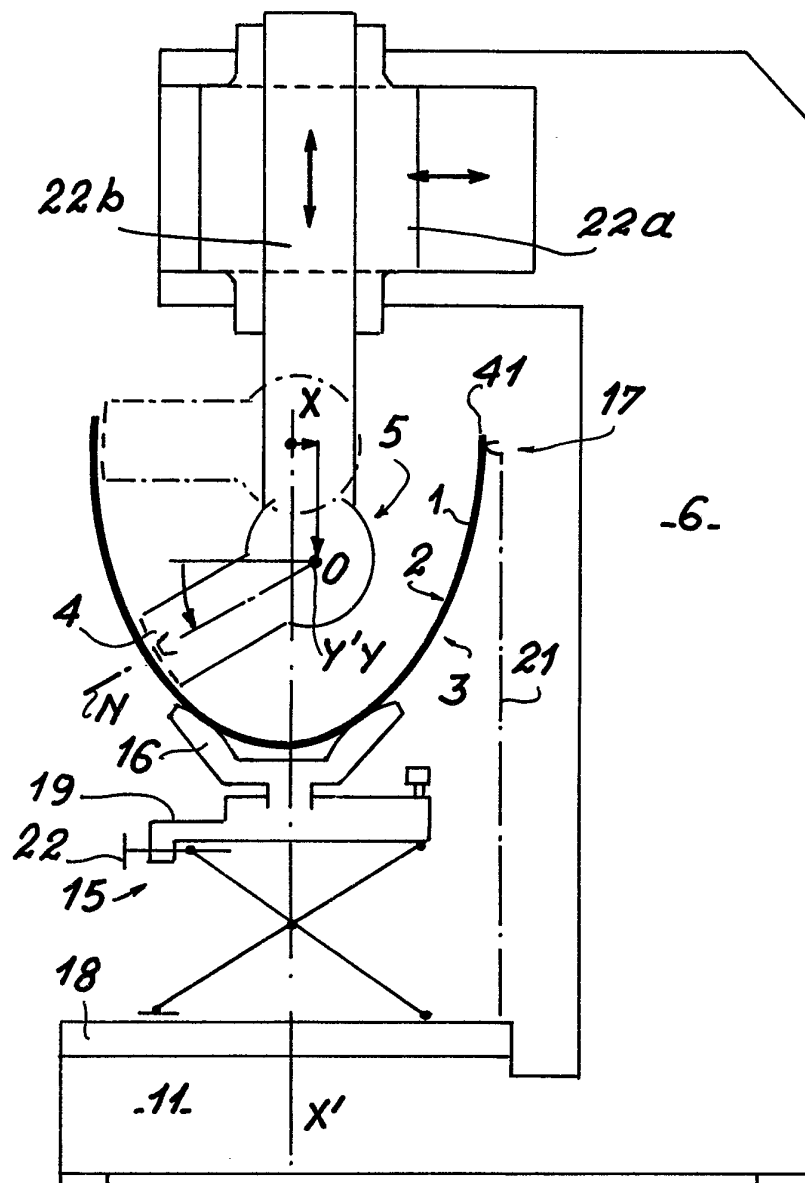


FIG. 6

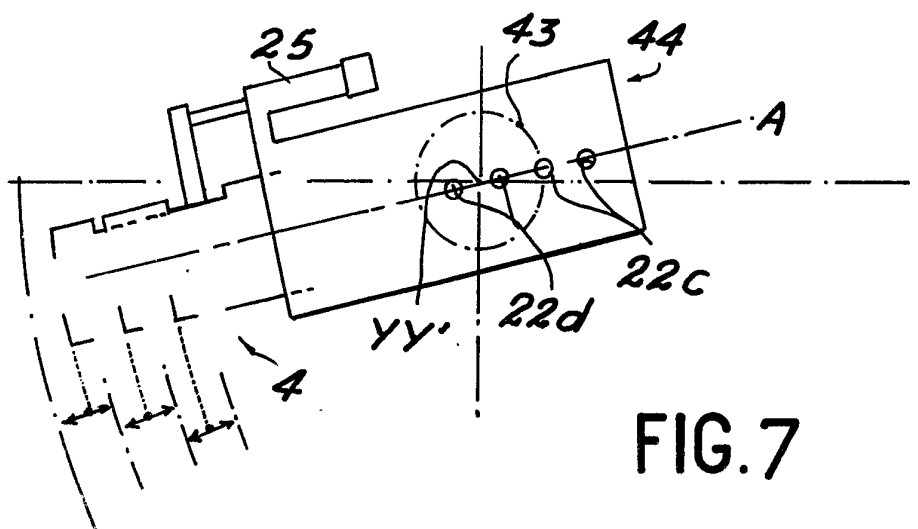


FIG. 7