

①⑨ RÉPUBLIQUE FRANÇAISE
—
**INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE**
—
COURBEVOIE
—

①① N° de publication : **2 874 085**

(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

②① N° d'enregistrement national : **05 08346**

⑤① Int Cl⁸ : **G 01 D 5/241** (2006.01), G 01 N 11/14

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ **SYSTEME ET PROCEDE POUR AMELIORER LA MESURE DE PROPRIETES RHEOLOGIQUES.**

②② **Date de dépôt** : 04.08.05.

③③ **Priorité** : 06.08.04 US 10/912092.

④③ **Date de mise à la disposition du public
de la demande** : 10.02.06 Bulletin 06/06.

④⑤ **Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention** : 05.04.19 Bulletin 19/14.

⑤⑥ **Liste des documents cités dans le rapport de
recherche** :

Se reporter à la fin du présent fascicule

⑥⑥ **Références à d'autres documents nationaux
apparentés** :

○ **Demande(s) d'extension** :

⑦① **Demandeur(s)** : *WATERS INVESTMENT LIMITED*
— US.

⑦② **Inventeur(s)** : BERTING JOHN et GARRITANO
RON.

⑦③ **Titulaire(s)** : *WATERS TECHNOLOGIES*
CORPORATION.

⑦④ **Mandataire(s)** : *CABINET PLASSERAUD.*

FR 2 874 085 - B1



SYSTEME ET PROCEDE POUR AMELIORER LA MESURE DE PROPRIETES RHEOLOGIQUES

5 Des formes de réalisation de la présente invention portent sur des systèmes et des procédés de mesure capacitive à l'aide d'un rhéomètre. Plus particulièrement, des formes de réalisation de la présente invention portent sur des systèmes et des procédés pour mesurer les propriétés rhéologiques d'un échantillon sur un rhéomètre rotatif, tout en présentant une sensibilité réduite à des mouvements non orientés dans la direction ou l'axe de la mesure voulue.

10

Des rhéomètres, viscomètres ou viscosimètres rotatifs sont ordinairement utilisés pour mesurer des propriétés rhéologiques de matières, par exemple leur viscosité, leur souplesse et leur module d'élasticité, par rotation, déviation ou oscillation d'une géométrie de mesure dans une matière, soit en appliquant un couple et en mesurant la vitesse ou le déplacement qui en résulte, soit en appliquant une vitesse ou un déplacement et en mesurant le couple qui en résulte. Le couple et la vitesse/le déplacement sont utilisés conjointement avec des facteurs de géométrie de mesure afin de déterminer les propriétés de la matière.

20 Au sens de la présente description, le terme "rhéomètre" désigne des rhéomètres, des viscomètres, des viscosimètres et autres instruments de ce type servant à mesurer les propriétés d'un fluide ou de matières similaires (cf. liste ci-dessous). La viscosité est une propriété interne d'un fluide qui oppose une résistance à l'écoulement (c'est-à-dire qu'elle concerne l'épaisseur d'un liquide).

25 Le terme "matière", au sens de la présente description, couvre des liquides, des huiles, des dispersions, des suspensions, des émulsions, des adhésifs, des fluides biologiques, des polymères, des gels, des pâtes, des boues, des matières en fusion, des résines, des poudres ou des mélanges de ceux-ci. Ces matières sont également appelées ici "fluides". On peut citer comme exemples plus spécifiques de matières l'asphalte, le chocolat, le sang, les boues de forage, les lubrifiants, les huiles, les graisses, les réserves, les ciments liquides, les élastomères, les matières thermoplastiques, les matières thermodurcissables et les revêtements.

30 Une utilisation courante d'un rhéomètre consiste à déterminer des propriétés de fluidité d'une matière. Une technique consiste à appliquer un couple produit par un moteur en présence de la matière et à mesurer la vitesse ou le déplacement qui en résulte. Le couple et la vitesse/le déplacement sont utilisés conjointement avec des

35

facteurs de géométrie de mesure afin de déterminer les propriétés de la matière. Ainsi, le rhéomètre nécessite un détecteur de position extrêmement précis, linéaire, stable et constant. Le détecteur de position doit fonctionner sur un mouvement d'une très faible ampleur et avec une haute résolution de position.

5 Malheureusement, les rhéomètres rotatifs actuels utilisent des détecteurs qui ont l'inconvénient de présenter une erreur de gain. En particulier, les mouvements mécaniques non orientés suivant l'axe de la mesure principale provoquent une capacité parasite qui peut être traduite par erreur sous la forme d'un changement de l'axe de mesure principal. Ainsi, il est souhaitable de créer des capteurs capacitifs de
10 petits angles ou de petits déplacements qui aient une sensibilité très réduite à des sources typiques d'erreur de positionnement mécanique.

Un dispositif pour mesurer un mouvement d'un rhéomètre selon la présente invention comprend trois organes : un réseau d'excitation, un réseau actif de rotor et
15 un réseau de mesure. Le réseau actif de rotor est placé entre les réseaux de mesure et d'excitation et est couplé mécaniquement à un arbre d'entraînement du rhéomètre. La position de l'élément de réseau actif de rotor est mesurée par rapport aux réseaux de mesure et d'excitation. En particulier, le réseau de mesure détecte un signal produit par le réseau d'excitation, qui est affecté lorsque le réseau actif de rotor se déplace
20 avec l'arbre d'entraînement.

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, la sensibilité peut être accrue à l'aide d'une pluralité d'éléments présents dans chaque réseau du dispositif. Par exemple, le réseau d'excitation peut comporter plusieurs premiers émetteurs et plusieurs deuxièmes émetteurs. Chaque premier émetteur émet un premier signal
25 sinusoïdal et chaque deuxième émetteur émet un deuxième signal sinusoïdal, le deuxième signal sinusoïdal étant déphasé par rapport au premier signal sinusoïdal.

De même, le réseau de mesure comporte plusieurs premiers détecteurs et plusieurs deuxièmes détecteurs. Chaque premier détecteur détecte une première tension du premier signal sinusoïdal et du deuxième signal sinusoïdal, et chaque
30 deuxième détecteur détecte une deuxième tension du premier signal sinusoïdal et du deuxième signal sinusoïdal. De même, le réseau actif de rotor a plusieurs électrodes mobiles, le mouvement des diverses électrodes mobiles faisant varier la première tension et la deuxième tension détectées par le réseau de mesure.

Dans une forme préférée de réalisation de la présente invention, chaque
35 réseau (par exemple le réseau d'excitation, le réseau de mesure et le réseau actif de

rotor/linéaire) utilise cinquante lames, ce qui accroît d'un facteur 25 la sensibilité qui en résulte.

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, le réseau actif de rotor est excité par les tensions détectées par le réseau de mesure. Le fait d'exciter le réseau actif avec les tensions du réseau de mesure provoque un rejet de signaux indésirables qui ne sont pas dans la direction de mesure. Ainsi, pour une mesure angulaire du mouvement de l'arbre d'entraînement, le mouvement axial d'un rotor actif ne provoque pas de changement d'amplitude dans le signal différentiel de sortie. Un déplacement latéral d'un rotor actif ne simule pas de changement d'angle en raison des différents éléments capacitifs ni l'annulation de changements de capacité qui en résulte par suite d'effets de mise en moyenne.

Les multiples éléments capacitifs du capteur qui s'associent pour produire une seule mesure composite donnent une plus grande sensibilité. De même, le fait d'exciter le réseau actif avec des tensions produites par le réseau de mesure a pour effet une sensibilité réduite à d'autres mouvements mécaniques qui ne sont pas dans la direction de mesure. Bien que l'invention soit décrite dans le cadre d'une application à la rhéologie, l'invention peut être utilisée dans n'importe quelle application dans laquelle sont mesurés de petits angles ou de petites distances.

L'invention sera mieux comprise à l'étude de la description détaillée d'un mode de réalisation pris à titre d'exemple non limitatif et illustré par les dessins annexés sur lesquels :

la Fig. 1 est une vue écorchée d'une petite partie d'un dispositif de mesure selon une forme préférée de réalisation de la présente invention ;

les figures 2A, 2B et 2C sont des représentations schématiques d'un exemple de réseau d'excitation, d'un exemple de réseau actif de rotor et d'un exemple de réseau de mesure, respectivement, selon une forme préférée de réalisation de la présente invention ; et

la Fig. 3 est une représentation schématique d'un pont capacitif formé par les éléments du dispositif de mesure selon la forme préférée de réalisation de la présente invention.

Un rhéomètre selon la présente invention comprend un dispositif de mesure ayant un réseau d'excitation, un réseau actif de rotor et un réseau de mesure. Le réseau actif de rotor est placé entre les réseaux de mesure et d'excitation et est couplé

mécaniquement à un arbre rotatif du rhéomètre de façon à tourner avec l'arbre. La position du réseau actif de rotor est mesurée par rapport aux réseaux de mesure et d'excitation. En particulier, le réseau de mesure détecte un signal produit par le réseau d'excitation, lequel est affecté lorsque le réseau actif de rotor/linéaire se déplace d'un côté à l'autre.

Lorsque le rotor actif est amené à tourner par rapport aux réseaux d'excitation et de mesure, il est produit sur le réseau de mesure un signal proportionnel au changement de position angulaire. Les changements de position du rotor actif qui ne sont pas de nature angulaire produisent des changements très réduits des signaux de sortie. Par exemple, un mouvement axial du rotor actif ne provoque pas de changement d'amplitude dans le signal différentiel de sortie. De même, un déplacement latéral du rotor actif ne simule pas un changement d'angle. Le dispositif de mesure a également une sensibilité accrue d'un facteur 20 ou plus.

La Fig. 1 est une vue écorchée d'une petite partie d'un dispositif de mesure de petit angle utilisé dans un rhéomètre rotatif selon une forme préférée de réalisation de la présente invention. Le dispositif de mesure 100 comprend un réseau d'excitation 110, un réseau actif de rotor 120 et un réseau de mesure 130. Le réseau actif de rotor 120 est placé entre le réseau d'excitation 110 et le réseau de mesure 130. Bien que cela ne soit pas représenté sur la Fig. 1, le réseau actif de rotor 120 est couplé mécaniquement, par exemple, à un arbre d'entraînement d'un moteur dans un rhéomètre rotatif. Ainsi, le réseau de rotor actif 120 se déplace avec l'arbre d'entraînement du rhéomètre.

Chaque réseau du dispositif de mesure 100 (à savoir le réseau d'excitation 110, le réseau actif de rotor 120 et le réseau de mesure 130) comporte plusieurs éléments ou zones conductrices, représentés plus en détail sur les figures 2A-2C décrits ci-après.

Dans une forme préférée de réalisation de l'invention, le dispositif de mesure 100 fonctionne avec une plage linéaire maximale de plus ou moins 20 milliradians (mRad) utilisée pour un transducteur de 3,5 à 5,0 mRad. Le dispositif de mesure 100 a un diamètre extérieur de 76,2 mm (3") pour l'ensemble utilisant la technologie des cartes à circuits imprimés. Plus particulièrement, chaque réseau comporte un trou vide d'un diamètre minimal de 25,4 mm (1") pour un moyeu et des câblages. Dans une forme de réalisation préférée, le trou vide a un diamètre de 38,1 mm (1,5"). En outre, chaque réseau a un diamètre extérieur de 63,5 mm (2,5").

Le réseau d'excitation 110 est l'élément à excitation électrique du dispositif de mesure 100. En particulier, le réseau d'excitation 110 fournit un signal sinusoïdal au réseau de mesure 130. Un émetteur A 112 et un émetteur B 114, qui sont des éléments du réseau d'excitation 110, émettent des signaux sinusoïdaux à déphasage de 180 degrés.

Le réseau actif 120 de rotor est un élément conducteur du dispositif de mesure 100 servant d'élément de masquage pour arrêter le champ électrostatique produit par le réseau d'excitation 110. Des flèches 125 indiquent le mouvement, d'un côté à l'autre, du réseau actif de rotor 120 sur l'axe de mesure voulu. Pour déterminer une position, le réseau actif de rotor 120 est mécaniquement couplé à l'arbre mobile du rhéomètre, dont le mouvement est à mesurer. A la différence de dispositifs de mesure capacitifs, le réseau actif de rotor 120 est excité par des signaux électriques C' 122 et D' 124 afin de réduire la capacité parasite qui provoque une erreur de gain.

Le réseau de mesure 130 détecte un signal fourni par le réseau d'excitation 110, lequel est transféré par un couplage capacitif traversant l'intervalle entre les deux réseaux. Les éléments du réseau de mesure 130 comprennent un détecteur C 132 et un détecteur D 134. Des amplificateurs tampons (non représentés) sont connectés à des nœuds C 132 et D 134 pour commander respectivement les signaux C' 122 et D' 124. Ainsi, les nœuds C' 122 et D' 124 sont des sources de base impédance adaptées avec précision aux signaux apparaissant aux nœuds C et D.

Les figures 2A, 2B et 2C sont des représentations schématiques respectivement du réseau d'excitation 110, du réseau actif de rotor 120 et du réseau de mesure 130 selon une forme préférée de réalisation de la présente invention. Dans l'exemple illustré sur ces figures, le réseau d'excitation 110, le réseau actif de rotor 120 et le réseau de mesure 130 ont chacun cinquante éléments ou zones conductrices appelés lames 210A, 210B et 210C. Chaque lame mesure 0,1256637 radians. De plus, chaque lame 210C du réseau de mesure 130 comporte deux traits ou double protections 220 qui fournissent un signal d'excitation C' 122 et D' 124 au réseau actif de rotor 120. La largeur et l'espacement des traits entre les lames sont de 0,127 mm (0,005").

Bien que l'exemple servant d'illustration propose l'utilisation de 50 lames, un spécialiste de la technique comprendra que la présente invention ne se limite pas à ce nombre. Par exemple, dans une autre forme de réalisation, il est possible d'utiliser seulement 20 lames par réseau. Selon une autre possibilité, en utilisant des procédés de fabrication de couches minces et autres éléments de très petites dimensions, il est

possible de réaliser des réseaux d'une densité supérieure à 25 éléments de ponts (50 lames).

Dans la forme de réalisation décrite ici, l'utilisation de 50 lames accroît d'un facteur 25 la sensibilité obtenue. En particulier, les éléments capacitifs du réseau d'excitation 110 et du réseau de mesure 130 forment de multiples ponts capacitifs, décrits ci-après en référence à la Fig. 3. Chaque pont comporte les nœuds suivants : émetteur A, émetteur B, émetteur C, détecteur D, élément de déplacement C' et élément de déplacement D'. L'utilisation de 50 lames d'excitation et de mesure donne 25 ponts de ce type, composés de 100 condensateurs, chaque pont accroissant la sensibilité du dispositif de mesure.

La Fig. 3 est une représentation schématique d'un pont capacitif constitué par les éléments du dispositif de mesure selon une forme préférée de réalisation de la présente invention. Le pont capacitif 300 comprend les nœuds A, B, C et D, ainsi que les éléments de déplacement C' et D', les condensateurs variables AC 310, AD 320, BD 330 et BC 340, les signaux d'excitation 350 et 360 et les amplificateurs tampons Ac 370 et Ad 380.

Les signaux d'excitation 350 et 360 représentent les signaux sinusoïdaux émis par l'émetteur A 112 et B 114, qui sont déphasés de 180 degrés. Les nœuds C 132 et D 134 détecte chacun les deux signaux 350 et 360 émis par les émetteurs A et B. La puissance et la phase des signaux détectés varient parallèlement au changement de la position du réseau actif de rotor 120, et on peut les décrire comme des condensateurs variables AC 310, AD 320, BD 330 et BC 340.

Le condensateur variable AC 310 représente la capacité entre l'émetteur A 112 et le détecteur C 132 de la Fig. 1. De même, le condensateur variable AD 320 représente la capacité entre l'émetteur A 112 et le détecteur D 134. Le condensateur variable BD 330 représente la capacité entre l'émetteur B 114 et le détecteur D 134 et le condensateur variable BC 340 représente la capacité entre l'émetteur B 114 et le détecteur C 132. Chacun des condensateurs AC 310, AD 320, BD 330 et BC 340 est décrit comme variable car la valeur de capacité de chacun varie avec le mouvement du réseau actif de rotor 120.

Par exemple, si le réseau actif de rotor 120 de la Fig. 1 se déplace vers la gauche, les éléments du réseau de rotor créent alors moins de masquage entre le détecteur C 132 et l'émetteur A 112 et moins de masquage entre le détecteur D 134 et l'émetteur B 114. Comme le masquage est réduit par le mouvement du réseau actif de rotor 120 vers la gauche, le détecteur C 132 reçoit une plus grande exposition à

l'émetteur A 112 et le détecteur D 134 reçoit une plus grande exposition à l'émetteur B 114. Ainsi, le mouvement du réseau actif de rotor 120 de la Fig. 1 vers la gauche accroît la capacité du condensateur AC 310 et du condensateur BD 330, du fait d'une augmentation de la superficie effective des éléments capacitifs (c'est-à-dire la partie
5 de l'émetteur et des éléments de détection non masquée par les éléments conducteurs du rotor).

De même, le mouvement du réseau actif de rotor 120 de la Fig. 1 vers la gauche accroît le masquage produit par le réseau actif de rotor 120 entre l'émetteur A 112 et le détecteur D 134 ainsi qu'entre l'émetteur B 114 et l'élément C 132. De la
10 sorte, le mouvement du réseau actif de rotor 120 de la Fig. 1 vers la gauche réduit la capacité des condensateurs AD 320 et BC 340.

Considérant à nouveau la Fig. 3, à mesure que le rotor actif 120 se déplace vers la gauche, les condensateurs en pont AC 310 et BD 330 présentent une plus grande capacité tandis que les condensateurs en pont AD 320 et BD 340 ont une
15 capacité qui décroît proportionnellement. Le changement des valeurs de capacité des condensateurs en pont 310, 320, 330 et 340 provoque un déséquilibre du pont 300. Des points de détection ou détecteurs C 132 et D 134 détectent le signal différentiel du pont déséquilibré 300. En outre, la variation de la capacité est linéaire par rapport au déplacement horizontal des divers éléments capacitifs dont la superficie effective
20 change de manière linéaire.

Chaque configuration de pont capacitif formée par les divers éléments physiques de la Fig. 1 accroît la sensibilité du système aux variations de capacité. En particulier, l'utilisation de multiples ponts multiplie la sensibilité du dispositif de mesure 100 par le nombre d'éléments de réseau utilisés. En particulier, comme décrit
25 plus haut en référence aux figures 2A, 2B et 2C, une forme préférée de réalisation de la présente invention comprend 50 lames pour chaque réseau dans le dispositif de mesure (à savoir le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure), ce qui donne 25 éléments de ponts composés de 100 condensateurs connectés dans un réseau. Ainsi, la sensibilité obtenue du dispositif de mesure est
30 multipliée par un facteur 25.

Bien que l'utilisation d'un plus grand nombre d'éléments de réseau accroisse la sensibilité du dispositif de mesure, elle réduit également sa plage angulaire ou linéaire totale. Par exemple, si un capteur rotatif de position à un seul condensateur a une plage maximale totale de 180 degrés, un réseau d'éléments de 25 ponts est réduit
35 à une plage totale de 7,2 degrés (par exemple, $180/25 = 7,2$). Cependant, les

limitations physiques acceptant les cotes de fabrication, l'alignement, l'espacement entre les plaques, les effets de bords et autres compromis de conception nécessaires limitent encore plus la plage du capteur que la plage maximale totale théorique de 7,2 degrés. La forme de réalisation illustrée sur les figures 2A, 2B et 2C, comprenant 50
5 lames par réseau, permet une mesure d'un petit angle de plus ou moins 20 mRad dans des applications à plage limitée de 5 mRad ou moins.

Des capacités parasites (créées par exemple par un mouvement dans une direction différente de la direction de mesure) pourraient déformer les signaux détectés aux nœuds C et D en l'absence de mesures correctrices. Par exemple, un
10 mouvement de l'électrode rotative qui n'est pas orienté dans la direction de mesure primaire peut créer des capacités supplémentaires qui parasitent la fonction du détecteur, en provoquant une erreur de gain et une diminution de sensibilité. En particulier, les nœuds A et B à basse impédance resteraient relativement non affectés par d'éventuels changements de capacité résultant de la capacité parasite. Cependant,
15 les nœuds C et D de haute impédance qui sont extrêmement sensibles à l'action des charges capacitatives auraient tendance à modifier leurs valeurs si une capacité parasite était créée, aboutissant donc à une erreur de gain dans le pont.

Afin de réduire ou de supprimer d'éventuelles déformations, le réseau actif de rotor 120 est excité électriquement par les éléments C' 122 et D' 124. Les éléments
20 C' 122 et D' 124 sont des éléments à basse impédance relativement non sensibles ou protégés contre les variations de capacité sous l'effet de l'application de charge capacitive. Les amplificateurs tampons 370 et 380 fournissent au réseau actif de rotor 120 les signaux détectés issus du réseau de mesure 130. De la sorte, les signaux d'excitation C' 122 et D' 124 sont adaptés avec précision aux signaux qui
25 apparaissent respectivement aux nœuds C 132 et D 134 du réseau fixe de mesure 130.

Ainsi, les capacités parasites formées par l'agencement de la Fig. 1 comprennent AC', AD', BC', BD', CC', CD', DC' et DD'. Cependant, les nœuds A, B, C' et D' sont des éléments d'émission, qui sont des sources à basse impédance restant
30 relativement non affectées par une éventuelle variation de capacité. Ainsi, bien que les capacités parasites AC', AD', BC' et BD' soient des capacités réelles affectées par la distance d'écartement, une éventuelle variation de ces capacités laissera relativement non affectés les nœuds A, B, C' et D'.

De même, les capacités parasites CD' et DC' sont également très limitées par
35 leur emplacement dans le système. En particulier, les capacités CD' et DC' sont très

limitées en plaçant les nœuds C' 122 et D' 124 respectivement au-dessus du centre des nœuds C et D. Ainsi, même lorsque le réseau actif de rotor se déplace vers la gauche ou la droite, l'ampleur de l'éventuel chevauchement entre les nœuds C et D' ou entre les nœuds C' et D est très limitée.

5 Le plus important est que les capacités parasites CC' et DD' sont en fait nulles. Notamment, comme le nœud D' est excité depuis le nœud D, les deux sources ont constamment la même tension potentielle. Ainsi, la capacité DD' entre les nœuds D et D' est en fait nulle. La même protection ("protection électrostatique") existe entre les nœuds C et C', donnant une capacité nulle. La valeur effective nulle pour
10 ces deux condensateurs n'est nullement modifiée par l'intervalle entre les deux électrodes, qui peut changer en raison d'un mouvement dans une direction autre que la direction de mesure. Comme ces capacités sont normalement la source d'erreurs de gain dans un dispositif de mesure, cette source d'erreurs est efficacement supprimée de la mesure par la présente invention.

15 En résumé, la présente invention accroît la sensibilité dans la direction de mesure et réduit l'erreur due à un mouvement dans une direction autre que la direction de mesure. Comme décrit, les divers éléments physiques de la Fig. 1 forment de multiples ponts capacitifs, chaque pont accroissant la sensibilité du dispositif de mesure. Lorsqu'on utilise 50 lames, la sensibilité du dispositif de mesure
20 qui en résulte est accrue d'un facteur 25.

En outre, le dispositif de mesure est amélioré pour réduire la capacité parasite créée par un mouvement dans la direction autre que la direction de mesure en excitant par un signal électrique le réseau actif de rotor.

25 Ainsi, en utilisant la technique décrite à multiples ponts et la protection capacitive des éléments de rotor, il est possible de fabriquer un détecteur capacitif de position d'une grande précision pour de petits angles, à utiliser dans un rhéomètre relativement non sensible aux mouvements sur des axes autres que l'axe de mesure. L'utilisation de techniques classiques pour cartes à circuits imprimés permet d'obtenir un réseau de 25 éléments sur un diamètre de fonctionnement raisonnable. Comme
30 décrit plus haut, des réseaux d'une plus grande densité peuvent être réalisés à l'aide de procédés de fabrication de couches minces et autres éléments de petites dimensions.

35 En outre, lors de la description de formes de réalisation représentatives de la présente invention, on a pu présenter le procédé et/ou le processus selon la présente invention sous la forme d'une suite particulière d'étapes. Cependant, dans la mesure

où le procédé ou le processus ne repose pas sur l'ordre particulier d'étapes présenté ici, le procédé ou processus ne doit pas se limiter à la suite particulière d'étapes décrite. Comme doit le comprendre un spécialiste ordinaire de la technique, d'autres ordres d'étapes sont possibles. Par conséquent, l'ordre particulier des étapes indiqué dans la description ne doit pas être interprété comme une limitation des revendications. De plus, les revendications concernant le procédé et/ou le processus selon la présente invention ne doivent pas se limiter à l'exécution de leurs étapes dans l'ordre indiqué, et un spécialiste de la technique peut facilement comprendre que les ordres peuvent être modifiés tout en restant dans l'esprit et le cadre de la présente invention.

REVENDEICATIONS

1. Détecteur capacitif d'angle de rotation servant à mesurer un mouvement dans un rhéomètre rotatif, caractérisé en ce qu'il comprend :

5 un réseau d'excitation (110) ayant plusieurs premiers émetteurs (A 112) et plusieurs seconds émetteurs (B 114), les différents premiers émetteurs (A 112) émettant un premier signal sinusoïdal et les différents seconds émetteurs (B 114) émettant un deuxième signal sinusoïdal, le deuxième signal sinusoïdal étant déphasé par rapport au premier signal sinusoïdal ;

10 un réseau de mesure (130) disposé à l'opposé du réseau d'excitation (110) et ayant plusieurs premiers détecteurs (C 132) et plusieurs deuxièmes détecteurs (D 134), les différents premiers détecteurs (C 132) détectant une première tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux et les différents deuxièmes détecteurs (D 134) détectant une deuxième tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux ;

15 et

un réseau actif de rotor (120) conçu pour être accouplé mécaniquement avec un arbre d'entraînement du rhéomètre rotatif et tournant entre le réseau d'excitation (110) et le réseau de mesure (130), le réseau actif de rotor (120) ayant plusieurs premiers éléments mobiles et plusieurs deuxièmes éléments mobiles, les différents premiers éléments mobiles étant commandés par la première tension et les différents deuxièmes éléments mobiles étant commandés par la deuxième tension,

20 ce par quoi le mouvement du réseau actif de rotor (120) fait varier les première et deuxième tensions et le réseau actif de rotor (120) détermine le mouvement de l'arbre d'entraînement du rhéomètre rotatif d'après les première et deuxième tensions.

2. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide de techniques pour cartes à circuits imprimés.

3. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide d'un procédé de fabrication de couches minces.

4. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau de mesure et le réseau actif de rotor se présentent sous la forme de plaques.

5. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le réseau d'excitation comprend 20 émetteurs ou plus, le réseau actif de rotor comprend 20 électrodes mobiles ou plus et le réseau de mesure comprend 20 détecteurs ou plus, en formant de la sorte 10 ponts capacitifs ou plus.

5 6. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 1, caractérisé en ce que le détecteur a une plage maximale de plus ou moins 20 milliradians.

7. Procédé pour mesurer un mouvement d'un rhéomètre rotatif sur un petit angle, caractérisé en ce qu'il comprend les étapes consistant à :

10 émettre un premier signal sinusoïdal à partir d'un premier émetteur d'un réseau d'excitation ;

émettre un deuxième signal sinusoïdal à partir d'un deuxième émetteur du réseau d'excitation, le deuxième signal sinusoïdal étant déphasé par rapport au premier signal sinusoïdal ;

15 détecter une première tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux dans un premier détecteur présent dans un réseau de mesure, le réseau de mesure étant disposé à l'opposé du réseau d'excitation ;

détecter une deuxième tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux dans un deuxième détecteur présent dans le réseau de mesure ;

20 faire tourner un réseau actif de rotor, conçu pour être couplé mécaniquement à un arbre d'entraînement du rhéomètre rotatif, entre le réseau d'excitation et le réseau de mesure, le réseau actif de rotor ayant une première électrode mobile et une deuxième électrode mobile, le mouvement des première et deuxième électrodes mobiles faisant varier la première tension et la deuxième tension détectées par le réseau de mesure, et le réseau de mesure déterminant le mouvement, sur un petit angle, de l'arbre d'entraînement du rhéomètre rotatif d'après les première et deuxième tensions ;

commander la première électrode mobile à l'aide de la première tension ; et commander la deuxième électrode mobile à l'aide de la deuxième tension.

30 8. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le réseau d'excitation comprend en outre plusieurs premiers émetteurs et plusieurs deuxièmes émetteurs,

le réseau actif de rotor comporte plusieurs premières électrodes mobiles et plusieurs deuxièmes électrodes mobiles, et

le réseau de mesure comporte plusieurs éléments de détection et plusieurs deuxièmes éléments de détection.

5 9. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le réseau d'excitation comprend 20 émetteurs ou plus, le réseau actif de rotor comprend 20 électrodes mobiles ou plus et le réseau de mesure comprend 20 détecteurs ou plus.

10 10. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide de techniques pour cartes à circuits imprimés.

11. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide d'un procédé de fabrication de couches minces.

12. Procédé selon la revendication 7, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau de mesure et le réseau actif de rotor se présentent sous la forme de plaques, chaque plaque comportant plusieurs lames.

15 13. Détecteur capacitif d'angle de rotation servant à mesurer un mouvement, sur un petit angle, d'un rhéomètre rotatif, caractérisé en ce qu'il comprend :

un moyen pour émettre un premier signal sinusoïdal depuis un premier émetteur d'un réseau d'excitation ;

20 un moyen pour émettre un deuxième signal sinusoïdal depuis un deuxième émetteur du réseau d'excitation, le deuxième signal sinusoïdal étant déphasé par rapport au premier signal sinusoïdal ;

un moyen pour détecter une première tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux dans un premier détecteur présent dans un réseau de mesure, le réseau de mesure étant disposé à l'opposé du réseau d'excitation ;

25 un moyen pour détecter une deuxième tension des premier et deuxième signaux sinusoïdaux dans un deuxième détecteur présent dans le réseau de mesure ;

un moyen pour faire tourner un réseau actif de rotor, conçu pour être couplé mécaniquement à un arbre d'entraînement de rhéomètre rotatif, entre le réseau d'excitation et le réseau de mesure, le réseau actif de rotor ayant une première électrode mobile et une deuxième électrode mobile, le mouvement des première et deuxième électrodes mobiles faisant varier la première tension et la deuxième tension détectées par le réseau de mesure ;

30

un moyen pour déterminer le mouvement, sur un petit angle, de l'arbre d'entraînement du rhéomètre rotatif d'après les première et deuxième tensions ;

un moyen pour commander la première électrode mobile par la première tension ; et

un moyen pour commander la deuxième électrode mobile par la deuxième tension.

5 14. Détecteur capacitif d'angle de rotor selon la revendication 13, caractérisé en ce que le réseau d'excitation comporte en outre plusieurs premiers émetteurs et plusieurs deuxièmes émetteurs,

le réseau actif de rotor comporte plusieurs premiers éléments mobiles et plusieurs deuxièmes éléments mobiles, et

10 le réseau de mesure comporte plusieurs premiers éléments de détection et plusieurs deuxièmes éléments de détection.

15 15. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 14, caractérisé en ce que le réseau d'excitation comprend 20 émetteurs ou plus, le réseau actif de rotor comprend 20 électrodes mobiles ou plus et le réseau de mesure comprend 20 détecteurs ou plus.

16. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 13, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide de techniques pour cartes à circuits imprimés.

20 17. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 13, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau actif de rotor et le réseau de mesure sont formés à l'aide d'un procédé de fabrication de couches minces pour parvenir à une forte densité.

25 18. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 13, caractérisé en ce que le réseau d'excitation, le réseau de mesure et le réseau actif de rotor se présentent sous la forme de plaques, chaque plaque comportant plusieurs lames.

19. Détecteur capacitif d'angle de rotation selon la revendication 13, caractérisé en ce que le détecteur a une plage maximale de plus ou moins 20 milliradians.

30

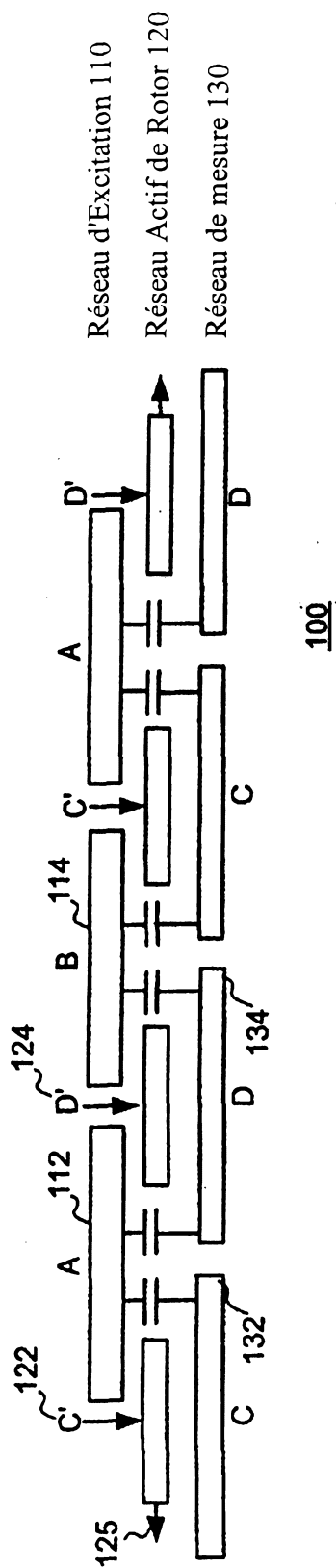
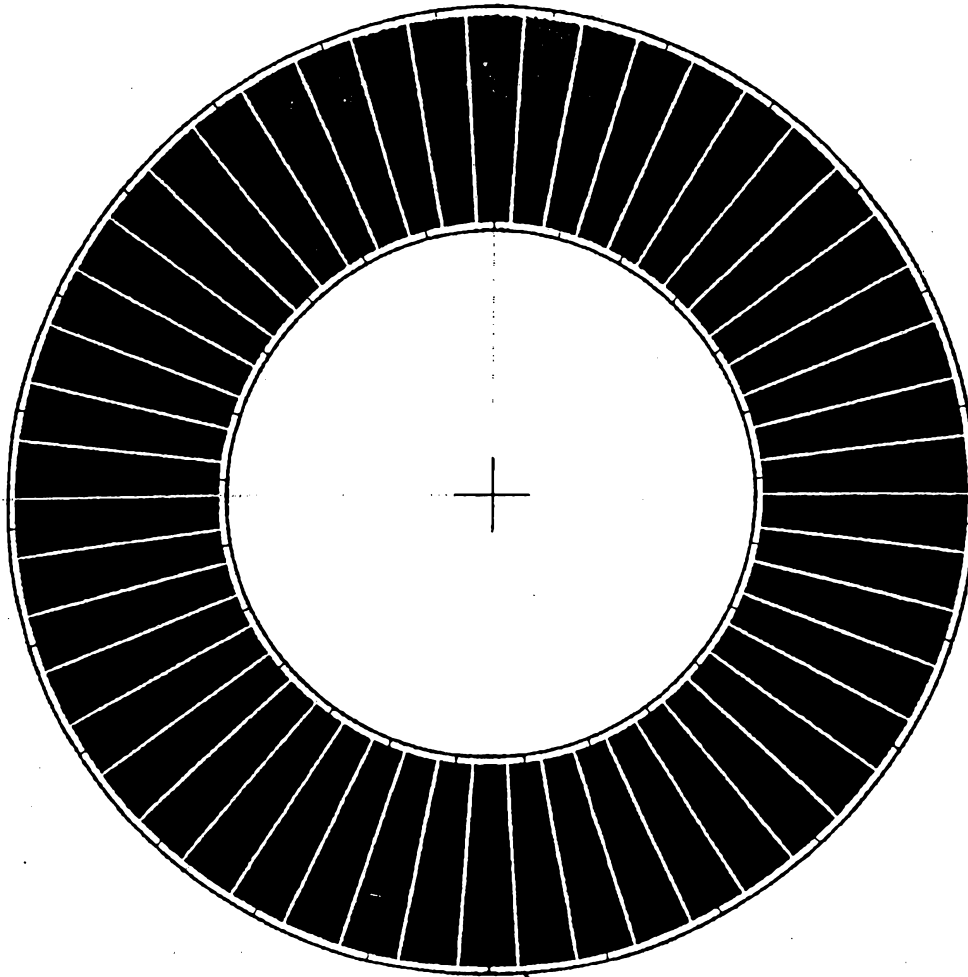


Figure 1



210A

Figure 2A

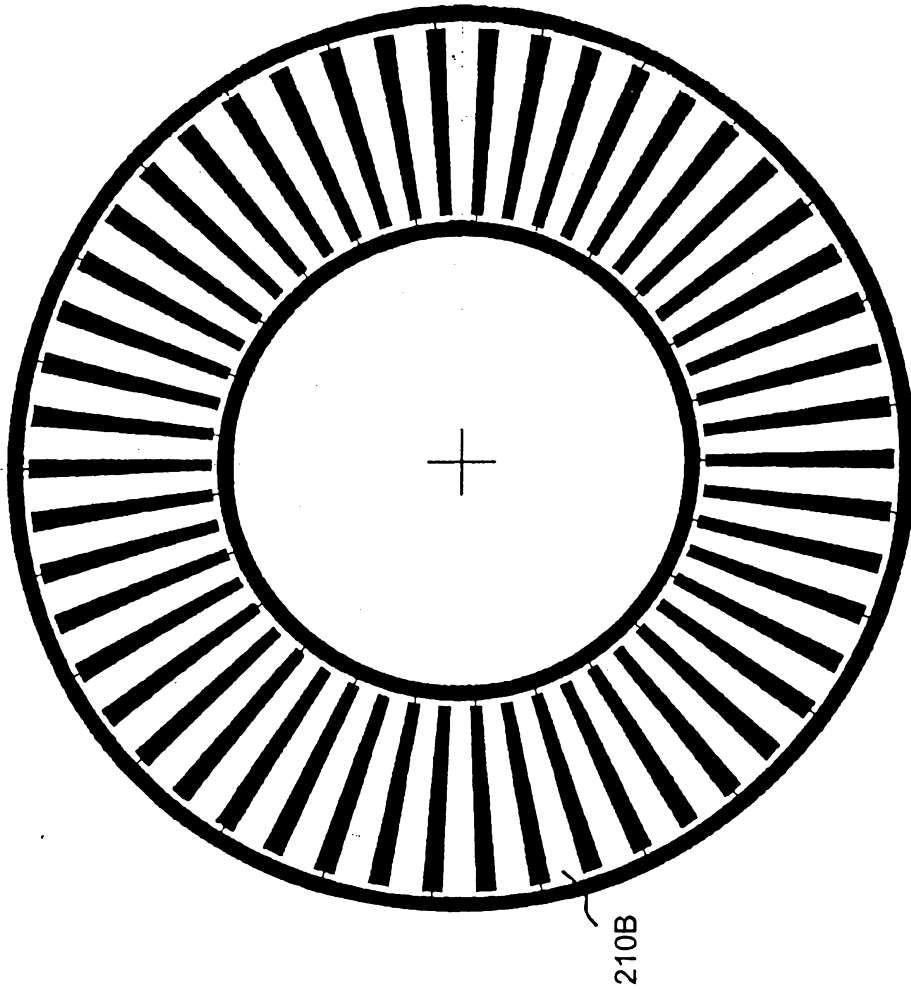


Figure 2B

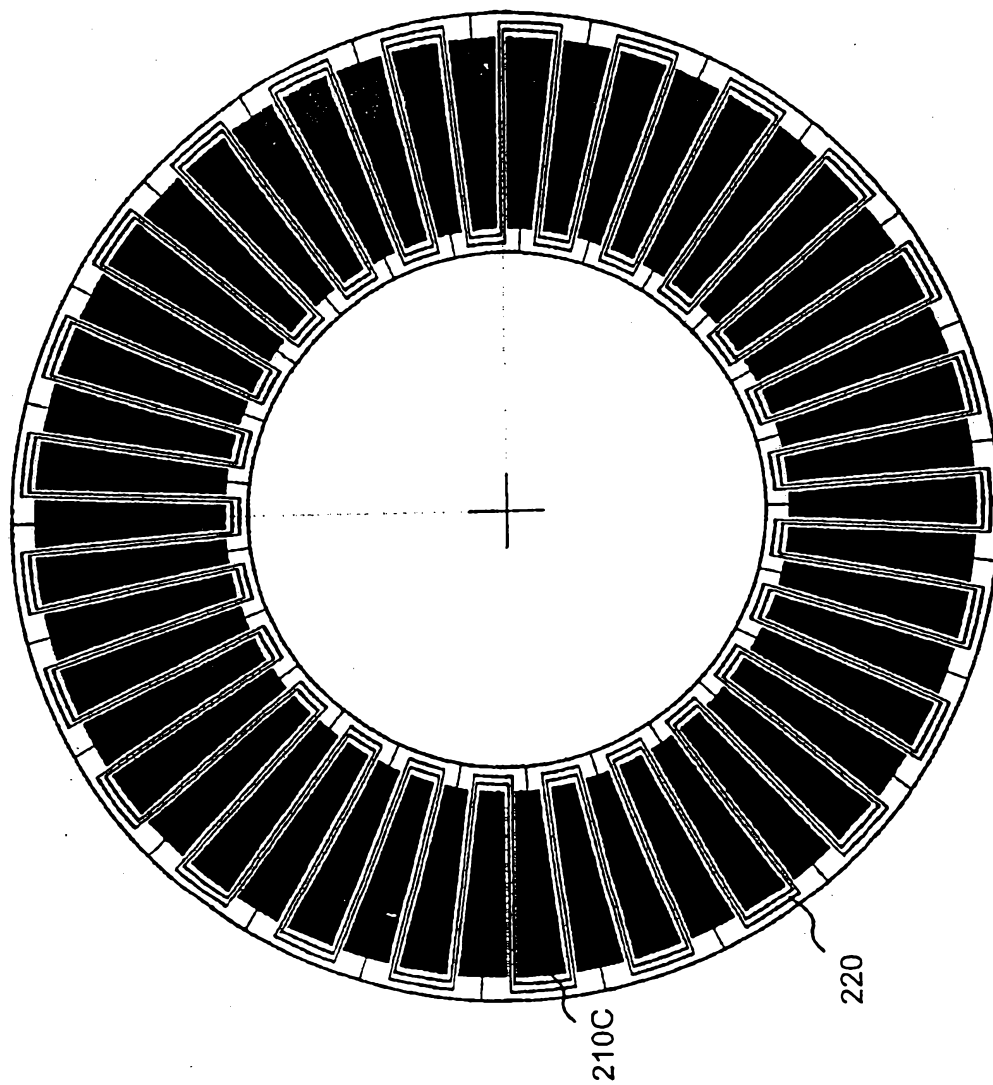


Figure 2C

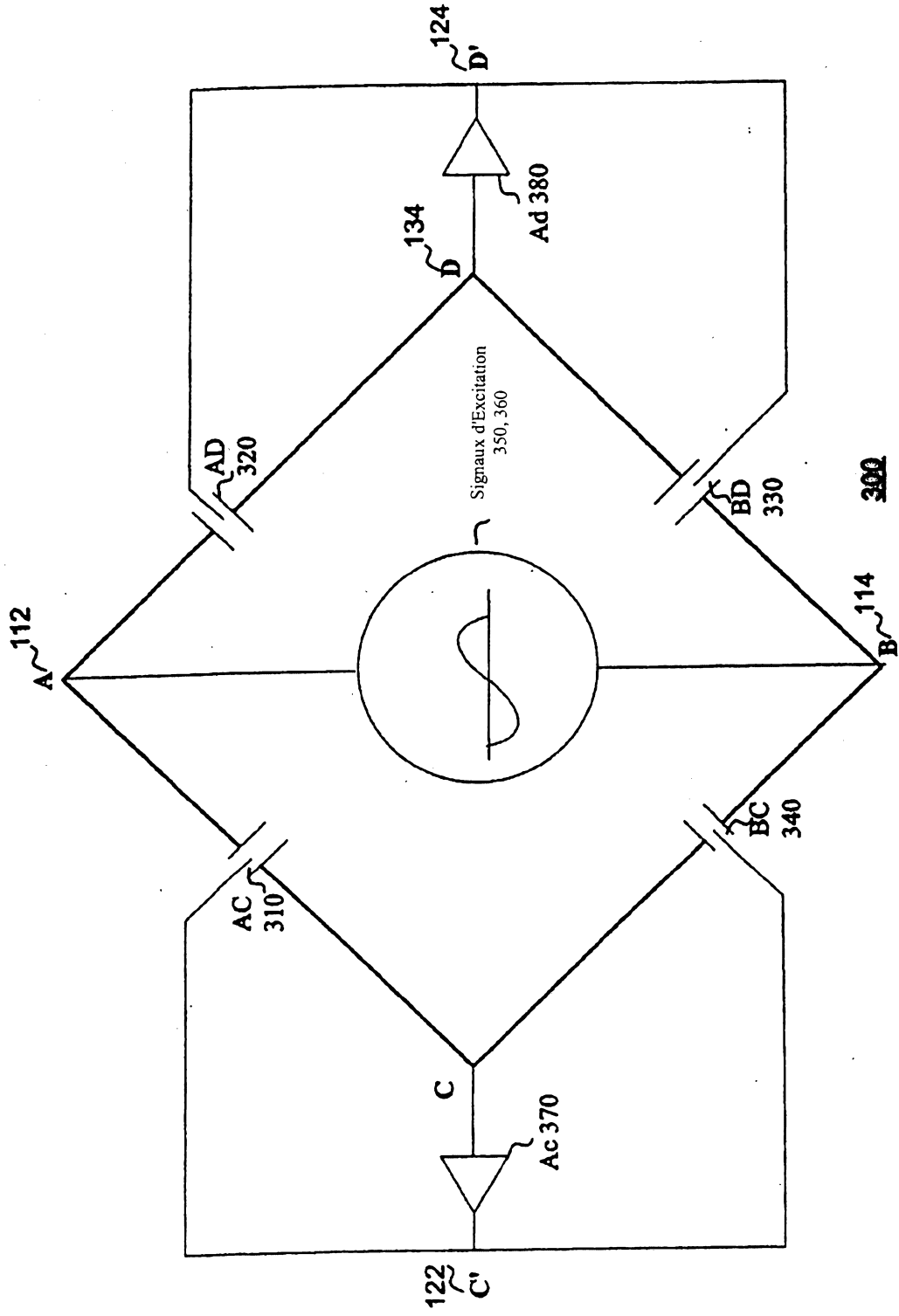


Figure 3

RAPPORT DE RECHERCHE

articles L.612-14, L.612-53 à 69 du code de la propriété intellectuelle

OBJET DU RAPPORT DE RECHERCHE

L'I.N.P.I. annexe à chaque brevet un "RAPPORT DE RECHERCHE" citant les éléments de l'état de la technique qui peuvent être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention, au sens des articles L. 611-11 (nouveau) et L. 611-14 (activité inventive) du code de la propriété intellectuelle. Ce rapport porte sur les revendications du brevet qui définissent l'objet de l'invention et délimitent l'étendue de la protection.

Après délivrance, l'I.N.P.I. peut, à la requête de toute personne intéressée, formuler un "AVIS DOCUMENTAIRE" sur la base des documents cités dans ce rapport de recherche et de tout autre document que le requérant souhaite voir prendre en considération.

CONDITIONS D'ETABLISSEMENT DU PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

Le demandeur a présenté des observations en réponse au rapport de recherche préliminaire.

Le demandeur a maintenu les revendications.

Le demandeur a modifié les revendications.

Le demandeur a modifié la description pour en éliminer les éléments qui n'étaient plus en concordance avec les nouvelles revendications.

Les tiers ont présenté des observations après publication du rapport de recherche préliminaire.

Un rapport de recherche préliminaire complémentaire a été établi.

DOCUMENTS CITES DANS LE PRESENT RAPPORT DE RECHERCHE

La répartition des documents entre les rubriques 1, 2 et 3 tient compte, le cas échéant, des revendications déposées en dernier lieu et/ou des observations présentées.

Les documents énumérés à la rubrique 1 ci-après sont susceptibles d'être pris en considération pour apprécier la brevetabilité de l'invention.

Les documents énumérés à la rubrique 2 ci-après illustrent l'arrière-plan technologique général.

Les documents énumérés à la rubrique 3 ci-après ont été cités en cours de procédure, mais leur pertinence dépend de la validité des priorités revendiquées.

Aucun document n'a été cité en cours de procédure.

1. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE SUSCEPTIBLES D'ETRE PRIS EN CONSIDERATION POUR APPRECIER LA BREVETABILITE DE L'INVENTION

NEANT

2. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE ILLUSTRANT L'ARRIERE-PLAN TECHNOLOGIQUE GENERAL

US 5 028 875 A (PETERS RANDALL D [US]) 2 juillet 1991 (1991-07-02)

GB 2 176 013 A (MITUTOYO MFG CO LTD MITUTOYO MFG CO LTD [JP]) 10 décembre 1986 (1986-12-10)

US 5 461 319 A (PETERS RANDALL D [US]) 24 octobre 1995 (1995-10-24)

WO 00/63653 A2 (NETZER PREC MOTION SENSORS LTD [IL]; NETZER YISHAY [IL]) 26 octobre 2000 (2000-10-26)

3. ELEMENTS DE L'ETAT DE LA TECHNIQUE DONT LA PERTINENCE DEPEND DE LA VALIDITE DES PRIORITES

NEANT