

CONFÉDÉRATION SUISSE
INSTITUT FÉDÉRAL DE LA PROPRIÉTÉ INTELLECTUELLE

(11) **CH** **704 184 B1**

(51) Int. Cl.: **G10K** 13/00 (2006.01)
G04B 37/00 (2006.01)
G04G 17/02 (2006.01)

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**

(21) Numéro de la demande: 002024/2010

(22) Date de dépôt: 02.12.2010

(43) Demande publiée: 15.06.2012

(24) Brevet délivré: 13.06.2025

(45) Fascicule du brevet publié: 13.06.2025

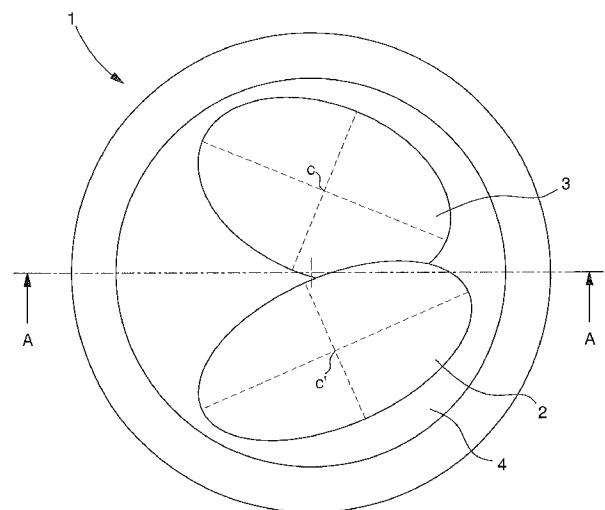
(73) Titulaire(s):
Montres Breguet S.A.
1344 L'Abbaye (CH)

(72) Inventeur(s):
Davide Sarchi, 1020 Renens (CH)
Jérôme Favre, 1346 Les Bioux (CH)
Nakis Karapatis, 1324 Premier (CH)

(74) Mandataire:
ICB Ingénieurs Conseils en Brevets SA,
Faubourg de l'Hôpital 3
2001 Neuchâtel (CH)

(54) **Membrane de rayonnement acoustique pour une boîte à musique ou une montre à sonnerie**

(57) L'invention concerne une membrane (1) de rayonnement acoustique prévue pour être montée dans une boîte à musique ou une montre à sonnerie. La membrane est réalisée avec au moins une région de forme circulairement asymétrique formée dans le matériau de la membrane ou avec au moins une région de forme circulairement asymétrique ayant une épaisseur différente de l'épaisseur générale de la membrane. Elle comprend de préférence deux régions circulairement asymétriques en forme d'ellipse (2, 3), qui se superposent en partie et ont une épaisseur différente l'une de l'autre. Les deux ellipses (2, 3) de préférence excavées dans la membrane, sont décentrées l'une de l'autre.



Description

[0001] L'invention concerne une membrane de rayonnement acoustique pour une boîte à musique, telle qu'une montre musicale, ou une montre à sonnerie.

[0002] L'invention concerne également une montre, qui comprend une membrane de rayonnement acoustique. La montre comprend une boîte de montre constituée essentiellement d'une carrure et d'un fond fixé étanchement et de manière amovible sur la carrure. Une glace est disposée sur un côté opposé au fond pour fermer étanchement ladite boîte. Un mouvement horloger est maintenu à l'intérieur de la boîte de montre et muni d'un mécanisme de sonnerie susceptible d'être activé dans des périodes déterminées pour produire un son ou une musique. La membrane de rayonnement acoustique est reliée à la boîte pour rayonner le son produit par le mécanisme de sonnerie vers l'extérieur de la boîte.

[0003] Dans le domaine de l'horlogerie, un mouvement horloger d'une architecture traditionnelle peut également comprendre un mécanisme de sonnerie pour générer un son ou une musique. Le timbre de la montre à sonnerie ou le clavier de la montre musicale sont disposés à l'intérieur de la boîte de montre. Ainsi les vibrations du timbre ou des lames du clavier sont transmises aux pièces d'habillage. Ces pièces d'habillage sont par exemple la carrure, la lunette, la glace et le fond de la boîte de montre. Ces grandes pièces se mettent à rayonner du son dans l'air sous l'effet des vibrations transmises. Lorsqu'un son est produit soit par un timbre frappé par un marteau, soit par une ou plusieurs lames du clavier en vibration, ces pièces d'habillage sont capables de rayonner le son produit dans l'air.

[0004] Dans une montre à sonnerie ou musicale traditionnelle, le rendement acoustique, sur la base de la transduction vibro-acoustique complexe des pièces d'habillage, est faible. Pour améliorer et augmenter le niveau acoustique perçu par l'utilisateur de la montre à sonnerie ou musicale, il doit être tenu compte de la matière, de la géométrie et des conditions aux limites des pièces d'habillage. Les configurations de ces pièces d'habillage sont aussi dépendantes de l'esthétique de la montre et des contraintes de fonctionnement, ce qui peut limiter les possibilités d'adaptation.

[0005] Il est connu dans la technique horlogère d'utiliser dans une montre notamment électronique, une membrane du type acoustique, qui est dédiée à la transduction vibro-acoustique. Pour activer une telle membrane dans une montre électronique, il est placé un élément piézoélectrique par exemple sur la membrane pour la faire vibrer comme mentionné dans le brevet CH 581 860. Pour que le rayonnement sonore de la membrane ne soit pas perdu dans la montre, qui doit être étanche, il peut être prévu un double fond de la boîte de montre, qui est ouvert vers l'extérieur. Dans ce cas, le fond de la boîte de montre présente une ou plusieurs ouvertures pour la transmission du son de la membrane en vibration.

[0006] Généralement avec l'utilisation d'une membrane traditionnelle de rayonnement acoustique, il subsiste un problème de largeur de bande de fréquences. Dans le cas d'une montre à sonnerie à répétition minute, un réveil ou encore une alarme à quartz, d'excellents résultats peuvent être obtenus en amplifiant une seule fréquence dominante, accordée avec l'excitateur. Par contre, dans le cas où la membrane acoustique doit équiper une boîte à musique, les fréquences à rayonner de manière efficace doivent s'étendre typiquement entre 1 kHz et 4 kHz. La réponse acoustique de la membrane doit donc être relativement uniforme dans cet intervalle de fréquences. Toutefois, les membranes uniformes standard n'arrivent jamais à remplir cette condition, le niveau de réponse étant donc généralement très inhomogène dans cet intervalle de fréquences.

[0007] Dans une montre à sonnerie standard, qui est munie par exemple d'une membrane acoustique, cette membrane est prise en sandwich entre une partie de la carrure et le fond de la boîte de montre. Dans le cas d'une montre de luxe, le fond peut être réalisé dans un matériau précieux, tel que de l'or. Il peut se produire au contact de la membrane généralement en acier avec le fond en or, une différence de potentiel électro-chimique surtout dans un milieu humide. Cela est susceptible de favoriser la corrosion de ladite membrane au niveau du contact avec le fond en or, ce qui est un inconvénient. Il doit donc être également trouvé une matière inoxydable sans différence de potentiel avec l'or et dont l'amortissement interne est faible.

[0008] L'invention a donc pour but de pallier aux inconvénients de l'état de la technique susmentionné en fournissant une membrane de rayonnement acoustique pour une boîte à musique ou une montre à sonnerie, réalisée de telle manière à obtenir un rendement acoustique le plus uniforme possible sur la bande de fréquences audibles, essentiellement dans l'intervalle de fréquences entre 1 kHz et 4 kHz.

[0009] A cet effet, l'invention concerne une membrane de rayonnement acoustique comprenant les caractéristiques définies dans la revendication indépendante 1.

[0010] Des formes particulières de la membrane de rayonnement acoustique sont définies dans les revendications dépendantes 2 à 12.

[0011] Un avantage de la membrane de rayonnement acoustique selon la présente invention, réside dans le fait qu'elle est réalisée avec au moins une région de forme circulairement asymétrique formée dans le matériau de la membrane ou avec au moins une région de forme circulairement asymétrique ayant une épaisseur différente de l'épaisseur générale de la membrane. Elle peut comprendre plusieurs régions de forme circulairement asymétrique, qui sont excavées dans la matière de la membrane. De préférence, deux régions excavées de dimension différente sont prévues. Une première région est usinée par exemple par gravure ou creusement dans la membrane pour avoir une première épaisseur constante, et une seconde région est usinée dans la membrane pour avoir une seconde épaisseur constante inférieure à la première

épaisseur. Les deux régions de forme circulairement asymétrique sont usinées pour définir, par exemple, des première et seconde ellipses. Ces ellipses sont décalées l'une de l'autre par rapport au centre de la membrane et se superposent en partie.

[0012] Grâce à la réalisation des ellipses dans la membrane, cela permet d'avoir un nombre double de modes propres de vibration pour chaque ellipse par rapport à une région de forme circulaire. Une maximisation du nombre de modes propres dans la bande de fréquences audibles est ainsi obtenue, notamment entre 1 kHz et 4 kHz. La réponse globale de la membrane en vibration est ainsi aplatie en éliminant la symétrie circulaire et en utilisant une telle région asymétrique sous forme d'ellipse vue en plan.

[0013] Avantageusement, la membrane peut être réalisée en métal amorphe ou en verre métallique, ou également en or, voire en laiton ou dans un autre matériau ayant une densité, un module d'Young et une limite élastique, qui sont similaires. L'agencement des régions asymétriques peut ainsi permettre d'augmenter le nombre de fréquences propres dans la bande de fréquences acoustiques utile, à savoir entre 1 kHz et 4 kHz, afin également d'augmenter le niveau acoustique global. Avec une telle membrane, l'élargissement de la bande sonore peut être combiné avec un amortissement interne très faible, ce qui permet d'obtenir un très bon rendement sonore.

[0014] A cet effet, l'invention concerne également une montre munie d'une membrane de rayonnement acoustique comprenant les caractéristiques définies dans la revendication indépendante 13.

[0015] Des formes particulières de la montre sont définies dans les revendications dépendantes 14 à 16.

[0016] Les buts, avantages et caractéristiques de la membrane de rayonnement acoustique pour une boîte à musique ou une montre à sonnerie apparaîtront mieux dans la description suivante sur la base d'au moins une forme d'exécution non limitative illustrée par les dessins sur lesquels:

la figure 1 représente de manière simplifiée une vue de dessus de la membrane de rayonnement acoustique selon l'invention,

la figure 2 représente de manière simplifiée une coupe diamétrale selon A-A de la figure 1 de la membrane de rayonnement acoustique selon l'invention,

la figure 3 représente un graphe de la force totale appliquée sur l'air par la membrane selon l'invention en comparaison d'une membrane circulaire, en fonction de la fréquence d'excitation de la membrane, et

la figure 4 représente de manière simplifiée une coupe partielle d'une montre à sonnerie ou musicale, qui est munie d'une membrane acoustique selon l'invention.

[0017] Dans la description suivante, il sera fait référence principalement à la configuration d'une membrane de rayonnement acoustique, pour équiper notamment une boîte à musique, telle qu'une montre musicale, ou une montre à sonnerie.

[0018] La figure 1 représente une vue de dessus de la membrane de rayonnement acoustique 1 pour une boîte à musique, telle qu'une montre musicale, ou une montre à sonnerie. Dans cette forme d'exécution, la membrane 1 est réalisée avec une épaisseur inhomogène spatialement, c'est-à-dire qu'elle comprend des régions, qui ont été usinées dans l'épaisseur totale de la membrane. Les régions usinées ont chacune une épaisseur uniforme différente. Les régions excavées d'épaisseur différente ont en vue de dessus des formes circulairement asymétriques. Les formes asymétriques sont de préférence des ellipses 2, 3 excavées dans une partie de fond 4 d'une membrane circulaire 1, qui peut être en forme de cuvette comme expliqué ci-après en référence aux figures 2 et 4. Ces ellipses 2, 3 sont en partie superposées. La présence de plusieurs régions asymétriques circulairement permet d'augmenter considérablement le nombre de modes propres ou fréquences propres de vibration. Cela permet donc d'augmenter la largeur de bande de préférence entre 1 kHz et 4 kHz et l'uniformité de l'amplification dans cette bande de fréquences audibles.

[0019] Comme il a pu être constaté lors de test de rayonnement acoustique d'une telle membrane, il est prévu de manière optimale de réaliser deux régions asymétriques 2, 3 dans l'épaisseur de la membrane 1. Ces deux régions sous forme d'ellipse à épaisseur uniforme différente, sont de dimension ou surface différente sans être dépendantes directement de la dimension de la membrane. La membrane 1 peut être une membrane circulaire de diamètre de l'ordre de 40 mm en bordure et de diamètre de l'ordre de 31 mm au niveau de son fond 4 à titre d'exemple non limitatif. Ces deux régions sous forme d'ellipse occupent une grande partie de la surface de la membrane vue en plan de manière à augmenter le nombre de modes propres de vibration dans la bande de fréquences audibles désirées entre 1 kHz et 4 kHz.

[0020] Les régions sous forme d'ellipse sont normalement déterminées en tenant compte de la formule simplifiée suivante de la fréquence ω des modes de vibration d'une membrane elliptique:

$$\omega_{n,m}^2 \approx E \cdot h \cdot (n/b^2 + m/a^2) / (\rho \cdot (1 - \nu^2))$$

où E est le module d'Young, h est l'épaisseur de la membrane, a et b sont les demi-axes de l'ellipse, ρ est la masse volumique du matériau de la membrane, ν est le coefficient de Poisson (à peu près de l'ordre de 0.3), n et m sont des

nombre entiers, qui numérotent les modes de vibration et représentent le nombre de nœuds spatialement de la vibration correspondante de la membrane. Le nombre de nœuds dans la direction du demi-axe a et du demi-axe b est $m-1$, respectivement $n-1$. Dans le cas d'un mode indiqué par $n=2$ et $m=3$, cela correspond à une vibration, qui a deux nœuds dans la direction du demi-axe a , et un nœud dans la direction du demi-axe b . Dans le cas d'un mode indiqué par $n=1$ et $m=1$, il n'y a pas de nœuds dans l'une ou l'autre direction des demi-axes.

[0021] Selon la formule de la fréquence de vibration susmentionnée, la fréquence augmente avec la racine carrée du module de Young E et de l'épaisseur h , mais par contre diminue en augmentant les demi-axes a et b , c'est-à-dire la surface de l'ellipse. A titre comparatif, pour une même surface et une même épaisseur, et dans l'intervalle de fréquences désirées, une membrane elliptique a un nombre double de modes de vibration par rapport à une membrane circulaire. Il est donc possible d'aplatir la réponse globale en fréquence en éliminant la symétrie circulaire de la membrane. Les régions asymétriques de préférence sous forme d'ellipse 2, 3 de la membrane acoustique 1 selon l'invention, sont configurées pour que les premiers modes propres de vibration se trouvent dans la bande de fréquences audibles entre 1 kHz et 4 kHz. Avec de telles ellipses, cela permet d'effectuer une meilleure optimisation géométrique, que pour d'autres formes asymétriques.

[0022] Il est à noter qu'une membrane circulaire d'épaisseur uniforme supporte plusieurs modes propres de vibration, qui sont définis par k_n . Chaque mode propre est caractérisé par un nombre défini de nœuds N . Grâce à la réalisation de régions d'épaisseur différente, qui sont appelées S_j avec j allant de 1 à n , et pour chaque nombre défini de nœuds N , il est compté plusieurs modes de vibration k_n ayant ce nombre de nœuds. Ces modes diffèrent entre eux par leur forme spatiale et/ou leur orientation dans le plan de la membrane. La différence d'énergie entre ces modes dépend de l'épaisseur et de la forme des régions S_j et peut donc être réduite à discrétion. Cette multiplication des modes dans chaque intervalle d'énergie permet d'élargir la bande de réponse de la membrane. Par simplicité de calcul et de réalisation pratique, il est considéré le cas spécifique où les régions d'épaisseur différente sont deux ellipses.

[0023] Grâce à la réalisation de deux ellipses dans la membrane, pour chaque nombre défini de nœuds, il y a quatre modes de vibration, dont deux modes de vibration par ellipse et non un seul mode de vibration pour une forme circulaire d'une membrane traditionnelle. Une maximisation du nombre de modes dans la bande de fréquences audibles est ainsi obtenue. La réponse globale de la membrane en vibration est ainsi aplatie en éliminant la symétrie circulaire et en utilisant une telle région asymétrique sous forme d'ellipse vue en plan.

[0024] Pour les dimensions typiques d'une montre, avec les deux régions à forme elliptique il est possible d'obtenir une meilleure optimisation géométrique qu'avec toute autre forme asymétrique. En fonction de la taille suffisamment grande de chaque ellipse par rapport à la taille de la membrane, les premiers modes de vibration se trouvent avec une amplification uniforme dans la bande de fréquences désirée, par exemple entre 1 kHz et 4 kHz. Le niveau acoustique global est également augmenté pour la perception par un utilisateur des notes rayonnées par la membrane de la boîte à musique ou de la montre à sonnerie.

[0025] Comme décrit ci-devant, la membrane circulaire 1 peut être de diamètre égal à 40 mm en bordure et de diamètre égal à 31 mm au niveau de son fond 4. Elle peut être réalisée avec un matériau, tel que du verre métallique à base de zircone, qui a une densité ou masse volumique égale à $5'100 \text{ kg/m}^3$. Le matériau utilisé pour la membrane peut avoir un module d'Young, qui peut varier entre 97 et 110 GPa, alors que sa limite élastique peut varier entre 1.5 et 2.2 GPa. L'épaisseur maximale de la membrane peut être de l'ordre de 0.3 mm, tandis que l'épaisseur minimale peut varier entre 0.1 mm et 0.2 mm, selon les effets sonores à obtenir. Si la masse volumique est plus grande, alors que le module d'Young est plus petit, une épaisseur de membrane plus grande que 0.3 mm peut être admise, mais dans ces conditions, la membrane est moins efficace acoustiquement.

[0026] La taille de la première ellipse 2, qui est excavée dans le fond 4 de la membrane, est de 12 mm pour le demi grand axe et 6 mm pour le demi petit axe avec une épaisseur de 0.15 mm. La taille de la seconde ellipse 3, qui est excavée dans le fond 4 de la membrane en partie superposée à la première ellipse et croisée, est de 11 mm pour le demi grand axe et 7 mm pour le demi petit axe avec une épaisseur de 0.2 mm. Les centres c , c' des première et seconde ellipses 2, 3 peuvent être décalés l'un de l'autre par exemple de 13.5 mm, et l'angle entre les grands axes des deux ellipses peut être de l'ordre de 60° . Avec une taille relativement semblable des deux ellipses, la densité de modes de vibration de la membrane est maximisée dans la bande de fréquences audibles désirée. Il peut encore être envisagé d'adapter les épaisseurs et la surface des ellipses en fonction de l'étanchéité désirée, de l'indéformabilité ou la déformabilité de la membrane recherchée.

[0027] En général, le rapport entre les demi-axes des ellipses excavées dans la membrane et le rayon de la membrane circulaire doit en principe être dans l'intervalle $2/3$ à 1 . Le rapport entre les deux épaisseurs des ellipses doit être dans l'intervalle $1/2$ à $4/5$. L'épaisseur minimale ne doit pas être supérieure à $2/3$ de l'épaisseur totale de la membrane circulaire.

[0028] La figure 2 représente une coupe diamétrale selon A-A de la figure 1 de la membrane de rayonnement acoustique 1. Cette membrane peut prendre la forme d'une cuvette avec un fond 4 et un bord périphérique pour le montage notamment dans une boîte de montre comme expliqué ci-après en référence à la figure 4. Les régions asymétriques sous forme d'ellipse 2 et 3 sont réalisées dans le fond 4 de la membrane 1. Chaque région est excavée dans la membrane avec chacune une épaisseur uniforme différente. Il est également à noter que les régions excavées peuvent se trouver indifféremment sur le côté mouvement ou sur le côté externe de la membrane non représenté.

[0029] Il est également à noter qu'en lieu et place de réaliser des régions asymétriques 2, 3 par gravure, fraisage ou creusement dans l'épaisseur totale de la membrane 1, il peut être envisagé de réaliser sur une membrane d'épaisseur minimale deux régions sous forme d'ellipse en surépaisseur et qui se croisent. Une première région a une première épaisseur supérieure à l'épaisseur minimale de la membrane, et une seconde région a une seconde épaisseur supérieure à la première épaisseur de la première région. Ces régions sous forme d'ellipse forment ainsi des portions en saillie sur la membrane, mais dont la forme asymétrique apporte des avantages équivalents aux avantages des ellipses excavées dans la membrane expliquées ci-devant. Ces régions peuvent être obtenues par dépôt sélectif d'un même matériau que le matériau de base de la membrane. Le matériau peut être du verre métallique à base de zircone ou à base de platine, ou également de l'or.

[0030] Il est également à noter qu'en lieu et place de réaliser des régions asymétriques 2, 3 par gravure, fraisage ou creusement dans l'épaisseur totale de la membrane 1, il peut être envisagé de réaliser une membrane asymétrique circulairement, en modifiant ses propriétés physico-chimiques localement et de manière déterministe lors de la fabrication ou du post-traitement. Cette procédure permet de réaliser des régions uniformes ayant des formes asymétriques circulairement et donc de multiplier les modes de vibration et d'aplatir la réponse en fréquence, selon le même principe physique expliqué précédemment.

[0031] A la figure 3, il est représenté un graphe de la réponse en fréquence de la membrane proposée comparée avec la réponse d'une membrane circulaire ordinaire réalisée dans une même matière. Il est représenté la force totale F_z appliquée par la membrane sur l'air, en fonction de la fréquence d'excitation de la membrane. La membrane circulaire peut être plane dans cet exemple et de diamètre de l'ordre de 31 mm. La même force d'excitation a été appliquée dans tous les cas considérés.

[0032] La courbe MA représente la réponse d'une membrane circulaire ordinaire (force de la membrane sur l'air) dans l'intervalle de fréquences de 1 kHz à 4 kHz. On remarque que la force sur l'air de cette membrane ordinaire possède uniquement un pic de plus forte amplitude entre 2.5 kHz et 3 kHz avec une amplitude globale relativement faible. La courbe A représente la réponse d'une membrane circulaire, dans laquelle est réalisée une ellipse centrée de demi grand axe égal à 15 mm et de demi petit axe égal à 9 mm avec une épaisseur de 0.07 mm et une ellipse non centrée de demi grand axe égal à 13.5 mm et de demi petit axe égal à 10 mm avec une épaisseur de 0.09 mm. La courbe B représente la réponse d'une membrane circulaire, dans laquelle est réalisée une ellipse centrée de demi grand axe égal à 14 mm et de demi petit axe égal à 10 mm avec une épaisseur de 0.08 mm et une ellipse non centrée de demi grand axe égal à 12 mm et de demi petit axe égal à 11 mm avec une épaisseur de 0.1 mm. Finalement la courbe C représente la réponse d'une membrane circulaire, dans laquelle est réalisée une ellipse centrée de demi grand axe égal à 15 mm et de demi petit axe égal à 9 mm avec une épaisseur de 0.09 mm et une ellipse centrée de demi grand axe égal à 13.5 mm et de demi petit axe égal à 10 mm avec une épaisseur de 0.11 mm. L'amplitude de la force appliquée sur l'air par la membrane, dans laquelle des ellipses sont réalisées, est maximisée et relativement aplatie pour des fréquences propres de vibration entre 1 kHz et 4 kHz, ce qui est cherché par l'invention.

[0033] La figure 4 représente une coupe partielle d'une montre à sonnerie ou musicale 10. La montre 10 comprend essentiellement une membrane de rayonnement acoustique 1 selon l'invention pour améliorer le rendement acoustique d'une note ou de notes produites par un mécanisme de sonnerie. Cette membrane acoustique 1 peut comprendre deux régions en forme d'ellipse 2 et 3, excavées dans le fond 4 de la membrane. Cette membrane acoustique peut être réalisée par exemple dans un métal amorphe ou en verre métallique, qui est un matériau inoxydable. L'épaisseur totale de cette membrane 1 peut être inférieure ou égale à 1 mm, mais de préférence proche de 0.3 mm.

[0034] La montre à sonnerie ou musicale 10 comprend également un mouvement horloger 20, qui est généralement monté sur une platine 24. Une pièce de bordure 22 est fixée à la platine 24, ce qui définit une cage de montre. Habituellement aussi bien la platine 24 que la pièce de bordure 22 sont réalisées dans un matériau métallique.

[0035] Le mouvement horloger 20 comprend un mécanisme de sonnerie, non représenté. Ce mécanisme de sonnerie peut comprendre au moins un timbre monté sur un porte-timbre solidaire de la platine 24, et au moins un marteau monté rotatif sur la platine pour venir frapper ledit timbre dans des périodes déterminées. Le timbre généralement de forme circulaire entoure les diverses parties du mouvement horloger de la montre à sonnerie. Un tel mécanisme de sonnerie est prévu pour signaler une alarme programmée ou des répétitions minutes.

[0036] Dans une forme d'exécution plus élaborée d'une montre musicale, le mécanisme de sonnerie peut comprendre un clavier avec un ensemble de lames reliées à un talon, qui est fixé sur la platine 24. Une note ou une succession de notes de musique sont produites par les vibrations de lames du clavier. Chaque lame est normalement configurée pour la production d'une note particulière, mais il peut être prévu d'avoir certains groupes de deux lames pour que chaque groupe produise une même note particulière. Pour produire une musique par exemple dans des périodes programmées, les lames du clavier sont levées puis relâchées par des goupilles solidaires d'un cylindre ou d'un disque en rotation sur la platine 24. Chaque lame activée oscille principalement à sa première fréquence propre. Les vibrations générées par les lames activées, sont transmises aux pièces d'habillage de la montre, qui doivent permettre de rayonner acoustiquement le son produit par chaque lame en vibration.

[0037] Dans cette forme d'exécution, la membrane acoustique 1 est en forme de cuvette, dont le bord supérieur est monté de manière étanche par une garniture annulaire 18 sur un rebord annulaire intérieur du fond 15 de la boîte. Le diamètre de cette cuvette, qui peut être équivalent au diamètre de la glace 12 de montre, peut se situer entre 20 et 40 mm. Un support 21 de forme annulaire supporte d'un côté la platine 24 avec la pièce de bordure 22 et s'appuie sur le bord supérieur de la membrane 1 acoustique. Au moment de la fixation de la carrure 14 sur le fond 15 de la boîte de montre, le support 21 et le bord périphérique de la membrane de rayonnement acoustique 1 sont pincés entre la carrure 14 et le rebord du fond 15.

[0038] Il est à noter qu'il peut être prévu de fixer la membrane acoustique 1 par sa bordure d'une autre manière que celle présentée ci-devant. Il peut être envisagé que la membrane soit fixée de manière ponctuelle en 2, 3, 4 ou plus de points par sa bordure, ou qu'elle soit fixée élastiquement ou avec une condition d'appui simple.

[0039] Le fond 15 est monté par des moyens connus et de manière amovible sur la carrure 14 avec une garniture d'étanchéité 19. Une glace de montre 12 est fixée notamment à la lunette 13 pour fermer étanchement la boîte de montre. Un cadran 23 est maintenu en bordure sur la carrure et disposé au-dessous de la glace de montre 12. Pour une montre mécanique à sonnerie 10, des aiguilles d'indication de l'heure, non représentées, sont prévues sur le cadran, qui porte aussi des index horaires en périphérie.

[0040] La partie centrale de la membrane acoustique n'est pas en contact avec le support 21 et la surface intérieure du fond 15. De ce fait, un espace suffisant 17 dans la boîte est prévu pour que la membrane acoustique puisse librement vibrer ou rayonner acoustiquement. L'ensemble de la membrane acoustique 1 et du fond 15 constitue ainsi un double fond. Une ou plusieurs ouvertures 16 sont également prévues latéralement à travers le fond 15 pour permettre à la membrane acoustique de rayonner le son produit par le mécanisme de sonnerie vers l'extérieur.

[0041] Lors du fonctionnement du mécanisme de sonnerie, la note ou les notes générées par ledit mécanisme de sonnerie sont transmises directement à la membrane de rayonnement acoustique 1 pour la faire vibrer. Une transmission de vibration à la membrane acoustique 1 est également fournie en bordure de la membrane acoustique par les pièces de liaison 21, 22 et 24. Comme la membrane acoustique comprend des régions sous forme d'ellipse 2, 3 excavées dans le fond 4 de la membrane, elle est susceptible de vibrer à plusieurs premières fréquences propres en fonction du nombre de notes prévues à rayonner. Ces premières fréquences propres sont situées de préférence dans la bande acoustique utile entre 1 kHz et 4 kHz. Les secondes fréquences propres de vibration des notes sont par contre situées au-dessus de 4 kHz. Ceci est avantageux car les secondes fréquences de vibration sont souvent destructrices de son.

[0042] Ces fréquences propres voulues de vibration sonore de la membrane, qui peut être en métal amorphe, sont dépendantes des propriétés physiques, telles que la masse volumique et le module d'Young. De plus avec une telle membrane de rayonnement acoustique 1, il est constaté un amortissement très faible, ce qui procure un très bon rendement sonore de cette membrane acoustique. En plus, l'effet d'interférence destructrice des deuxièmes fréquences propres est mitigé, étant donné qu'un mode de deuxième fréquence propre se trouve généralement proche en fréquence d'un mode de première fréquence propre ayant une orientation orthogonale. En autres termes, la membrane ne vibre jamais sur un mode pur de deuxième fréquence propre.

[0043] Grâce au fait que cette membrane est composée de matériaux inoxydables, elle peut être montée sur un fond par exemple en métal précieux, tel que l'or. Aucune différence de potentiel électro-chimique n'est ainsi constatée même dans un milieu humide, ce qui fait qu'aucune corrosion ne survient au contact de la membrane 1 et du fond 15.

[0044] Le verre métallique ou métal amorphe utilisé par exemple pour la réalisation de la membrane, peut être également un alliage métallique à base de titane, zirconium et béryllium. Ainsi à titre d'exemple plus spécifique, l'alliage de métal amorphe peut comprendre 41% de zirconium, 14% de titane, 12% de cuivre, 10% de nickel et 23% de béryllium. Le module d'Young de cet alliage vaut 105 GPa et la limite d'élasticité vaut 1.5 GPa. L'alliage de métal amorphe peut également être constitué de 57.5 % de platine, de 14.7% de cuivre, de 5.3% de nickel et de 22.5% de phosphore. Le module d'Young de cet alliage vaut dans ce cas 98 GPa et la limite d'élasticité vaut 1.4 GPa.

[0045] A partir de la description qui vient d'être faite, plusieurs variantes de réalisation de la membrane de rayonnement acoustique pour une boîte à musique ou une montre à sonnerie peuvent être conçues par l'homme du métier sans sortir du cadre de l'invention définie par les revendications. La membrane acoustique peut être située dans la boîte de montre au niveau de la carrure avec une ouverture à travers la carrure pour le rayonnement sonore de la membrane acoustique en vibration. La membrane acoustique peut se situer sur une partie externe de la boîte de montre, mais disposée au moins sur une ouverture du boîtier pour que la ou les notes générées par le mécanisme de sonnerie puissent faire vibrer la membrane. Plusieurs membranes acoustiques peuvent être disposées à plusieurs endroits à l'intérieur de la boîte de montre ou superposées. La membrane peut avoir une autre forme que circulaire, par exemple rectangulaire et être plane. La membrane peut comprendre une région en forme d'ellipse sur une première face et une autre région en forme d'ellipse sur une seconde face opposée de la membrane.

Revendications

1. Membrane de rayonnement acoustique (1) pour une boîte à musique ou une montre à sonnerie (10), caractérisée en ce qu'elle est réalisée avec au moins une région de forme circulairement asymétrique formée dans le matériau

de la membrane ou avec au moins une région de forme circulairement asymétrique ayant une épaisseur différente de l'épaisseur générale de la membrane.

2. Membrane (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle comprend plusieurs régions (2, 3) de forme circulairement asymétrique.
3. Membrane (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce qu'elle comprend au moins deux régions circulairement asymétriques, chaque région étant excavée dans la membrane avec une épaisseur uniforme différente, pour maximiser les premières fréquences propres de vibration de la membrane dans la bande de fréquences entre 1 kHz et 4 kHz.
4. Membrane (1) selon l'une des revendications précédentes, caractérisée en ce que la ou les régions circulairement asymétriques (2, 3) ont une forme d'ellipse.
5. Membrane (1) selon la revendication 4, caractérisée en ce que les régions sous forme d'ellipse sont excavées dans la membrane avec une épaisseur différente l'une de l'autre et inférieure à l'épaisseur générale de la membrane.
6. Membrane (1) selon la revendication 4, caractérisée en ce que les régions sous forme d'ellipse sont des régions en saillie réalisées sur une épaisseur minimale de la membrane, chaque région en saillie ayant une épaisseur différente l'une de l'autre, une première région en saillie ayant une première épaisseur supérieure à l'épaisseur minimale de la membrane, et une seconde région en saillie ayant une seconde épaisseur supérieure à la première épaisseur de la première région.
7. Membrane (1) selon l'une des revendications 5 et 6, caractérisée en ce que la membrane a une forme générale de cuvette avec un fond (4) dans lequel sont réalisées les régions (2, 3) en forme d'ellipse.
8. Membrane (1) selon l'une des revendications 5 à 7, caractérisée en ce qu'une première région (2) en forme d'ellipse est centrée sur la membrane de forme circulaire, en ce qu'une seconde région (3) en forme d'ellipse est décentrée sur la membrane, et en ce que les deux régions se superposent en partie.
9. Membrane (1) selon la revendication 8, caractérisée en ce que le rapport entre les demi-axes des deux ellipses excavées (2, 3) dans la membrane et le rayon de la membrane circulaire doit être compris dans l'intervalle de 2/3 à 1, en ce que le rapport entre les deux épaisseurs des ellipses excavées doit être dans l'intervalle de 1/2 à 4/5, et en ce que l'épaisseur minimale de chaque ellipse ne doit pas être supérieure à 2/3 de l'épaisseur générale de la membrane circulaire.
10. Membrane (1) selon l'une des revendications 2 à 5, caractérisée en ce que l'épaisseur générale de la membrane est de 0.3 mm ou inférieure, en ce que l'épaisseur d'une première région (2) en forme d'ellipse est de l'ordre de 0.15 mm, et en ce que l'épaisseur de la seconde région (3) en forme d'ellipse est de l'ordre de 0.2 mm.
11. Membrane (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce qu'elle est réalisée en or ou en titane ou en métal amorphe, autrement appelé verre métallique.
12. Membrane (1) selon la revendication 1, caractérisée en ce que la région de forme circulairement asymétrique est formée dans le matériau de base de la membrane en modifiant les propriétés physico-chimiques localement du matériau de la membrane et de manière déterministe pour réaliser des régions d'épaisseur uniforme ayant des formes circulairement asymétriques et ainsi de multiplier les modes de vibration et d'aplatir la réponse en fréquence.
13. Montre à sonnerie ou musicale (10), comprenant une boîte de montre, qui comprend une carrure (14) et un fond (15) à au moins une ouverture latérale (16), le fond étant fixé étanchement et de manière amovible à la carrure, une glace (12) fermant étanchement la boîte, un mouvement horloger (20) maintenu à l'intérieur de la boîte de montre et muni d'un mécanisme de sonnerie susceptible d'être activé dans des périodes déterminées pour produire une note ou plusieurs notes, et au moins une membrane de rayonnement acoustique (1) selon l'une des revendications 1 à 12, qui est disposée dans la boîte de montre.
14. Montre (10) selon la revendication 13, caractérisée en ce que la membrane acoustique (1) est maintenue sur un rebord intérieur annulaire du fond (15) de la boîte et une partie de la carrure (14), et en ce que la périphérie de la membrane acoustique (1) est pincée avec la périphérie d'un support (21) du mouvement entre la carrure (14) et le rebord intérieur annulaire du fond (15) de la boîte.
15. Montre (10) selon la revendication 14, caractérisée en ce que la membrane acoustique (1) a une forme de cuvette, dont un bord supérieur est pincé avec le support annulaire (21) entre la carrure (14) et le rebord annulaire intérieur du fond (15) de la boîte, une garniture d'étanchéité annulaire (18) étant placée entre le rebord annulaire intérieur du fond (15) et le bord annulaire de la membrane, et en ce qu'une partie centrale de la membrane acoustique n'est pas en contact avec le support annulaire (21) et une surface intérieure du fond (15) de la boîte pour définir un espace (17) afin de pouvoir osciller librement.
16. Montre (10) selon la revendication 13, caractérisée en ce que plusieurs membranes de rayonnement acoustique (1) sont reliées à la boîte de montre et espacées l'une de l'autre ou superposées.

Fig. 1

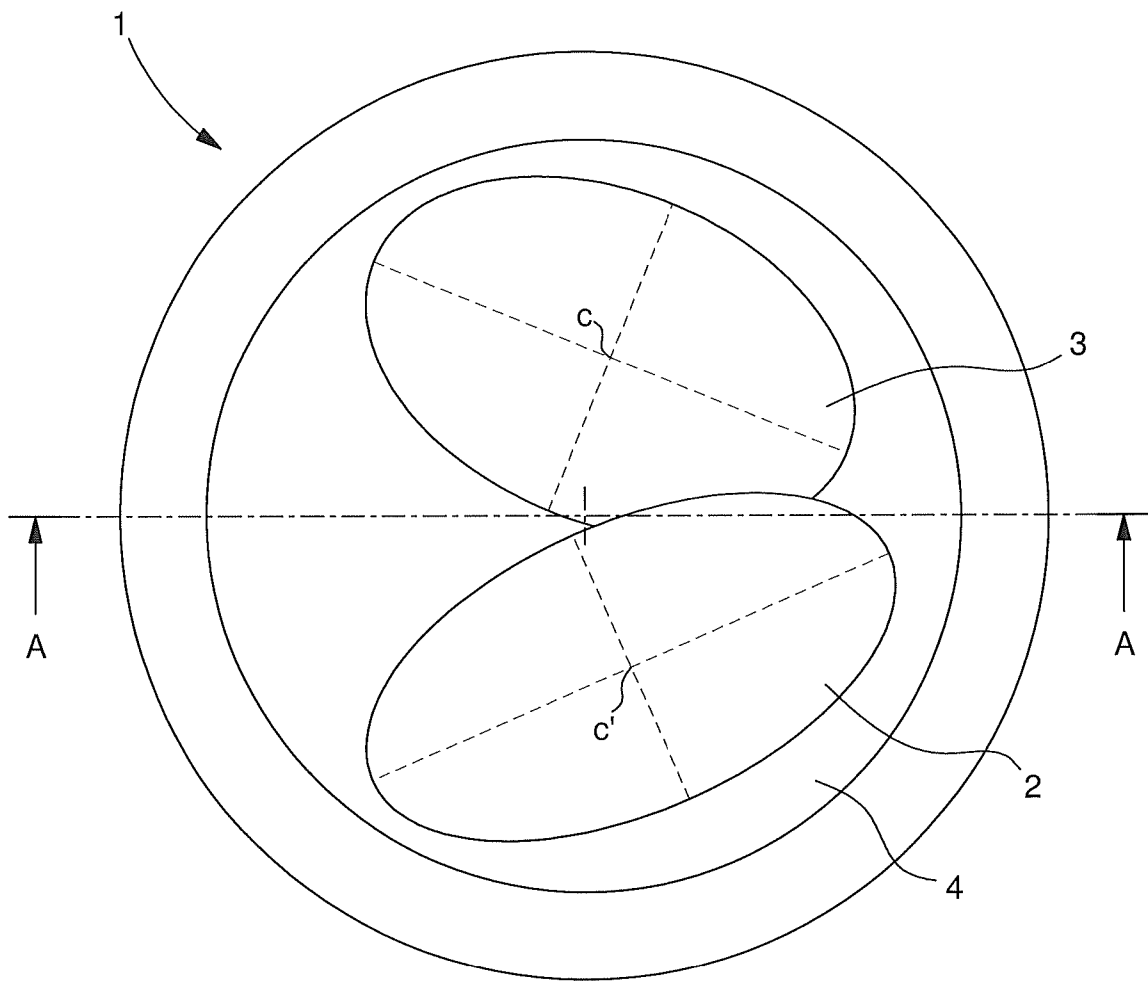


Fig. 2

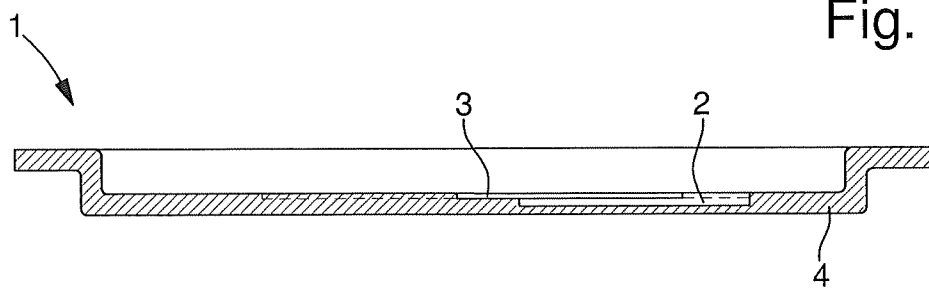
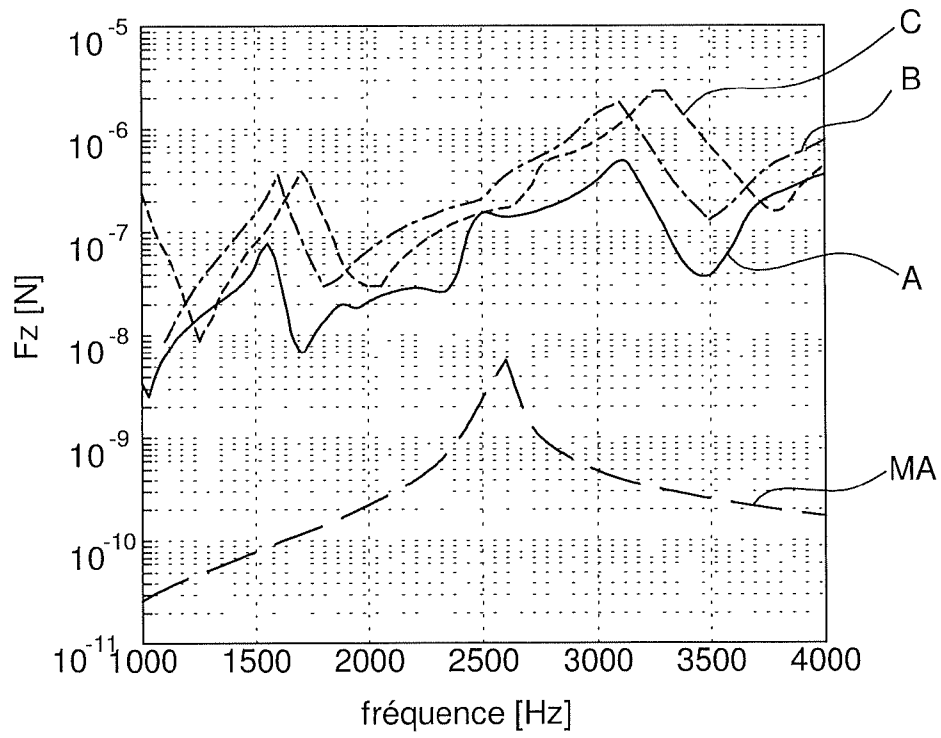


Fig. 3



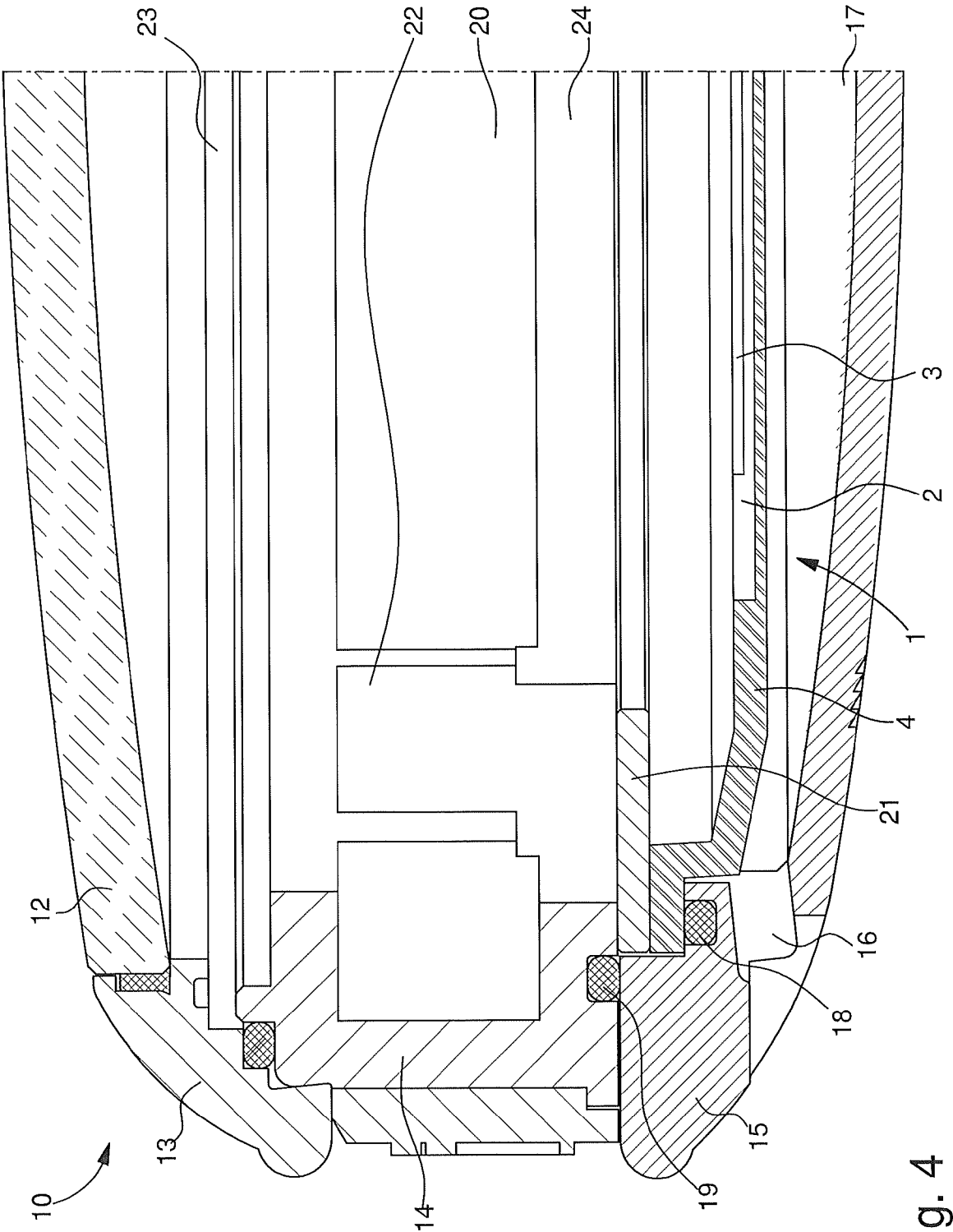


Fig. 4