

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

①① N° de publication :
(à n'utiliser que pour les
commandes de reproduction)

3 095 542

②① N° d'enregistrement national :

19 04447

⑤① Int Cl⁸ : **G 08 B 6/00** (2019.01)

①②

BREVET D'INVENTION

B1

⑤④ Dispositif à retour haptique pourvu de raidisseurs.

②② Date de dépôt : 26.04.19.

③③ Priorité :

④③ Date de mise à la disposition du public
de la demande : 30.10.20 Bulletin 20/44.

④⑤ Date de la mise à disposition du public du
brevet d'invention : 01.12.23 Bulletin 23/48.

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) : HAP2U SAS — FR.

⑦② Inventeur(s) : RUPIN Matthieu.

⑦③ Titulaire(s) : HAP2U SAS.

⑦④ Mandataire(s) : GLOBAL INVENTIONS.

FR 3 095 542 - B1



Description

Titre de l'invention : Dispositif à retour haptique pourvu de rai- disseurs

DOMAINE DE L'INVENTION

[0001] L'invention concerne les surfaces à retour haptique basées sur le principe de la lubrification ultrasonique.

ETAT DE LA TECHNIQUE

[0002] On connaît des dispositifs à retour haptique dans lesquels le milieu de propagation des vibrations est une plaque mince purement élastique ou faiblement viscoélastique. Une plaque est dite « mince » lorsqu'elle possède une épaisseur petite devant les deux autres dimensions et devant la longueur d'onde des ondes vibratoires considérées.

[0003] De façon connue, la plaque peut être monolithique ou multi-couche et de forme rectangulaire. Des actionneurs électromécaniques sont disposés sur la plaque de manière à exciter un mode vibratoire axial, c'est-à-dire dont les nœuds de vibration sont alignés les uns par rapport aux autres selon une ligne parallèle à l'une des arêtes de la plaque.

[0004] Dans une plaque dont l'épaisseur n'excède par deux fois la longueur d'onde de la vibration générée par les actionneurs, des ondes de flexion appelées ondes de Lamb A0 (ou des quasi-ondes de Lamb dans le cas d'un multi-couche dissymétrique dans l'épaisseur) sont générées et se réfléchissent sur les deux frontières parallèles à la ligne d'alignement des actionneurs.

[0005] Lorsque la fréquence d'actionnement est correctement ajustée, un mode stationnaire est excité qui va jouer le rôle d'amplificateur par effet de résonance. Les grandes amplitudes de déplacements ainsi obtenues à des fréquences ultrasoniques entraînent la création d'un coussin d'air comprimé sous la pulpe du doigt d'un utilisateur (effet dit de « squeeze-film » en terminologie anglo-saxonne). Le doigt étant repoussé par la surface, le coefficient de friction est diminué et un effet de retour haptique peut ainsi être obtenu lorsque le doigt est en mouvement. On parle de lubrification ultrasonique.

[0006] En revanche, cette approche comporte un inconvénient. En effet, afin d'obtenir un effet de retour haptique uniforme en tout point de la surface, il est crucial que la vibration de la plaque soit la plus uniforme possible. Or, lorsque le rapport d'aspect (longueur sur largeur) de la surface à actionner se rapproche de 1, à la fréquence de résonance d'un des deux modes axiaux, l'influence de l'autre mode perturbe la déformée modale en créant des interférences. Ce phénomène dégrade à la fois l'uniformité de la vibration et l'efficacité de l'actionnement par l'antenne linéique d'actionneurs du fait de l'incompatibilité entre la position des actionneurs et l'allure de la déformée modale.

BUT DE L'INVENTION

[0007] La présente invention a pour but général de proposer une solution pour surmonter cette limitation et ainsi obtenir un mode axial présentant une vibration unidirectionnelle très homogène quelle que soit la géométrie et la taille de la surface à actionner garantissant un actionnement optimal par une ligne d'actionneurs.

Résumé de l'invention

[0008] Le principe de l'invention consiste à modifier la structure de la surface à actionner. Elle est initialement isotrope, c'est-à-dire que les ultrasons se propagent à la même vitesse quelle que soit la direction. Il s'agit de la rendre orthotrope, pour que les ultrasons se propagent différemment selon un axe (x) ou un axe (y) de la surface, l'axe (x) étant perpendiculaire à l'axe (y). Cette anisotropie particulière de la surface à actionner est obtenue en disposant des éléments unidimensionnels en sous face de la surface, parallèlement les uns aux autres et ce quelle que soit la géométrie de la surface. Les actionneurs seront alors disposés selon une ligne parallèle ou perpendiculaire à ces raidisseurs. On obtient ainsi des cannelures qui créent des vitesses de propagation effectives des ondes vibratoires qui diffèrent selon que l'onde se propage parallèlement ou perpendiculairement à ces cannelures. Cette approche est valide quelle que soit la forme de la surface, même si son application pratique concernera davantage les surfaces carrées ou rectangulaires.

[0009] L'invention a donc pour objet un dispositif comprenant un support en matériau purement élastique (verre, métal, céramique par exemple) ou faiblement viscoélastique (plastique rigide dit en « phase vitreuse » par exemple) dont la face supérieure est revêtue d'au moins une couche incorporant un moyen de détection de la position d'un doigt d'un utilisateur, et comprenant des actionneurs électromécaniques susceptibles de mettre ledit support en matériau élastique en vibration à une fréquence de résonance ultrasonique, caractérisé en ce que ledit support en matériau élastique comporte sur sa face inférieure un ensemble de raidisseurs configurés pour obtenir un mode axial de vibration du dispositif.

[0010] Selon un mode de réalisation, la face supérieure du dispositif est recouverte par une fine couche d'un matériau pouvant présenter des pertes viscoélastiques tels que le bois ou une matière plastique par exemple, sous réserve que cette dissipation soit suffisamment faible pour ne pas compromettre la résonance ultrasonique du support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique.

[0011] Selon un mode de réalisation avantageux, au moins une couche disposée au-dessus du support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique intègre un dispositif d'affichage, en particulier un écran OLED, dont l'ensemble des couches est solidaire entre elles et apte à transmettre une vibration à une fréquence ultrasonique.

- [0012] Selon différents modes de réalisation, la fréquence d'actionnement des actionneurs électromécaniques, par exemple des céramiques piézoélectriques, est une fréquence ultrasonique comprise entre 20 kHz et 200 kHz.
- [0013] Les raidisseurs forment des cannelures rectilignes parallèles aménagées sur le support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique. Ils peuvent être obtenus de diverses manières d'un point de vue industriel. Ainsi ils peuvent notamment être usinés directement dans le support, ou rapportés et collés sur ce même support. Mais le support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique et ses raidisseurs peuvent aussi être réalisés en une seule opération par injection.
- [0014] Selon un mode de réalisation optimisé pour une fréquence de résonance de la plaque de 20 kHz, la plaque présente une épaisseur de 2 mm, et les raidisseurs ont une épaisseur de 1 mm et une largeur de 5 mm et sont espacés d'une distance de 5 mm.
- [0015] Selon un mode de réalisation optimisé pour une fréquence de résonance de la plaque de 200 kHz, la plaque présente une épaisseur de 2 mm, et les raidisseurs ont une épaisseur de 1 mm et une largeur de 1,2 mm et sont espacés d'une distance de 1,8 mm.
- [0016] L'invention a également pour objet un dispositif tel que décrit ci-dessus dont les actionneurs sont disposés selon une ligne parallèle ou perpendiculaire aux raidisseurs.

DESCRIPTION DETAILLEE

- [0017] L'invention sera décrite plus en détail à l'aide des figures, dans lesquelles :
- La [Fig.1] représente la déformée modale d'une plaque rectangulaire en matériau purement élastique à une fréquence propre ;
 - La [Fig.2] représente la déformée modale d'une plaque carrée en matériau purement élastique correspondant à l'interférence entre deux modes axiaux en x et y qui coexistent à la même fréquence ;
 - La [Fig.3] représente une vue en perspective d'un premier mode de réalisation de l'invention ;
 - La [Fig.4] représente la déformée modale d'une plaque carrée en matériau purement élastique pourvue de raidisseurs selon l'invention ;
 - La [Fig.5] représente une vue en perspective d'un second mode de réalisation de l'invention adapté à une fréquence de vibration ultrasonique de 20 kHz ;
 - La [Fig.6] représente une vue en perspective d'un troisième mode de réalisation de l'invention adapté à une fréquence de vibration ultrasonique de 200 kHz ;
 - La [Fig.7] représente une vue partielle en coupe d'un écran OLED intégrant, conformément à l'invention, un support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique.
- [0018] On se réfère à la [Fig.1]. Lorsque le rapport d'aspect des longueurs d'une plaque est

petit devant 1 (cas d'une plaque rectangulaire), un mode de vibration en flexion dit axial, c'est-à-dire présentant des nœuds et des ventres de vibration parallèles à l'une des arêtes de la plaque, peut être obtenu. Ce type de vibration est avantageuse car elle peut être efficacement excitée par un ensemble d'actionneurs électro-mécaniques disposés selon une ligne parallèle aux nœuds de vibration. Ici, la plaque présente les dimensions suivantes : 12 cm x 7 cm x 2 mm. Elle est excitée par une force normale appliquée aux quatre coins. La figure correspond à une d'excitation de 42 kHz.

[0019] La [Fig.2] montre la réponse vibratoire d'une plaque carrée de dimension 12 cm x 12 cm x 2 mm avec la même excitation que la plaque rectangulaire de la [Fig.1]. Cette fois, la déformation spatiale n'est plus orientée selon un axe de la plaque mais présente des ventres de vibration circulaires. En réalité cela correspond à la superposition de 2 modes axiaux dits dégénérés car présents à la même fréquence (ici 42318 Hz). Dans ce cas, l'actionnement de ce type de mode de vibration ne peut plus être effectué de manière efficace par des actionneurs agencés selon une ligne.

[0020] En [Fig.3] on a schématisé le principe de la solution selon l'invention : le dispositif 1 comporte plusieurs couches 2, 3, 4. La plaque 4 est une plaque élastique, par exemple métallique, pourvue d'actionneurs piézoélectriques (non représentés). Des raidisseurs 5 ont été ajoutés en sous-face de la plaque 4. Avec les espaces 6 entre les raidisseurs, ils forment des cannelures qui permettent de créer une orthotropie dans la vitesse de propagation des ondes de flexion, en particulier celle des ondes de Lamb A0.

[0021] Dans l'exemple de réalisation représenté en [Fig.3], le dispositif 1 possède une structure composite. Il comporte 3 éléments superposés, à savoir par exemple une plaque de verre supérieure 2 (« coverglass » en terminologie anglo-saxonne), un ensemble de couches polymères 3 formant un écran OLED, et une plaque d'aluminium 4 pourvue des raidisseurs 5. L'écran OLED 3 comporte lui-même plusieurs couches, de façon connue en soi. Elles ne sont pas représentées ou détaillées ici.

[0022] Dans une variante de réalisation possible, la couche supérieure 2 du dispositif 1 peut éventuellement être constituée par une fine couche d'un matériau non élastique éventuellement opaque (bois, matière plastique) apportant des pertes viscoélastiques suffisamment faibles pour ne pas compromettre la résonance ultrasonique du support élastique.

[0023] Mais l'invention est particulièrement utile pour un dispositif 10 qui intègre un écran OLED, comme représenté en [Fig.7]. L'écran OLED 3 est intégré à un châssis 11. Il comporte en face supérieure un verre de protection 2 (« coverglass »). Sous une arête latérale du verre de protection sont collés des actionneurs piézoélectriques 12, alimentés par un circuit de commande connu (non représenté). De façon connue, le verre de protection 2 comporte une couche capacitive (non représentée) permettant de rendre le dispositif tactile et de détecter le mouvement des doigts d'un utilisateur. La

réalisation de raidisseurs 5 en sous-face d'une plaque métallique 4 collée contre l'écran OLED 3 et pourvue d'actionneurs piézoélectriques 5, permet à l'utilisateur qui touche une zone de l'écran sur sa plaque de verre supérieure 2 de ressentir un bien meilleur retour haptique que celui ressenti avec un écran à retour haptique dépourvu de raidisseurs.

[0024] Cela est corroboré par la [Fig.4] où on a représenté les modes axiaux obtenus après intégration de raidisseurs 5 en sous-face de la plaque 4. Le mode suivant un axe est situé à 43634 Hz tandis que celui situé suivant l'axe perpendiculaire est situé à 53634 Hz. On voit donc que les modes axiaux sont maintenant nettement séparés en fréquence. L'anisotropie apportée par les raidisseurs 5 entraîne une différence de vitesse de propagation entre les ondes de flexion qui se propagent selon l'axe x et celles qui se propagent selon l'axe y. Il est alors possible d'actionner avec une efficacité optimale un mode axial dans une plaque carrée à l'aide d'un ensemble d'actionneurs alignés selon une ligne parallèle à l'une des arêtes de la surface carrée.

[0025] La plaque 4 sur laquelle sont aménagés les raidisseurs 5 peut elle-même être monolithique ou multicouche. Les raidisseurs 5 ont une section transversale de forme quelconque, mais pour faciliter leur fabrication, cette forme sera de préférence rectangulaire.

[0026] En pratique, les raidisseurs 5 peuvent être réalisés par tous moyens utiles, par exemple par fraisage sur une plaque de métal, ou encore en rapportant des raidisseurs qui sont ensuite collés en sous-face 8 de la plaque 4.

[0027] Pour garantir une optimisation de l'actionnement, les actionneurs de la plaque seront positionnés sur des ventres de vibration, et la vibration de l'ensemble sera homogène.

[0028] La [Fig.5] représente un mode de réalisation particulier, correspondant à un point bas de la fréquence vibratoire des actionneurs, à savoir 20 kHz, sur une plaque métallique 4 de 2 mm d'épaisseur. Dans ce cas, de bons résultats sont obtenus lorsque les raidisseurs 5 sont dimensionnés comme suit :

- Epaisseur : $e_s = 2$ mm
- Largeur : $L_s = 5$ mm
- Espacement : $b = 5$ mm

[0029] La [Fig.6] représente un mode de réalisation particulier, correspondant à un point haut de la fréquence vibratoire des actionneurs, à savoir 200 kHz, sur une plaque métallique 4 de 2 mm d'épaisseur. Dans ce cas, de bons résultats sont obtenus lorsque les raidisseurs 5 sont dimensionnés comme suit :

- Epaisseur : $e_s = 1$ mm
- Largeur : $L_s = 1,2$ mm
- Espacement : $b = 1,8$ mm

[0030] D'autres dimensions optimales pourront être choisies pour des valeurs de fréquence

de résonance comprises entre 20 kHz et 200 kHz.

AVANTAGES DE L'INVENTION

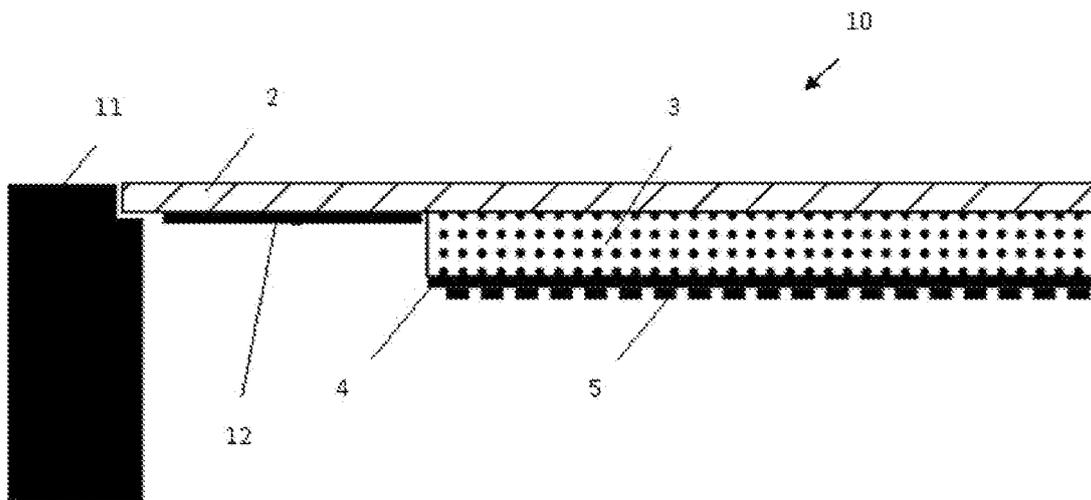
- [0031] L'invention atteint les buts fixés.
- [0032] En particulier, elle permet grâce à l'utilisation de raidisseurs d'obtenir de plus grandes amplitudes vibratoires d'une plaque, avec pourtant une dépense énergétique moindre.
- [0033] L'invention s'applique idéalement à tout produit comportant une couche non transparente permettant de masquer les raidisseurs : interrupteurs, pavés tactiles, écrans avec collage optique qui peut être excité en sous face de l'afficheur (type OLED).
- [0034] Elle permet de garantir une vibration homogène sur la surface d'un matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique indépendamment de sa forme afin d'obtenir un retour haptique identique en tous points de sa surface.

Revendications

- [Revendication 1] Dispositif (1 ;10) à retour haptique comprenant un support (4) suffisamment élastique pour pouvoir être mis en vibration et dont la face supérieure (7) est revêtue d'au moins une couche (2,3) incorporant un moyen de détection de la position d'un doigt d'un utilisateur, et comprenant des actionneurs électromécaniques susceptibles de mettre ledit support (4) en vibration à une fréquence de résonance ultrasonique, caractérisé en ce que ledit support (4) comporte sur sa face inférieure (8) un ensemble de raidisseurs (5) configurés pour obtenir un mode axial de vibration du dispositif selon une direction parallèle ou perpendiculaire à l'alignement des actionneurs.
- [Revendication 2] Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que ledit support en matériau purement élastique ou faiblement viscoélastique (4) est en métal, en verre, en céramique, ou un matériau plastique dans sa phase vitreuse.
- [Revendication 3] Dispositif selon la revendication 1, caractérisé en ce que la face supérieure (7) dudit support (4) est recouverte par une fine couche d'un matériau présentant des pertes viscoélastiques (bois, matière plastique) suffisamment faibles pour ne pas compromettre la résonance ultrasonique dudit support (4).
- [Revendication 4] Dispositif à retour haptique selon la revendication 1 ou la revendication 2, caractérisé en ce que au moins une couche (2,3) disposée au-dessus dudit support (4) intègre un dispositif d'affichage (3) dont l'ensemble des couches est solidaire entre elles et apte à transmettre une vibration à une fréquence ultrasonique.
- [Revendication 5] Dispositif selon la revendication 4, caractérisé en ce que ledit dispositif d'affichage (3) est un écran OLED.
- [Revendication 6] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que la fréquence d'actionnement des actionneurs est une fréquence ultrasonique comprise entre 20 kHz et 200 kHz.
- [Revendication 7] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les raidisseurs (5) sont réalisés sous la forme de cannelures rectilignes parallèles aménagées sur la face inférieure (8) dudit support (4).
- [Revendication 8] Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les cannelures sont usinées dans ledit support (4) pour former des raidisseurs (5).
- [Revendication 9] Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que les raidisseurs

- (5) sont rapportés et collés sur ledit support (4).
- [Revendication 10] Dispositif selon la revendication 7, caractérisé en ce que ledit support (4) et ses raidisseurs (5) sont réalisés par injection.
- [Revendication 11] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, optimisé pour une fréquence de résonance de la plaque de 20 kHz, caractérisé en ce que ledit support (4) est une plaque d'une épaisseur de 2 mm, et en ce que les raidisseurs (5) ont une épaisseur de 1 mm et une largeur de 5 mm et sont espacés d'une distance de 5 mm.
- [Revendication 12] Dispositif selon l'une quelconque des revendications 1 à 10, optimisé pour une fréquence de résonance de la plaque de 200 kHz, caractérisé en ce que ledit support (4) est une plaque présentant une épaisseur de 2 mm, et en ce que les raidisseurs (5) ont une épaisseur de 1 mm et une largeur de 1,2 mm et sont espacés d'une distance de 1,8 mm.
- [Revendication 13] Dispositif selon l'une quelconque des revendications précédentes, caractérisé en ce que les actionneurs (12) sont disposés selon une ligne parallèle ou perpendiculaire aux raidisseurs (5).

[Fig. 7]



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

EP 3 287 880 A1 (FUJITSU LTD [JP])
28 février 2018 (2018-02-28)

TANINAKA KIYOSHI ET AL: "Analysis of Ultrasound Radiation and Proposal of Design Criteria in Ultrasonic Haptic Display for Practical Applications", 5 juin 2018 (2018-06-05), INTERNATIONAL CONFERENCE ON FINANCIAL CRYPTOGRAPHY AND DATA SECURITY; [LECTURE NOTES IN COMPUTER SCIENCE; LECT.NOTES COMPUTER], SPRINGER, BERLIN, HEIDELBERG, PAGE(S) 376 - 388, XP047474206, ISBN: 978-3-642-17318-9 [extrait le 2018-06-05]

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

NEANT

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

NEANT