

⑫

DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

⑫② Date de dépôt : 13.01.93.

⑫③ Priorité : 13.01.92 US 819762.

⑫④ Date de la mise à disposition du public de la demande : 08.10.93 Bulletin 93/40.

⑫⑤ Liste des documents cités dans le rapport de recherche : *Le rapport de recherche n'a pas été établi à la date de publication de la demande.*

⑫⑥ Références à d'autres documents nationaux apparentés :

⑦① Demandeur(s) : VALMET AUTOMATION (CANADA) LTD. — CA.

⑦② Inventeur(s) : Gabura A. James, MacHattie Ross K. et McNelles Larry A.

⑦③ Titulaire(s) :

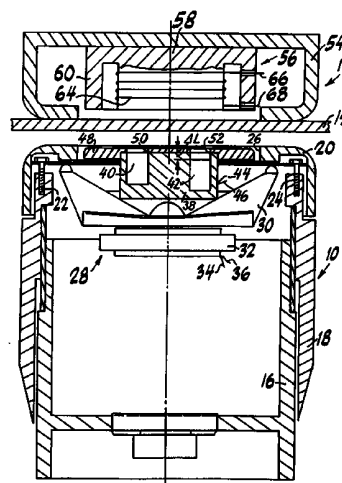
⑦④ Mandataire : Cabinet Beau de Loménie.

⑤④ Appareil et procédé de mesure de l'épaisseur d'une feuille et de maintien d'espacement.

⑤⑦ L'invention concerne un appareil de mesure de l'épaisseur d'une feuille.

Elle se rapporte à un appareil qui comprend deux dispositifs coopérants (56, 64; 48) destinés à créer un signal de sortie qui est une mesure de la distance les séparant, un dispositif (12) destiné à être au contact de la surface de la feuille et destiné à maintenir l'un des dispositifs coopérants (56, 64) à une distance constante d'une face de la feuille, et un servomécanisme (28) destiné à maintenir l'autre (48) des dispositifs coopérants à une distance constante de l'autre surface de la feuille si bien que le signal de sortie est une mesure de l'épaisseur de la feuille.

Application à la mesure d'épaisseur des feuilles de papier en cours de fabrication.



La présente invention concerne le domaine des appareils de mesure d'épaisseur et plus précisément le domaine des installations de mesure en continu de l'épaisseur d'une feuille.

5 On connaît déjà divers appareils destinés à la mesure d'épaisseur d'un matériau. Au cours de la fabrication d'une feuille continue ou discontinue d'une matière telle que le papier, des capteurs en continu sont utilisés pour la mesure de l'épaisseur de la feuille. Dans de
10 nombreuses installations, des têtes supérieure et inférieure sont supportées par un châssis en O afin qu'elles se déplacent sur la feuille et donnent un profil d'épaisseur. Dans une technique, l'une des deux têtes porte un disque ferromagnétique et l'autre un enroulement formé sur un
15 noyau magnétique, la réluctance de l'enroulement variant avec la distance comprise entre le disque et le noyau.

Dans certaines de ces installations de la technique antérieure, les têtes de capteurs sont directement au contact des faces supérieure et inférieure de la feuille
20 continue dont l'épaisseur doit être mesurée. Dans certains cas, les têtes comprennent des diaphragmes ou des soufflets donnant un contact flexible avec la feuille continue. Certaines têtes de la technique antérieure ont une configuration géométrique spéciale et sont recouvertes d'un
25 matériau dur et lisse qui réduit au minimum l'effet des irrégularités de résistance mécanique et de surface de la feuille dues aux variations d'humidité, à la saleté ou aux trous, car ces irrégularités pourraient autrement provoquer la formation de déchirures ou de marques sur le revêtement
30 du papier ou la feuille pourrait se rompre.

On a mis au point d'autres procédés dans lesquels la feuille continue porte un revêtement souple ou a des irrégularités de surface très grandes. Ces procédés comprennent le contact par roulement entre la tête et la
35 feuille ou un dispositif quelconque destiné à créer un coussin d'air entre la tête et la feuille continue. On utilise des rouleaux de petit diamètre pour le contact

roulant. Pour que la fabrication soit rapide, les petits rouleaux se déplacent à des vitesses très élevées de rotation au point que leur remplacement est fréquemment nécessaire.

5 Dans les capteurs du type utilisant un coussin d'air, on essaie de maintenir la distance comprise entre la tête et le matériau en feuille à une valeur constante par maintien d'une colonne d'air constante. Il est cependant difficile de maintenir la distance du coussin d'air à une
10 valeur suffisamment précise compte tenu de la précision nécessaire pour la mesure des feuilles minces.

Dans une autre installation de la technique antérieure, les têtes supérieure et inférieure sont placées à distance des faces supérieure et inférieure de la feuille
15 continue ou non. Les distances respectives entre la face supérieure de la feuille et la tête supérieure et entre la face inférieure de la feuille et la tête inférieure sont mesurées par des ensembles de triangulation optique. Une troisième mesure détermine la distance entre les têtes
20 supérieure et inférieure. L'épaisseur de la feuille est calculée d'après ces trois mesures de distance. Bien qu'une telle installation résolve les problèmes des installations dans lesquelles les têtes sont au contact des faces de la feuille, elle n'a pas une précision aussi élevée que
25 nécessaire, surtout dans le cas des feuilles minces.

L'invention a pour objet la réalisation d'un appareil de mesure en continu de l'épaisseur d'une feuille, donnant une précision supérieure à celle des ensembles de la technique antérieure.

30 Elle concerne aussi un tel appareil dans lequel une tête détectrice ou deux sont maintenues à distance de la feuille et non à son contact.

Elle concerne aussi un tel appareil perfectionné qui a une plus grande fiabilité que les installations détec-
35 trices de mesure d'épaisseur de feuille de la technique antérieure.

Elle concerne aussi un tel appareil qui convient particulièrement bien à la mesure de l'épaisseur des feuilles minces.

Elle concerne aussi un appareil qui assure la
5 compensation du déplacement de la feuille et de la déformation d'un cadre de support.

Elle concerne aussi un tel appareil ayant un capteur optique qui permet une compensation d'accumulation de poussières et des variations d'opacité de la feuille.

10 D'autres caractéristiques et avantages de l'invention seront mieux compris à la lecture de la description qui va suivre d'exemples de réalisation, faite en référence aux dessins annexés sur lesquels :

la figure 1 est une coupe d'un capteur perfectionné
15 de mesure d'épaisseur en continu selon l'invention ;

la figure 2 est une vue schématique d'un exemple de dispositif de mesure de distance optique qui peut être incorporé au capteur d'épaisseur de feuille selon l'invention ;

20 la figure 3 est une coupe d'un ensemble optique de mesure de distance incorporé à un capteur d'épaisseur représenté sur la figure 1 ;

la figure 4 est un graphique indiquant la courbe de sensibilité de l'ensemble représenté sur la figure 3 ;

25 la figure 5 est une vue schématique d'un autre exemple d'installation de mesure optique de distance qui peut être utilisé dans l'appareil de détection d'épaisseur selon l'invention ;

la figure 6 est une vue schématique illustrant le
30 fonctionnement de l'installation de mesure de distance de la figure 5 ;

les figures 7(a), 7(b) et 7.(c) sont des vues schématiques illustrant le fonctionnement des détecteurs de l'ensemble de mesure de distance représenté sur la figure
35 5 ;

la figure 8 est un schéma d'un autre exemple d'appareil de mesure de distance qui peut être utilisé dans

l'appareil de détection d'épaisseur de feuille selon l'invention ; et

la figure 9 est une coupe d'un exemple de capteur perfectionné de mesure d'épaisseur de feuille selon l'invention qui travaille pratiquement sans contact.

On se réfère d'abord à la figure 1 qui représente un appareil perfectionné de mesure d'épaisseur de feuille qui comporte une tête inférieure portant la référence générale 10 et une tête supérieure portant la référence générale 12, les deux têtes étant associées à une feuille continue de papier ou analogue dont l'épaisseur doit être mesurée.

La tête inférieure 10 a une partie inférieure 16 de boîtier et une partie supérieure 18 de boîtier. L'extrémité supérieure ouverte de la partie 18 est recouverte par un capuchon 20 maintenu en position par des vis 22 et 24. Le capuchon 20 a une fenêtre 26.

La tête inférieure 10 loge un servomécanisme désigné par la référence générale 28 et qui peut être par exemple un haut-parleur ayant un cône 30 et un mécanisme 32 de pilotage qui est excité par l'intermédiaire de fils 34 et 36.

Le cône mobile 30 du mécanisme 28 supporte un corps 38 qui porte deux ensembles 40 et 42 de mesure de distance qui, de la manière décrite dans la suite, coopèrent à la création d'un signal de sortie transmis par les conducteurs 44 et 46 et qui, après modification convenable, est appliqué aux conducteurs 34 et 36 afin que le corps 38 reste à une distance prédéterminée de la surface inférieure de la feuille 14.

Le corps 38 porte un disque 48 de ferrite ayant des trous 50 et 52 pour le passage des ensembles 40 et 42. Il apparaît facilement que, si le corps 38 est maintenu à une distance prédéterminée de la face inférieure de la feuille continue 14, le disque 48 est lui-même à une distance prédéterminée de la surface inférieure de la feuille continue.

On se réfère maintenant à la figure 3 qui représente les détails de l'ensemble 40, mais il faut noter que l'ensemble 42 est identique. L'ensemble 40 comprend un boîtier 70 porté par une base 72 et ayant une ouverture 74 à sa partie supérieure. Une fenêtre 76 est placée derrière l'ouverture 74. Le boîtier 70 supporte une source 78 de lumière d'un type quelconque connu dans la technique, placée latéralement à distance d'un détecteur 80. Une lentille 82 placée dans le boîtier 70 derrière la fenêtre 76 focalise la lumière de la source 78 à la face inférieure de la feuille 14. La lentille 82 focalise aussi la lumière réfléchiée par la face inférieure de la feuille continue sur le détecteur 80. Cette opération est schématiquement représentée sur la figure 2. De manière connue dans la technique, l'intensité de la lumière réfléchiée comme représenté sur la figure 4 a une valeur maximale ayant une pente avant très nette et une pente arrière qui suit avec une variation en $1/d^2$, d étant la distance de la surface de la feuille 14 à la face avant du dispositif représenté sur la figure 3. Dans un tel système, la sensibilité de mesure est élevée dans de petites plages dynamiques. La résolution de la mesure pour certaines configurations à petites plages dynamiques est de l'ordre de quelques centièmes de micron.

Dans la disposition particulière représentée sur la figure 1, on note que les dispositifs 40 et 42 sont montés à des distances différentes de la surface de la tête inférieure 10. Un premier ensemble est monté à une distance de 3,45 mm au-dessous de la surface alors que l'autre est monté à une distance de 4,65 mm au-dessous de la surface. Dans le mode de réalisation particulier représenté sur la figure 3, la position au point médian, pour ces distances, est à 4,3 mm de la surface de la feuille à l'emplacement du sommet de la courbe de réponse des ensembles 40 et 42. Dans ces conditions, l'ensemble 40 travaille sur la pente avant de la courbe de réponse alors que l'ensemble 42 travaille sur la pente arrière de la courbe de réponse. Si la différence ΔL entre les distances des paires 40 et 42 est égale

à 1,2 mm, la paire 40 étant à 3,45 mm au-dessous de la surface du disque 48 et la paire 42 à 4,65 mm au-dessous de la surface du disque 48, la feuille continue est à une distance constante de la surface lorsque les signaux des deux détecteurs sont égaux pour une distance de séparation d'environ 0,25 mm entre la surface de la feuille et la tête inférieure 10. Comme la distance entre la surface de la tête et la feuille continue change, le signal appliqué au servomécanisme 28 maintient une différence nulle entre les signaux de sortie des deux ensembles 40 et 42 de mesure de distance. Si la distance est plus grande, la différence entre les signaux de sortie ou $D_2 - D_1$ est négative. Si la différence est plus petite, la différence entre les signaux de sortie des deux ensembles est positive. Dans ce procédé, il est possible de maintenir efficacement une distance fixe entre le disque 48 porté par la tête 10 sans contact et la face inférieure de la feuille 14.

La disposition représentée sur la figure 1 travaille grâce à la méthode de la réluctance magnétique. Ainsi, de manière connue, la réluctance entre les conducteurs 66 et 68 est déterminée par la proximité du disque 48 de ferrite au noyau 56 de ferrite. Comme la tête supérieure 12 est au contact de la face supérieure de la feuille continue 14 et la tête inférieure 10 est maintenue à une distance prédéterminée de la face inférieure de la feuille 14, la réluctance entre les conducteurs 66 et 68 est une mesure directe de l'épaisseur de la feuille 14. La sensibilité élevée de cette mesure atteint 5 mm, avec la plus grande sensibilité dans la plage allant de 0 à 2,5 mm.

Il faut noter que, lorsque la tête 12 est au contact de la face supérieure de la feuille 14 et le noyau 56 est en position fixe par rapport à la tête 12 dans le mode de réalisation représenté, le noyau 56 est à une distance fixe de la face supérieure de la feuille 14. Il faut noter que le noyau 56 peut aussi être porté par un soufflet analogue sur la tête 12, le soufflet étant au contact de la face supérieure de la feuille 14. Les têtes 10 et 12 sont

supportées par un châssis en O (non représenté) d'un type connu dans la technique. De préférence, un revêtement dur de type connu dans la technique est appliqué à la surface de la tête 10 qui est au contact de la feuille 14.

5 La sensibilité élevée de la combinaison de la technique de la réluctance magnétique et de la détection optique de distance donne une mesure précise de l'épaisseur de la feuille de papier. L'axe de passage de la feuille est maintenu par rapport à la tête fixe. La déformation du
10 châssis est compensée par mesure de la distance totale de séparation des têtes et par déplacement réglé de la tête inférieure afin que la distance à la surface de la feuille soit constante.

 L'utilisation de deux ensembles émetteurs-détecteurs
15 40 et 42 et du positionnement du servomécanisme 28 afin que la différence reste nulle entre les intensités détectées de la lumière, compense les effets de l'accumulation de saleté, des variations d'opacité de feuille, des variations de pouvoir réflecteur et des variations de teinte de
20 couleur.

 Il faut aussi noter que, le cas échéant, on peut utiliser le rapport des signaux de sortie des ensembles 40 et 42 plutôt que leur différence. Lors de l'utilisation du rapport D_1/D_2 pour la mesure de la distance à la face de la
25 feuille de papier à une valeur inférieure à la distance de consigne de 4,3 mm par exemple, le rapport est inférieur à 1. Pour 4,3 mm, le rapport est exactement égal à 1 et, pour des distances plus grandes, le rapport est supérieur à 1. Les signaux de rapport sont traités de façon convenable
30 afin qu'ils donnent des signaux convenables de commande du servomécanisme 28. Ce procédé du rapport donne une sensibilité élevée à la mesure de distance, avec compensation de l'accumulation de poussière, des variations d'opacité de la feuille du papier, des variations du pouvoir réflecteur, et
35 des variations de la teinte de couleur et de la dérive des détecteurs.

On se réfère maintenant aux figures 5 à 7 qui représentent un autre ensemble de mesure de distance. Dans la disposition représentée, on utilise un laser 88 et quatre détecteurs 90, 92, 94 et 96 placés symétriquement
5 autour du laser. Un tube 98 de lumière conduit le faisceau laser à un ensemble 100 à hologramme ou lentille placé à l'extrémité du tube. Lors du passage dans le dispositif 100, le faisceau laser devient astigmatique et donne une configuration elliptique en coupe. La lumière réfléchie par
10 la surface de la feuille 14 est renvoyée par des tubes 102, 104, 106 et 108 de lumière placés symétriquement autour du tube 98, vers les détecteurs respectifs 90, 92, 94 et 96.

On se réfère maintenant à la figure 6 qui représente schématiquement le fonctionnement du système optique
15 représenté sur la figure 5. Comme indiqué précédemment, la lumière laser de la source 88, lorsqu'elle provient de l'hologramme 100, a une forme elliptique indiquée par l'ellipse L qui a un petit axe A-A' et un grand axe B-B', par rapport à l'axe optique XX du système. Par rapport au
20 point objet P, l'ellipse est plus petite à distance du tube 98 et converge sur elle-même. Le grand axe diminue plus vite que le petit axe et disparaît finalement en laissant une image horizontale a-a' du petit axe. Lorsque le faisceau continue à s'éloigner de ce point, le résultat est
25 la formation d'une image elliptique dont le grand axe grandit comme indiqué par la droite verticale b'-b, au plan focal FP.

Lorsque le faisceau quitte l'emplacement a-a', le petit axe continue à diminuer jusqu'à ce qu'il ait la même
30 longueur que le grand axe qui augmente, si bien que l'image obtenue est circulaire. En un point encore plus éloigné le long du trajet du faisceau, le petit axe disparaît et l'image est une droite verticale b'-b. Si le faisceau continue, le résultat est une ellipse de dimension crois-
35 sante qui a tourné de 180°.

Pour la mesure de distance, la région intéressante est celle qui est comprise entre la formation de la droite

a-a' et celle de la droite b'-b. Les images qui sont formées dans cette région sont renvoyées sur les fibres ou tubes 102, 104, 106 ou 108 de lumière qui renvoient les images vers les détecteurs 90, 92, 94 et 96 pour la formation d'un groupe de signaux qui représentent le "dessin" qui est vu sur la feuille de papier, et ainsi la distance entre l'extrémité du tube 98 de lumière et la surface de la feuille.

Il apparaît facilement que la détermination des rapports des paires opposées de détecteurs 90, 92, 94 et 96 et la détermination du rapport de ces rapports permettent l'obtention d'une mesure de la dimension de l'ellipse, cette dimension étant proportionnelle à la distance de la surface de la feuille indiquée par la référence FP sur la figure 6 à l'extrémité du tube 98 de lumière.

On se réfère maintenant aux figures 7(a), 7(b) et 7(c) qui représentent les trois conditions extrêmes de l'image dans la région de mesure.

La technique décrite précédemment, mettant en oeuvre un système optique à fibres ayant des fibres ou tubes de lumière 98, 102, 104, 106 et 108 permet une disposition de l'électronique très loin des conditions hostiles de fabrication de la feuille continue. En outre, grâce à la détermination des rapports des détecteurs associés à des tubes opposés, les variations de pouvoir réflecteur relatives aux variations de couleur, de pouvoir réflecteur ou d'opacité ou à d'autres variations analogues ainsi qu'à l'accumulation de saletés, sont supprimées par normalisation. La mesure de distance obtenue par le dispositif des figures 5 à 7(c) peut être utilisée pour la commande d'un mécanisme 28 ou d'un mécanisme analogue destiné à maintenir constante la distance comprise entre la face inférieure de la feuille 14 et la face supérieure du disque 48 par exemple. Cette technique de mesure avec une fibre optique peut aussi être utilisée pour la mesure simultanée de plusieurs positions de feuilles à l'aide de plusieurs faisceaux de fibres et

plusieurs ensembles détecteurs à matrice, avec des algorithmes de traitement d'image.

Il peut arriver que, pour un matériau relativement épais, une mesure optique de distance par triangulation possède une sensibilité suffisante. Ce procédé peut aussi être nécessaire lorsque les irrégularités de la surface du matériau sont supérieures à la plage dynamique des procédés très sensibles de mesure optique de distance décrits précédemment. On se réfère maintenant à la figure 8 qui représente à titre d'exemple un dispositif 110 de mesure de distance par triangulation qui peut comprendre une source 112 de lumière laser destinée à dériver un faisceau lumineux à la surface de la feuille 14. La lumière réfléchie par la surface de la feuille 14 est transmise par une lentille 114 à la surface d'un détecteur 116 à plusieurs éléments.

Lors du fonctionnement de ce système de mesure par triangulation, le point du détecteur 116 auquel la lumière réfléchie parvient est déterminé par la distance de la feuille 14 à la source 112. Par exemple, si la feuille 14 est à la position indiquée en trait plein sur la figure 8, le faisceau réfléchi suit le trajet en trait mixte et vient frapper un premier point sur le détecteur 116. Si la feuille est plus éloignée comme indiqué par le trait interrompu, la lumière réfléchie passe par le trajet indiqué en trait plein et tombe sur le détecteur 116 en un point qui se trouve à droite du point d'incidence représenté par le trait mixte. En outre, si la feuille 14 est plus proche de la source 112 comme indiqué en trait interrompu, le rayonnement réfléchi se déplace le long de la courbe indiquée en trait interrompu et vient frapper le détecteur 116 en un point qui se trouve à gauche du point d'incidence de la courbe en trait interrompu. On a découvert selon l'invention que, grâce au procédé de triangulation, la résolution pouvait atteindre 2 μm pour une distance de séparation de 12,7 cm et pour une plage de mesure d'environ 12,7 mm. Pour de plus grandes plages de mesure,

la résolution est plus faible. Bien qu'une telle résolution plus faible ne convienne pas aux feuilles de papier et autres produits minces, elle peut être satisfaisante pour des matériaux plus élevés tels que le carton et des matériaux de construction tels que les carreaux de plafond. Les mesures obtenues par triangulation peuvent aussi être utilisées pour la commande d'un servomécanisme tel que le mécanisme 28.

On se réfère maintenant à la figure 9 qui représente un capteur d'épaisseur en continu d'un type totalement sans contact. Dans la disposition de la figure, la tête inférieure qui porte la référence générale 118 est identique à la tête inférieure 10 du mode de réalisation de la figure 1. La tête supérieure qui porte la référence générale 120 n'est pas au contact de la face supérieure de la feuille continue 14. Cette tête supérieure 120 loge un servomécanisme portant la référence 122 et analogue au servomécanisme 28 du mode de réalisation représenté sur la figure 1. Le cône ou élément mobile 124 du servomécanisme 122 porte un noyau 126 de ferrite destiné à se déplacer avec lui et ayant une partie périphérique annulaire 128 et une partie centrale 130 de forme générale cylindrique. La pièce polaire cylindrique 130 a une cavité 132 destinée à loger un corps 134 ayant deux ensembles 136 et 138 de mesure de distance dont le fonctionnement est analogue à celui des ensembles 40 et 42. La pièce polaire 130 porte un enroulement 140 analogue à l'enroulement 64 de la tête supérieure 12 du mode de réalisation représenté sur la figure 1.

Pendant le fonctionnement du mode de réalisation représenté sur la figure 1, la plaque 48 de ferrite et le noyau 56 portant l'enroulement 64 forment un dispositif de mesure de distance du type à inductance variable dans lequel l'inductance entre les conducteurs 66 et 68 est une mesure de la distance séparant le disque 48 du noyau 56. Etant donné que la tête 12 est toujours au contact de la face supérieure de la feuille 14 et que le noyau 56 est en

position fixe sur la tête 54, le noyau est à une distance fixe de la face supérieure de la feuille 14.

Comme décrit précédemment, les deux dispositifs 40 et 42 de mesure optique de distance commandent l'excitation du mécanisme 28 afin qu'une distance prédéterminée soit maintenue entre la surface inférieure de la feuille 14 et la surface supérieure du disque 48. Ainsi, si la surface inférieure de la feuille 14 se rapproche de la surface supérieure du disque 48, les dispositifs 40 et 42 provoquent l'application aux conducteurs 34 et 36 d'un signal tel que le disque s'écarte de la feuille 14. Inversement, si la face inférieure de la feuille 14 s'écarte du disque 48, le mécanisme 28 est commandé afin qu'il rapproche le disque de la face inférieure de la feuille. De cette manière, le disque 48 est maintenu à une distance prédéterminée de la face inférieure de la feuille 14. La réluctance entre les conducteurs 66 et 68 est une mesure de la distance entre le disque 48 et le noyau 56. Comme la distance entre la plaque 48 et la face inférieure de la feuille 14 et la distance entre le noyau 56 et la face supérieure de la feuille 14 restent constantes, la réluctance entre les conducteurs 66 et 68 est une mesure de l'épaisseur de la feuille.

Le fonctionnement de la tête 118 du mode de réalisation représenté sur la figure 9 est le même que celui de la tête 10 de la figure 1. Le fonctionnement de la tête 120 qui n'est pas au contact de la surface supérieure de la feuille 14 est analogue au fonctionnement de la tête 10 en ce que le servomécanisme 122, en fonction des signaux de sortie des paires d'émetteurs-détecteurs 136 et 138, maintient une distance constante prédéterminée entre le noyau 126 et la face supérieure de la feuille 14. Comme la distance entre la plaque de ferrite de la tête 118 et la face inférieure de la feuille 14 et la distance entre le noyau 126 et la face supérieure de la feuille 14 sont maintenues à des valeurs constantes, la réluctance de

l'enroulement 140 est une mesure de l'épaisseur de la feuille 14.

Comme indiqué précédemment, il apparaît que d'autres dispositifs de mesure optique de distance que ceux qui sont
5 représentés sur les figures 5 et 8 peuvent être utilisés pour les dispositifs 136 et 138.

Ainsi, l'invention donne les résultats indiqués. Elle permet la réalisation d'un appareil de mesure d'épaisseur continue, qui présente une plus grande précision que
10 les ensembles connus. Dans l'appareil, l'une au moins des deux têtes de détection est maintenue à distance de la feuille continue. L'appareil est plus fiable que ceux de la technique antérieure. Il est particulièrement bien adapté à la mesure de l'épaisseur des feuilles continues ou non qui
15 sont minces. Il assure la compensation du déplacement de la feuille continue et la déformation d'un cadre ainsi que de l'accumulation de poussière, les variations de pouvoir réflecteur, les variations de teinte et les variations d'opacité des feuilles.

20 Bien entendu, diverses modifications peuvent être apportées par l'homme de l'art aux appareils de mesure qui viennent d'être décrits uniquement à titre d'exemples non limitatifs, sans sortir du cadre de l'invention.

REVENDICATIONS

1. Appareil de mesure de l'épaisseur d'une feuille d'un matériau, caractérisé en ce qu'il comprend, en combinaison, deux dispositifs coopérants (56, 64 ; 48) destinés à créer un signal de sortie qui est une mesure de la distance les séparant, un dispositif (12) destiné à être au contact de la surface de la feuille et destiné à maintenir l'un des dispositifs coopérants (56, 64) à une distance constante d'une face de la feuille, et un servomécanisme (28) destiné à maintenir l'autre (48) des dispositifs coopérants à une distance constante de l'autre surface de la feuille si bien que le signal de sortie est une mesure de l'épaisseur de la feuille.

2. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte des dispositifs optiques (40, 42) de mesure de la distance comprise entre l'autre dispositif coopérant et l'autre surface de la feuille.

3. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte un dispositif (40, 42) destiné à créer un signal de sortie à la suite d'une variation de distance entre l'autre dispositif coopérant et l'autre surface de la feuille, et un dispositif (32) sensible audit signal et destiné à ramener l'autre dispositif coopérant à la distance constante de la feuille.

4. Appareil selon la revendication 1, dans lequel le servomécanisme comporte un dispositif optique (88, 90, 92, 94, 96, 98, 100, 102, 104, 106, 108) de mesure de la distance comprise entre l'autre dispositif coopérant et l'autre surface de la feuille, ce dispositif optique comprenant des tubes de lumière (98, 100, 102, 104, 106, 108) partant d'un emplacement adjacent à l'autre surface et rejoignant un emplacement relativement éloigné de l'autre surface.

5. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte une première paire émetteur-détecteur (78, 80) destinée à créer un premier signal comme mesure de la distance de la première paire à

l'autre surface, une seconde paire émetteur-détecteur (78, 80) destinée à créer un second signal sous forme d'une mesure de la distance de la seconde paire à l'autre surface, et un dispositif (40, 42) de montage de la première
5 et de la seconde paire sur l'autre des dispositifs coopérants à une distance différentielle de l'autre surface telle que l'autre dispositif coopérant est à ladite distance constante lorsque les premiers et seconds signaux sont égaux.

10 6. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte un organe mobile (30), un dispositif (32) commandé par les signaux et destiné à déplacer cet organe, et un dispositif (34, 36) destiné à appliquer la différence entre les premiers et seconds
15 signaux au dispositif sensible aux signaux.

7. Appareil selon la revendication 5, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte un organe mobile (30), un dispositif (32) sensible aux signaux et destiné à déplacer cet organe, et un dispositif comprenant un dispositif de
20 détermination du rapport des premiers et seconds signaux et destiné à transmettre un signal au dispositif sensible à un signal.

8. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le servomécanisme comprend un ensemble à hologramme
25 (100) ou lentille, un laser (88) destiné à diriger un faisceau lumineux à travers l'ensemble à hologramme ou lentille vers l'autre surface de la feuille, et un dispositif (90, 92, 94, 96) sensible à la lumière réfléchie par cette surface et destiné à donner une mesure de la distance
30 comprise entre l'autre dispositif coopérant et l'autre surface.

9. Appareil selon la revendication 8, caractérisé en ce que le dispositif sensible à la lumière réfléchie comprend quatre détecteurs (90, 92, 94, 96) disposés
35 symétriquement autour du laser.

10. Appareil selon la revendication 9, caractérisé en ce que le servomécanisme comprend un tube central de

lumière (98) partant du laser vers un emplacement adjacent à l'autre surface, et des tubes respectifs de lumière (102, 104, 106, 108) placés symétriquement autour du tube central de lumière et destinés à conduire la lumière réfléchie de l'autre surface vers les détecteurs, l'ensemble à hologramme (100) ou lentille étant supporté par l'extrémité du tube central de lumière près de l'autre surface.

11. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte un dispositif optique (40, 42) destiné à mesurer la distance comprise entre l'autre organe et l'autre surface de la feuille par la méthode de triangulation.

12. Appareil selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'un premier des dispositifs coopérants est un noyau ferromagnétique (56) portant un enroulement (64), et un second des dispositifs coopérants est un corps (48) d'un matériau ferromagnétique.

13. Appareil de mesure de l'épaisseur d'une feuille mobile d'un matériau, caractérisé en ce qu'il comprend en combinaison une première tête (12), une seconde tête (10), un dispositif de montage des têtes à distance l'une de l'autre, la première étant au contact d'une première face de la feuille et la seconde en dehors du contact avec la feuille, un noyau ferromagnétique (56), un enroulement (64) porté par le noyau, un dispositif de montage du noyau sur l'une des têtes, un corps d'un matériau ferromagnétique (48), et un servomécanisme (28) de montage du corps sur l'autre tête et de maintien du corps à une distance prédéterminée de la feuille, le servomécanisme comprenant un dispositif optique (40, 42) destiné à mesurer la distance entre le corps et la surface de la feuille adjacente à l'autre tête.

14. Appareil selon la revendication 13, caractérisé en ce que le servomécanisme comporte un organe mobile (30) qui supporte le corps et un dispositif (82) sensible aux signaux et destiné à déplacer l'organe mobile, le dispositif optique créant un signal de commande à la suite d'un

changement de position du corps par rapport à la distance prédéterminée, et un dispositif (34, 36) destiné à appliquer le signal de commande au dispositif sensible aux signaux.

5 15. Appareil selon la revendication 14, caractérisé en ce que le dispositif optique comprend une première paire émetteur-détecteur (78, 80) destinée à créer un premier signal de distance comme mesure de la distance de la première paire à la surface de la feuille, une seconde
10 paire émetteur-détecteur (78, 80) destinée à créer un second signal sous forme d'une mesure de la distance de la seconde paire à la surface de la feuille, et un dispositif (40, 42) de montage de la première et de la seconde paire sur l'organe mobile à une distance différentielle de la
15 surface telle que le corps est à la distance prédéterminée lorsque les premiers et seconds signaux sont égaux.

 16. Appareil de mesure de l'épaisseur d'une feuille d'un matériau, caractérisé en ce qu'il comprend en combinaison un premier (128, 140) et un second (48) dispositif
20 coopérant destiné à donner une indication qui est une mesure de la distance comprise entre eux, un premier servomécanisme (122) destiné à maintenir le premier dispositif à une distance constante d'une première surface de la feuille, et un second servomécanisme (28) destiné à maintenir
25 le second dispositif à une distance constante de l'autre surface de la feuille, si bien que l'indication donnée par le premier et le second dispositif est une indication de l'épaisseur de la feuille.

 17. Appareil selon la revendication 16, caractérisé
30 en ce que chaque servomécanisme comporte un dispositif optique (40, 42) destiné à mesurer la distance entre le premier ou second dispositif correspondant et la surface adjacente de la feuille.

 18. Appareil selon la revendication 16, caractérisé
35 en ce que l'un des servomécanismes comporte un organe mobile (30), un dispositif sensible aux signaux et destiné à déplacer l'organe mobile, une première paire émetteur-

détecteur optique (78, 80) destinée à créer un signal sous forme d'une mesure de la distance comprise entre la première paire et la surface adjacente de la feuille, une seconde paire émetteur-détecteur optique (78, 80) destinée à former un second signal sous forme d'une mesure de la distance entre la seconde paire et la surface adjacente de la feuille, et un dispositif (40, 42) de montage de la première et de la seconde paire sur l'organe mobile à une distance différentielle de la surface telle que le premier et le second dispositif correspondant est à la distance constante.

19. Appareil destiné à maintenir une distance constante entre la surface d'un corps et une surface donnée, caractérisé en ce qu'il comprend en combinaison un organe mobile (30) destiné à supporter le corps afin que la surface du corps se déplace par rapport à la surface donnée, un premier et un second ensemble à paire émetteur-détecteur optique (78, 80), et un dispositif (40, 42) de montage des ensembles sur le corps à des distances différentielles de la surface donnée telles que la surface du corps se trouve à ladite distance constante lorsque les signaux de sortie des paires émetteur-détecteur sont égaux.

20. Procédé de mesure de l'épaisseur d'une feuille ayant des surfaces opposées à l'aide d'une paire de dispositifs coopérants destinés à produire un signal de sortie qui est une mesure de la distance les séparant, le procédé étant caractérisé en ce qu'il comprend le positionnement du dispositif coopérant afin qu'il soit respectivement adjacent aux côtés opposés de la feuille, le maintien de l'un des dispositifs coopérants à une distance fixe d'une surface de la feuille, la mesure de la distance comprise entre l'autre surface de la feuille et l'autre dispositif coopérant, et le maintien de l'autre dispositif coopérant à une distance constante de la surface externe de la feuille à la suite de l'étape de mesure.

1/3

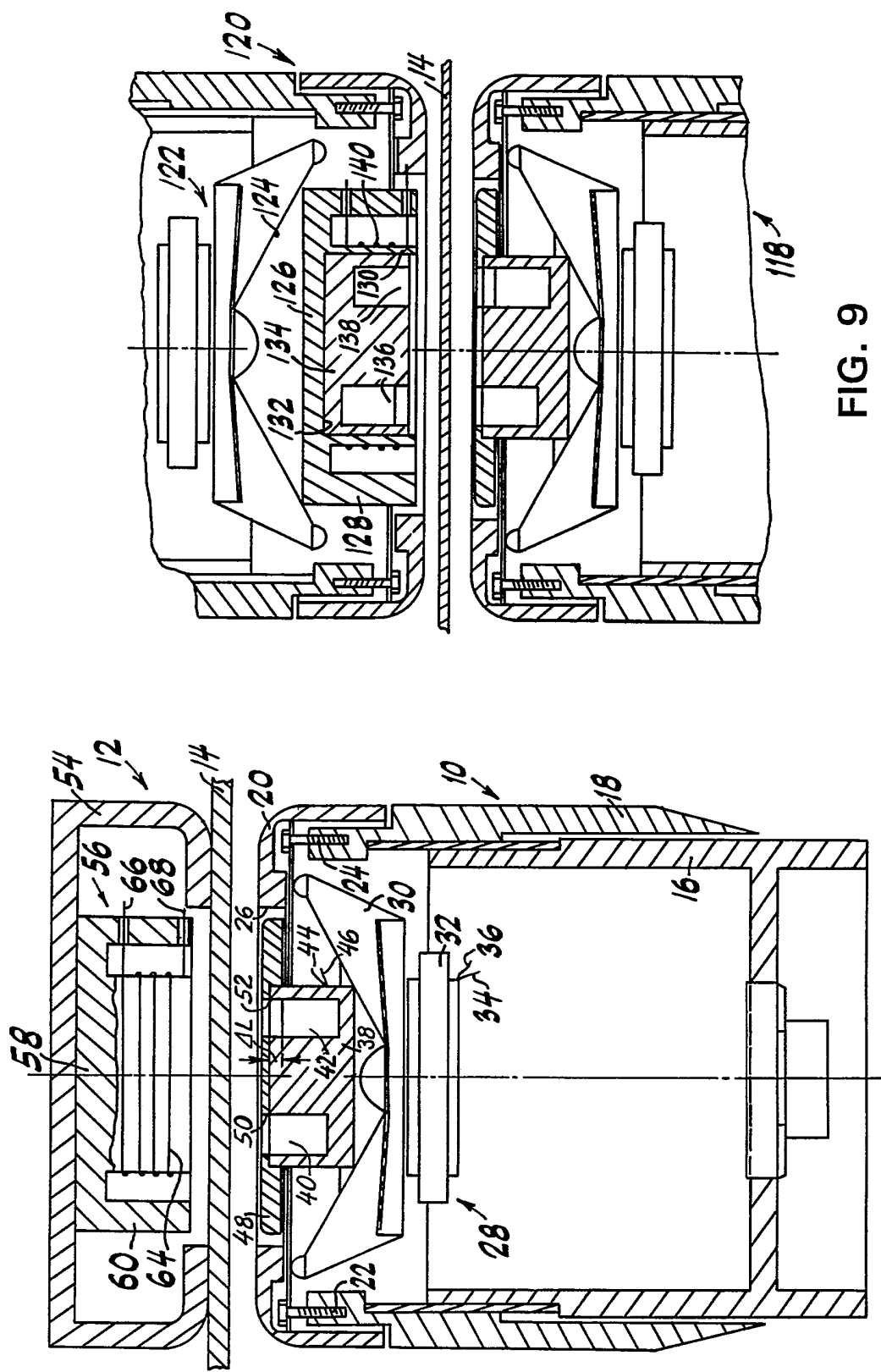


FIG. 9

FIG. 1

2/3

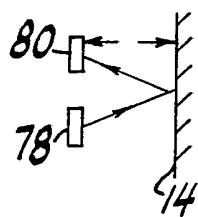


FIG. 2

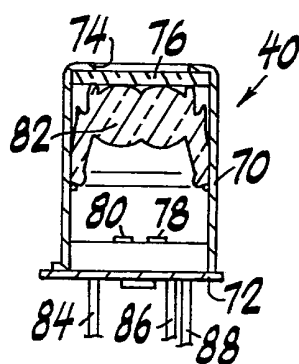


FIG. 3

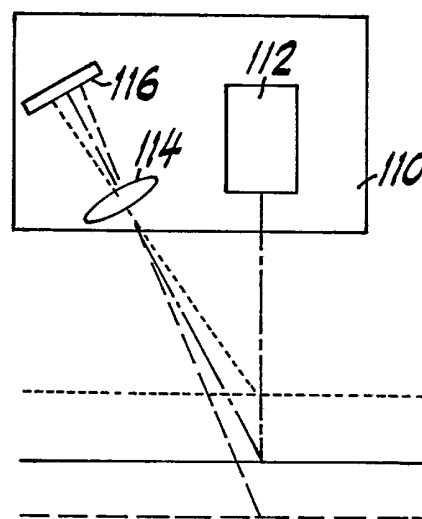


FIG. 8

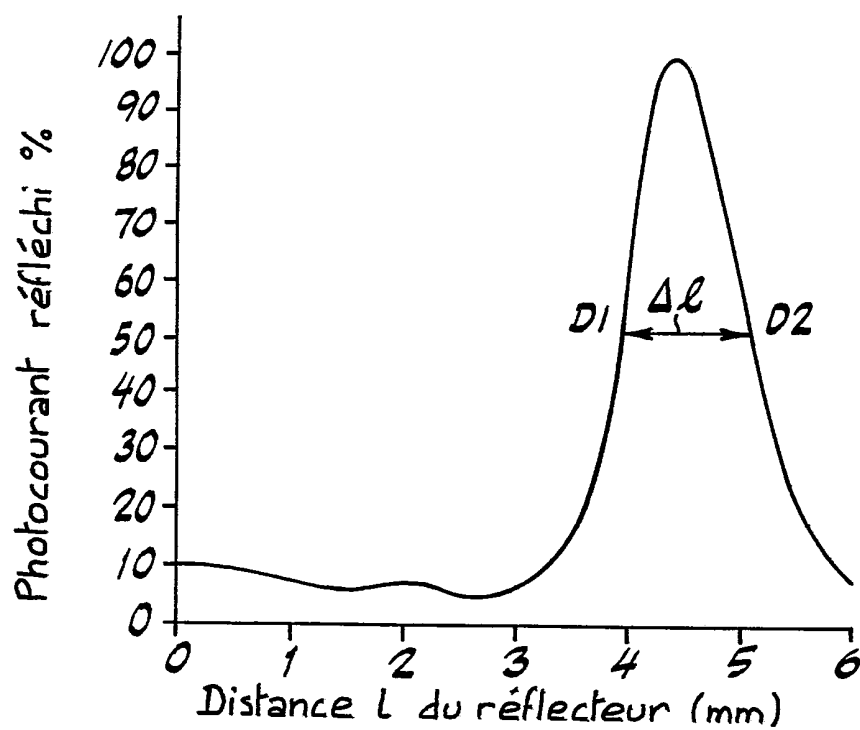


FIG. 4

3/3

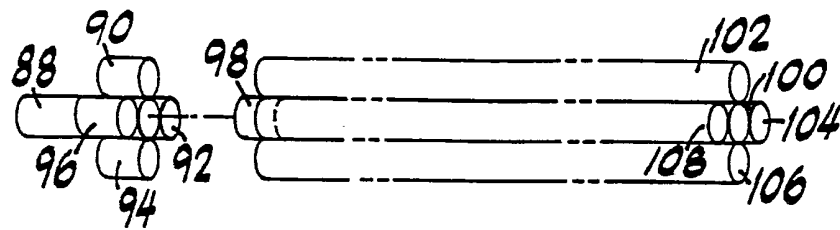


FIG. 5

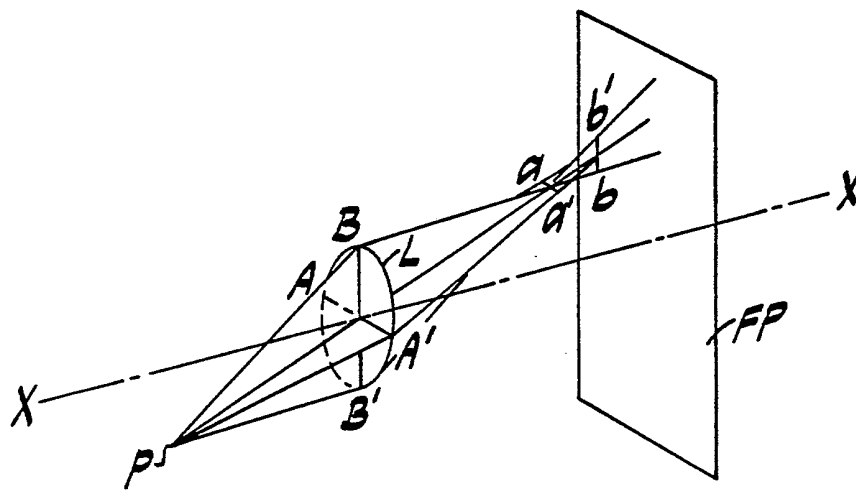


FIG. 6

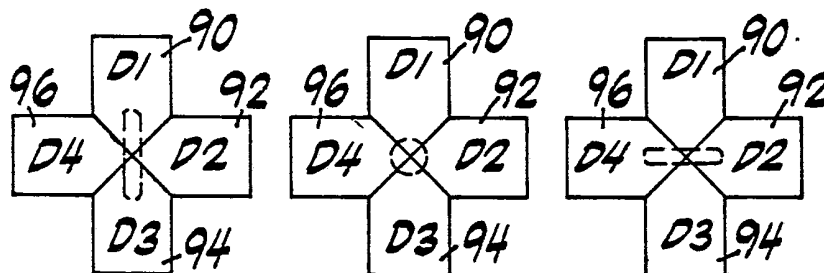


FIG. 7a

FIG. 7b

FIG. 7c