



CONFÉDÉRATION SUISSE

OFFICE FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

⑤① Int. Cl.: G 01 B

7/02

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

⑪

633 883

⑳ Numéro de la demande: 9404/79

㉔ Date de dépôt: 19.10.1979

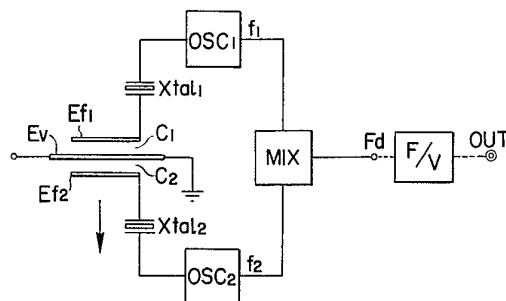
㉓ Priorité(s): 20.10.1978 JP 53-129314

㉔ Brevet délivré le: 31.12.1982

㉔ Fascicule du brevet  
publié le: 31.12.1982㉔ Titulaire(s):  
Hiroomi Ogasawara,  
Ashigarakami-gun/Kanagawa-ken (JP)㉔ Inventeur(s):  
Hiroomi Ogasawara,  
Ashigarakami-gun/Kanagawa-ken (JP)㉔ Mandataire:  
William Blanc & Cie conseils en propriété  
industrielle S.A., Genève

## ⑤④ Dispositif de détection de déplacement linéaire.

⑤⑦ Ce dispositif comprend une électrode intérieure (Ev) placée entre deux électrodes extérieures (Ef1, Ef2), ces électrodes étant parallèles entre elles, de façon à former une paire de condensateurs variables ( $C_1$ ,  $C_2$ ). Dans la forme d'exécution représentée, l'électrode intérieure (Ev) peut être déplacée en fonction du déplacement à mesurer, dans une direction formant un angle avec le plan des électrodes extérieures (Ef1, Ef2), tout en étant maintenue parallèle à ce plan au cours de son déplacement. La capacité de l'un des condensateurs ( $C_1$ ,  $C_2$ ) augmente, au cours de ce mouvement, alors que celle de l'autre condensateur diminue, et vice-versa. Les condensateurs ( $C_1$ ,  $C_2$ ) sont couplés à des oscillateurs (OSC<sub>1</sub>, OSC<sub>2</sub>) dont les signaux de sortie respectifs ( $f_1$ ,  $f_2$ ) sont mélangés dans un mélangeur (MIX). On augmente ainsi un signal Fd correspondant à la différence ( $f_1 - f_2$ ). Le signal Fd, ou un signal analogue obtenu à partir du signal Fd, est utilisé comme signal de mesure du déplacement. Ce dispositif présente, par rapport aux dispositifs connus du même genre, l'avantage d'avoir une gamme de mesure plus large.



## REVENDEICATIONS

1. Dispositif de détection de déplacement linéaire, caractérisé en ce qu'il comprend:

(a) des moyens de détection comportant au moins une électrode intérieure (Ev) placée entre au moins deux électrodes extérieures (Ef), formant une paire d'électrodes, ces électrodes étant parallèles entre elles, l'électrode intérieure et la paire d'électrodes extérieures étant capables de subir un déplacement relatif mutuel dans une direction formant un angle avec celle des électrodes extérieures, l'électrode intérieure étant maintenue parallèle aux électrodes extérieures au cours de ce déplacement, de manière à constituer au moins un jeu de condensateurs variables agencés de façon telle que, lorsque la capacité de l'un de ces condensateurs augmente lors du déplacement relatif de l'électrode intérieure par rapport aux électrodes extérieures, la capacité de l'autre condensateur décroît;

(b) une paire d'oscillateurs dans chacun desquels est incorporé au moins un jeu de condensateurs variables desdits moyens de détection;

(c) un mélangeur permettant d'engendrer un signal correspondant à la différence des fréquences des signaux de sortie de ces deux oscillateurs; et

(d) un dispositif convertisseur pour convertir le signal de sortie de ce mélangeur en un signal de mesure.

2. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ladite électrode intérieure est en regard d'une partie seulement de l'une des électrodes extérieures lors du déplacement relatif de cette électrode intérieure par rapport aux électrodes extérieures.

3. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode intérieure et les électrodes extérieures sont agencées de façon que la première soit mobile par rapport aux électrodes extérieures alors que ces dernières restent stationnaires.

4. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que l'électrode intérieure et les électrodes extérieures sont agencées de façon que la première reste en position stationnaire alors que ces dernières se déplacent par rapport à elle.

5. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon que les signaux de sortie desdits oscillateurs ou le signal de sortie dudit mélangeur soient transmis par un moyen de télécommunication sans fil.

6. Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'il est agencé de façon que les signaux de sortie desdits oscillateurs soient mélangés avec des signaux périodiques émis par un oscillateur local, de manière à engendrer des signaux de conversion de fréquence, correspondant à chacun de ces signaux de sortie, ainsi qu'un signal correspondant à la différence des fréquences de ces signaux de conversion de fréquence.

La présente invention a pour objet un dispositif de détection de déplacement linéaire.

On connaît différents dispositifs de détection de déplacement linéaire permettant d'engendrer un signal électrique en réponse à la détection d'un déplacement de faible amplitude. Dans l'un de ces détecteurs de déplacement linéaire, une électrode mobile est disposée entre deux électrodes fixes, de manière à constituer une paire de condensateurs variables dont chacun est combiné avec un oscillateur de façon à permettre d'engendrer un signal correspondant à la différence des fréquences de sortie des deux oscillateurs (voir, par

exemple, brevet allemand No. 2 640 057; demande de brevet britannique No 37302/76 et brevet suisse No. 612 753).

L'invention a pour but de fournir un dispositif de détection de déplacement linéaire comportant des améliorations par rapport aux dispositifs connus du même genre.

A cet effet, le dispositif selon l'invention présente les caractéristiques spécifiées dans la revendication 1.

Ainsi, dans ce dispositif, la direction du déplacement de l'électrode intérieure est inclinée par rapport à la direction des électrodes extérieures, de sorte que la variation des distances relatives entre l'électrode intérieure et les électrodes extérieures est faible par rapport à l'amplitude du mouvement de l'électrode intérieure, ce qui permet d'élargir la gamme de mesure.

La nature, le principe et l'utilité de l'invention apparaîtront encore plus clairement à la lumière de la description détaillée qui va suivre, en se référant au dessin annexé dans lequel:

les parties (a) et (b) de la figure 1 sont des schémas, en partie sous forme de blocs illustrant le principe du dispositif selon l'invention;

les parties (a) et (b) de la figure 2 et les parties (a) et (b) de la figure 3 sont des graphiques illustrant le fonctionnement de l'appareil représenté à la figure 1;

la figure 4 est un schéma représentant l'agencement d'un groupe d'électrodes faisant partie d'une première forme d'exécution du dispositif selon l'invention;

les parties (a) et (b) de la figure 5 sont également des schémas illustrant l'agencement d'un groupe d'électrodes faisant partie d'une deuxième forme d'exécution du dispositif selon l'invention; et

la figure 6 est un schéma-bloc illustrant la manière dont sont traités les signaux de sortie des oscillateurs dans une troisième forme d'exécution du dispositif selon l'invention.

On va tout d'abord décrire, en se référant à la figure 1, l'agencement de base d'un dispositif de détection de déplacement linéaire selon l'invention.

Comme représenté aux parties (a) et (b) de la figure 1, ce dispositif comprend une électrode intérieure mobile Ev et une paire d'électrodes extérieures fixes Ef1 et Ef2, disposées des deux côtés de l'électrode intérieure Ev, de sorte qu'un condensateur variable C1 est formé par l'électrode intérieure Ev et par l'électrode extérieure Ef1 et qu'un condensateur variable C2 est formé par l'électrode intérieure Ev et l'électrode extérieure Ef2. En conséquence, si l'électrode intérieure Ev est déplacée dans la direction de la flèche, la capacité du condensateur C1 diminue alors que la capacité du condensateur C2 augmente, et vice-versa. Plus précisément, l'augmentation et la diminution des capacités qui viennent d'être mentionnées sont approximativement inversement proportionnelles aux distances entre l'électrode intérieure Ev et les électrodes extérieures Ef1 et Ef2.

Dans la partie (a) de la figure 1, les deux condensateurs C1 et C2 sont raccordés en série aux résonateurs à cristal Xtal1 et Xtal2, qui sont eux-mêmes respectivement connectés aux oscillateurs OSC1 et OSC2. Par contre, dans la forme d'exécution du dispositif représenté à la partie (b) de la figure 1, les deux condensateurs C1 et C2 sont connectés en parallèle au résonateur à cristal Xtal1 et Xtal2, respectivement. L'utilisation des résonateurs à cristal a pour but de stabiliser les fréquences d'oscillation. Les signaux de sortie des deux oscillateurs OSC1 et OSC2 sont appliqués à l'entrée d'un mélangeur MIX, qui engendre un signal Fd correspondant à la différence des fréquences de ces signaux de sortie. Le signal Fd est appliqué, par exemple, à un dispositif convertisseur fréquence-tension F/V, de manière à permettre d'obtenir un signal de tension à une borne de sortie OUT.

Les parties (a) et (b) de la figure 2 sont des graphiques indi-

quant la loi de variation des fréquences de sortie  $f_1$  et  $f_2$  des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$ , respectivement, en fonction du pas de déplacement  $d$  de l'électrode intérieure  $Ev$ . Comme on le voit d'après ces graphiques, lorsque l'électrode intérieure  $Ev$  s'éloigne de l'électrode extérieure  $Ef_1$  et se rapproche en conséquence de l'électrode extérieure  $Ef_2$ , la capacité du condensateur  $C_1$  diminue progressivement alors que la capacité du condensateur  $C_2$  augmente progressivement et les fréquences des signaux de sortie des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$  augmentent et diminuent progressivement, respectivement, de manière similaire.

Les parties (a) et (b) de la figure 3 sont des graphiques illustrant les caractéristiques de fonctionnement du mélangeur MIX de manière à permettre de décrire son fonctionnement, en fournissant la différence  $F_d$  entre les fréquences,  $f_1$  et  $f_2$  des signaux de sortie des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$ . Il est à remarquer que les courbes représentatives des fréquences  $f_1$  et  $f_2$  de ces signaux de sortie ne sont pas linéaires mais qu'elles sont toutefois symétriques l'une de l'autre. En conséquence, si l'on trace une courbe représentative de la différence ( $f_1 - f_2$ ), cette courbe présente une partie centrale essentiellement rectiligne et deux parties d'extrémité qui sont légèrement incurvées, de sorte que cette courbe a une forme de S, comme représenté dans la partie (b) de la figure 3. Ainsi, l'utilisation de la partie linéaire K de cette courbe caractéristique permet l'obtention d'un signal de fréquence qui varie linéairement en fonction du pas de déplacement de l'électrode mobile.

La figure 4 représente l'agencement et illustre le fonctionnement d'un groupe d'électrodes faisant partie d'une forme d'exécution du dispositif selon l'invention. Dans cet exemple, l'électrode intérieure  $Ev$  est déplacée parallèlement à une direction donnée. Ainsi, lorsque cette électrode s'éloigne, par exemple, de l'électrode extérieure  $Ef_1$  et se rapproche en conséquence de l'électrode extérieure  $Ef_2$ , le degré de variation de la capacité de chacun des condensateurs variables diminue ce qui élargit la gamme de détection du déplacement.

Plus précisément, ce groupe d'électrodes est agencé de manière que, lorsque l'électrode intérieure  $Ev$  est maintenue parallèle à la direction des deux électrodes extérieures  $Ef_1$  et  $Ef_2$ , cette électrode intérieure  $Ev$  se déplace dans une direction qui forme un angle prédéterminé avec celle des deux électrodes extérieures  $Ef_1$  et  $Ef_2$ . En conséquence, si l'on représente par  $A$  l'amplitude du déplacement de l'électrode  $Ev$ , le déplacement effectif  $d$  de cette électrode dans le condensateur variable est donné par l'équation:

$$d = A \sin \ominus$$

Ainsi, si l'angle  $\ominus$  est de l'ordre de  $5,74^\circ$ , la valeur de  $d$  correspond à environ  $1/10$  de l'amplitude de déplacement  $A$ . L'amplitude de déplacement de l'électrode intérieure peut donc être augmentée de manière considérable par rapport au cas d'un groupe d'électrodes dans lequel l'électrode intérieure est déplacée perpendiculairement par rapport aux électrodes extérieures, dans des conditions telles que, dans les deux cas, la capacité du condensateur variable subisse la même variation.

Les parties (a) et (b) de la figure 5 illustrent un autre exemple du dispositif de détection de déplacement linéaire selon l'invention. La caractéristique particulière de cet exemple du dispositif réside dans le fait que la longueur  $e$  de chacune des deux électrodes extérieures  $Ef_1$  et  $Ef_2$  est plus courte que celle de l'électrode intérieure  $Ev$  en vue de permettre d'allonger la partie linéaire de la courbe caractéristique en S représentée à la partie (b) de la figure 3, de sorte que cette courbe devient pratiquement linéaire. Dans le cas de

la forme d'exécution représentée à la partie (a) de la figure 5, la capacité du condensateur  $C_1$  augmente lorsque l'électrode intérieure  $Ev$  subit un déplacement d'amplitude  $A$ . Si l'on déplace encore l'électrode intérieure  $Ev$ , en direction de l'électrode extérieure  $Ef_1$ , avec une amplitude de déplacement  $a$ , comme représenté à la partie (b) de la figure 5, la surface active de l'électrode diminue proportionnellement au rapport  $e'/e$ , ce qui diminue le taux d'augmentation de la capacité du condensateur  $C_1$ .

La figure 6 illustre une autre manière de traiter les signaux de sortie des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$ . Dans ce cas particulier, les signaux de sortie des oscillateurs sont transmis au moyen d'ondes radioélectriques. Plus précisément, les signaux de sortie des oscillateurs sont reçus par un récepteur RCV et sont respectivement appliqués à l'entrée des mélangeurs  $MIX_1$  et  $MIX_2$ , dans lesquels ces signaux de sortie sont respectivement mélangés avec les signaux périodiques émis par des oscillateurs locaux  $LO_1$  et  $LO_2$ , de manière à effectuer une conversion de fréquence et à engendrer deux signaux de sortie.

Chacun de ces deux signaux de sortie provenant des mélangeurs, est appliqué à l'entrée d'un convertisseur fréquence-tension  $FV_1$  et  $FV_2$ , respectivement, de manière à transformer ces signaux en signaux de tension. Ces signaux de tension sont appliqués à l'entrée d'un amplificateur différentiel DEF de manière à produire des signaux de différence de tension qui correspondent aux différences de fréquence des signaux émis par les oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$ .

Cette manière de procéder permet d'éliminer les inconvénients suivants: l'un de ces inconvénients consiste dans le fait que, si la différence de fréquence des signaux de sortie engendrés par les oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$  est de l'ordre de quelques kilo-Hertz (KHz), l'intervalle entre les signaux est de l'ordre de 0,2 à 0,3 milliseconde ce qui ne permet pas de suivre le mouvement d'un objet se déplaçant rapidement. Un deuxième inconvénient réside dans le fait que les fréquences des signaux de sortie de chacun des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$  que l'on peut facilement obtenir au moyen d'un résonateur à cristal sont de l'ordre de 10 à 20 MHz. De telles fréquences sont trop élevées dans le cas où l'on applique les signaux de sortie des oscillateurs  $OSC_1$  et  $OSC_2$  à l'entrée d'un convertisseur fréquence-tension plus simple que celui qui est représenté à la figure 1, pour obtenir le signal de tension.

Grâce à la conversion de fréquence effectuée au moyen du dispositif selon l'invention, l'intervalle entre les signaux devient de l'ordre de la microseconde et la partie correspondant à la variation de fréquence des signaux, qui est de l'ordre de quelques kilo-Hertz, n'est pas comprise dans la marge d'erreur. On peut donc obtenir un signal de mesure ayant des caractéristiques remarquables, ce signal étant facile à traiter.

Il ressort clairement de la description ci-dessus que, dans les formes d'exécution du dispositif selon l'invention ainsi décrites, l'électrode intérieure est disposée entre deux électrodes extérieures formant une paire, de manière que cette électrode intérieure soit parallèle aux électrodes fixes et qu'elle soit déplacée dans une direction formant un angle avec celle des électrodes extérieures tout en étant maintenue parallèle à ces dernières. En conséquence, même si l'on confère à l'électrode intérieure une grande amplitude de mouvement, les variations de capacité des condensateurs variables formés par les trois électrodes restent faibles ce qui permet d'augmenter l'amplitude de la gamme de détection du déplacement.

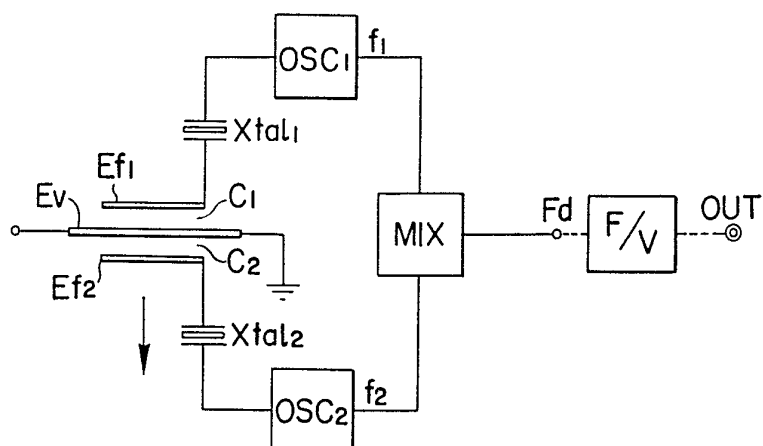
En outre, on peut améliorer la linéarité du signal de sortie en choisissant convenablement la longueur d'au moins l'une des électrodes mobiles ou fixes de manière à modifier la surface active des électrodes.

Bien que, dans la description qui précède, on n'ait décrit en

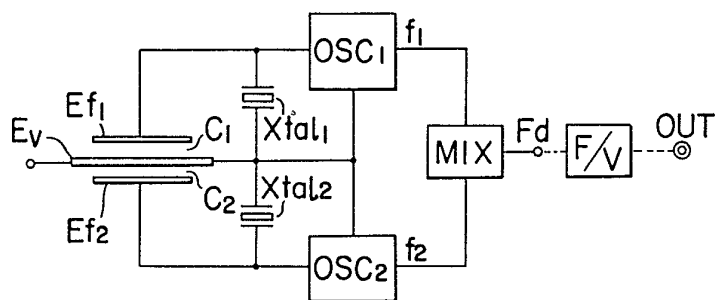
détail que des formes d'exécution du dispositif dans lesquelles les électrodes sont agencées de manière que l'électrode intérieure soit mobile par rapport aux électrodes extérieures alors que ces dernières sont fixes, il est bien évident que l'on peut

prévoir des formes d'exécution dans lesquelles l'électrode intérieure reste en position stationnaire alors que les électrodes extérieures se déplacent par rapport à elle.

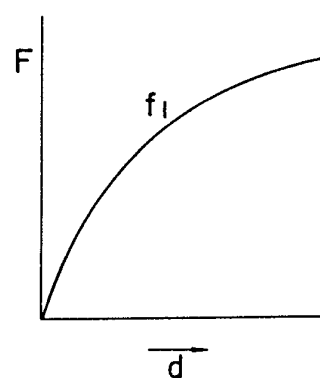
F I G. 1 (a)



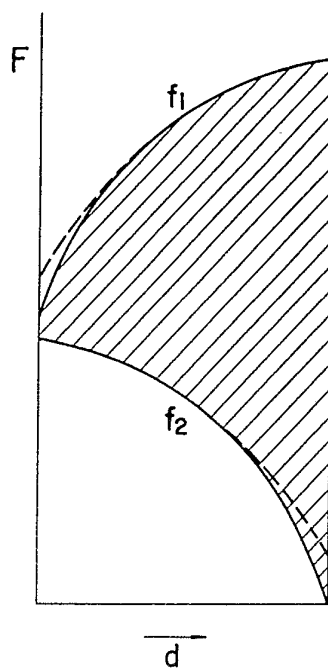
F I G. 1 (b)



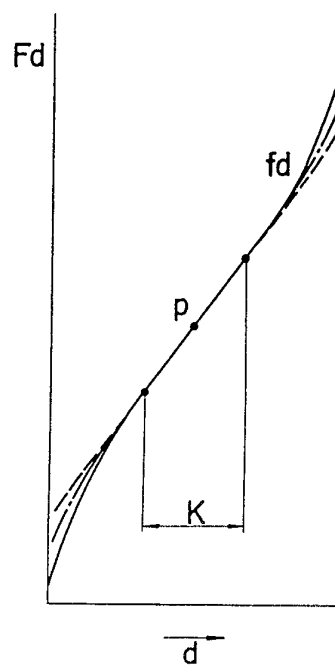
F I G. 2(a)



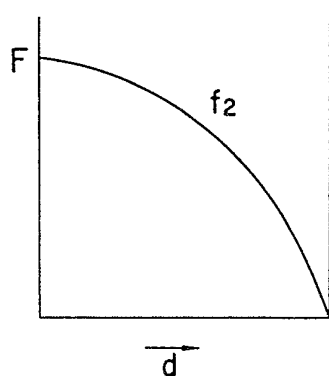
F I G. 3(a)



F I G. 3(b)



F I G. 2(b)



**F I G. 5(b)**

$e' = e - a \cos \theta_1$

$90^\circ$

$a$