



(86) Date de dépôt PCT/PCT Filing Date: 2011/01/14
(87) Date publication PCT/PCT Publication Date: 2011/07/21
(85) Entrée phase nationale/National Entry: 2012/07/13
(86) N° demande PCT/PCT Application No.: FR 2011/000025
(87) N° publication PCT/PCT Publication No.: 2011/086302
(30) Priorité/Priority: 2010/01/15 (FR10/00156)

(51) Cl.Int./Int.Cl. *H04R 9/04* (2006.01),
H04R 7/16 (2006.01), *H04R 7/12* (2006.01)

(71) Demandeur/Applicant:
PHL AUDIO, FR

(72) Inventeurs/Inventors:
FLAVIGNARD, YOANN, FR;
LESAGE, PHILIPPE, FR

(74) Agent: SIM & MCBURNEY

(54) Titre : TRANSDUCTEUR ELECTRODYNAMIQUE A DOME ET SUSPENSION FLOTTANTE

(54) Title: ELECTRODYNAMIC TRANSDUCER HAVING A DOME AND A BUOYANT HANGING PART

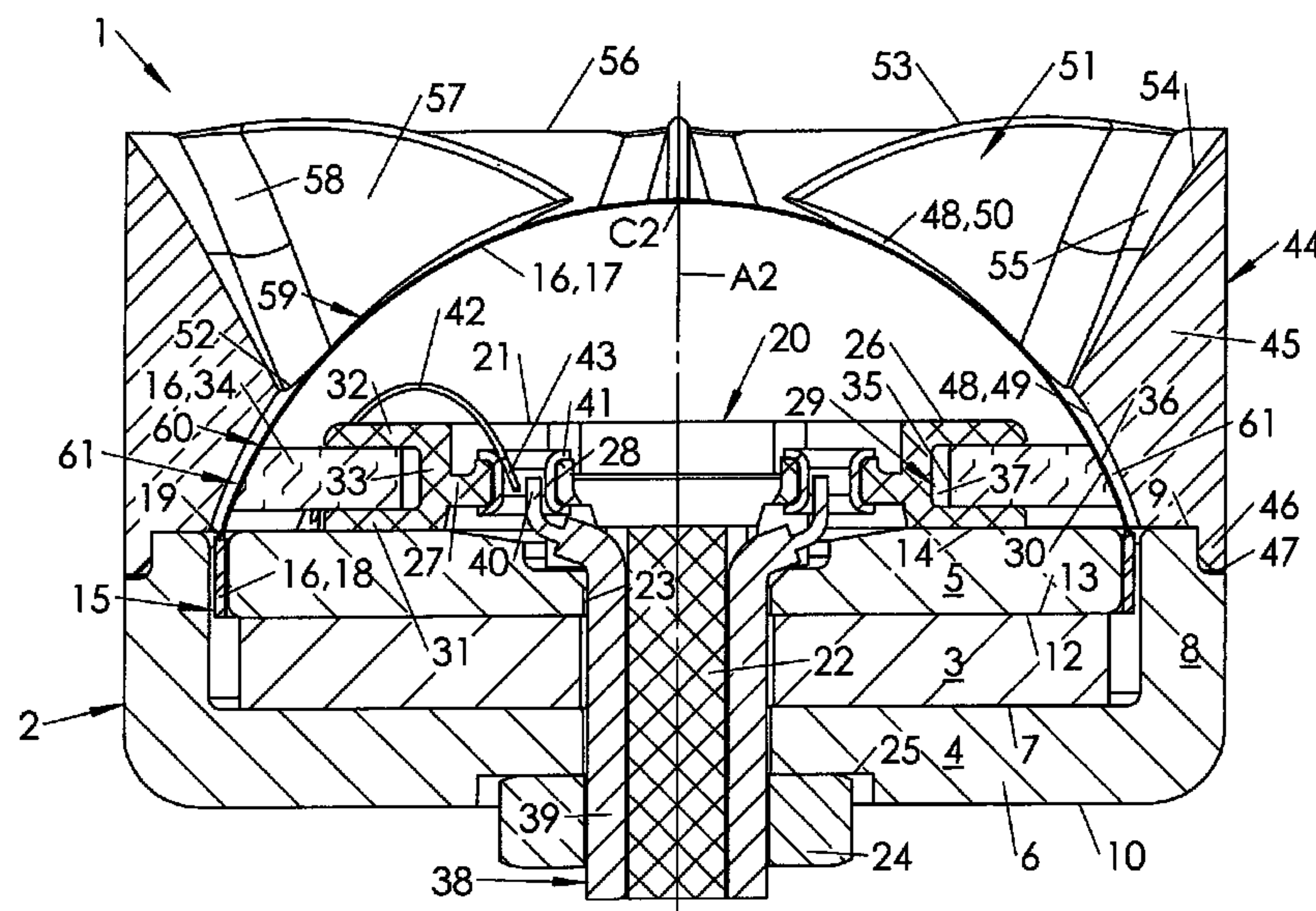


FIG.1

(57) Abrégé/Abstract:

Transducteur électrodynamique (1) comprenant : un circuit magnétique (2) définissant un entrefer; un équipement mobile (16) comprenant un diaphragme (17) en forme de dôme et une bobine mobile (18) solidaire du diaphragme (17) et plongée dans l'entrefer; un support (20) auquel est suspendu l'équipement mobile; une suspension (34) assurant la liaison entre l'équipement mobile (16) et le support (20), cette suspension (34) étant flottante par rapport au support (20), permettant un degré de liberté radial.



(12) DEMANDE INTERNATIONALE PUBLIÉE EN VERTU DU TRAITÉ DE COOPÉRATION EN MATIÈRE DE BREVETS (PCT)

(19) Organisation Mondiale de la Propriété
Intellectuelle
Bureau international



(10) Numéro de publication internationale
WO 2011/086302 A1

(43) Date de la publication internationale
21 juillet 2011 (21.07.2011)

(51) Classification internationale des brevets :
H04R 9/04 (2006.01) *H04R 7/12* (2006.01)
H04R 7/16 (2006.01)

(21) Numéro de la demande internationale :
PCT/FR2011/000025

(22) Date de dépôt international :
14 janvier 2011 (14.01.2011)

(25) Langue de dépôt : français

(26) Langue de publication : français

(30) Données relatives à la priorité :
10/00156 15 janvier 2010 (15.01.2010) FR

(71) Déposant (pour tous les États désignés sauf US) : **PHL AUDIO** [FR/FR]; 461, rue des Chênes, F-77590 Chartrettes (FR).

(72) Inventeurs; et

(75) Inventeurs/Déposants (pour US seulement) :
FLAVIGNARD, Yoann [FR/FR]; c/o PHL, Audio, 461, rue des Chênes, F-77590 Chartrettes (FR). **LESAGE, Philippe** [FR/FR]; c/o PHL Audio, 461, rue des Chênes, F-77590 Chartrettes (FR).

(74) Mandataire : **DEJADE ET BISET**; 35, rue de Chateaudun, F-75009 Paris (FR).

(81) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection nationale disponible) : AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KR, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) États désignés (sauf indication contraire, pour tout titre de protection régionale disponible) : ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasien (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), européen (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

Publiée :

— avec rapport de recherche internationale (Art. 21(3))

(54) Title : ELECTRODYNAMIC TRANSDUCER HAVING A DOME AND A BUOYANT HANGING PART

(54) Titre : TRANSDUCTEUR ÉLECTRODYNAMIQUE À DÔME ET SUSPENSION FLOTTANTE

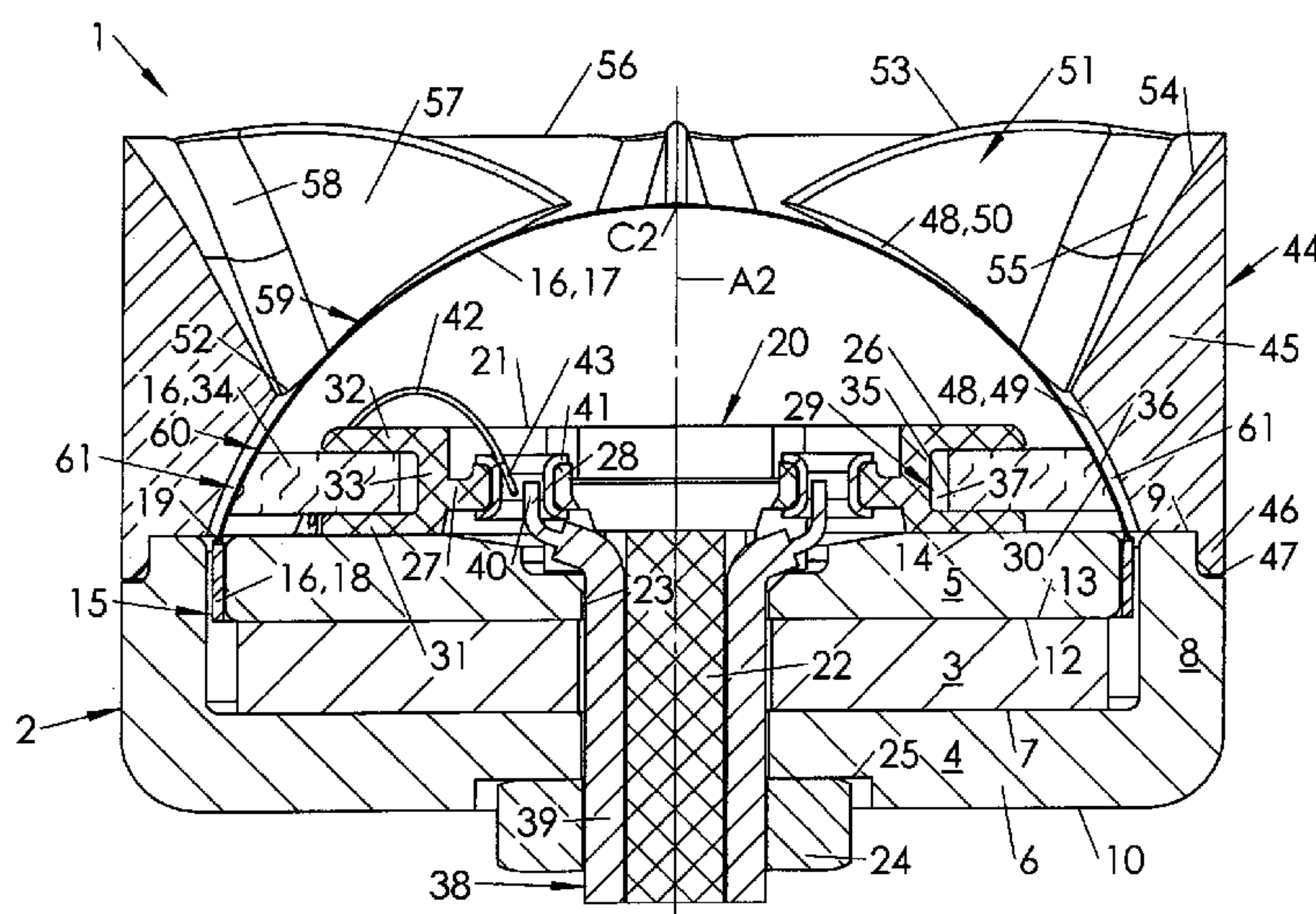


FIG.1

(57) Abstract : The invention relates to an electrodynamic transducer (1) including: a magnetic circuit (2) that defines an air gap; a movable part (16) that includes a dome-shaped diaphragm (17) and a movable spool (18) rigidly connected to the diaphragm (17) and placed down into the air gap; a holder (20) on which the movable part is hung; and a hanging part (34) that ensures the connection between the movable part (16) and the holder (20), said hanging part (34) being buoyant relative to the holder (20), thus allowing a radial degree of freedom.

(57) Abrégé : Transducteur électrodynamique (1) comprenant : un circuit magnétique (2) définissant un entrefer; un équipement mobile (16) comprenant un diaphragme (17) en forme de dôme et une bobine mobile (18) solidaire du diaphragme (17) et plongée dans l'entrefer; un support (20) auquel est suspendu l'équipement mobile; une suspension (34) assurant la liaison entre l'équipement mobile (16) et le support (20), cette suspension (34) étant flottante par rapport au support (20), permettant un degré de liberté radial.

Transducteur électrodynamique à dôme et suspension flottante

L'invention a trait au domaine de la reproduction sonore au moyen de haut-parleurs, également dénommés transducteurs électrodynamiques ou électroacoustiques, qui assurent une fonction de conversion d'une énergie électrique généralement délivrée par un amplificateur de puissance, en énergie acoustique.

L'énergie acoustique est rayonnée par une membrane dont les déplacements entraînent des variations de pression de l'air environnant, qui se propagent dans l'espace sous forme d'une onde acoustique.

Dans le transducteur électrodynamique du type Rice-Kellog, le plus courant, la membrane est mue par une bobine mobile comprenant un solénoïde parcouru par un courant électrique (issu de l'amplificateur) et plongé dans un entrefer où règne un champ magnétique produit par un aimant permanent. L'interaction entre le courant électrique et le champ magnétique produit une force connue sous le nom de « Force de LAPLACE », qui produit un déplacement de la bobine mobile, laquelle entraîne avec elle la membrane dont les vibrations sont la source du rayonnement acoustique.

De nombreuses formes ont été imaginées pour la réalisation des membranes ; les plus courantes sont le cône (dont la génératrice peut être droite ou curviligne) et le dôme, ou une combinaison des deux.

Dans le cas du cône, la bobine mobile est généralement fixée sur le pourtour d'une ouverture pratiquée au centre de la membrane. L'encombrement et la masse de l'équipage mobile sont relativement importants, ce qui rend ce type d'architecture particulièrement adapté à la réalisation des transducteurs conçus pour la reproduction du grave et du medium, nécessitant des vibrations de membrane de fréquence relativement basse, mais de grande amplitude.

Dans le cas du dôme, la bobine mobile est généralement fixée sur un bord périphérique de la membrane. L'encombrement et la masse de l'équipage mobile peuvent être minimisés, ce qui rend ce type d'architecture particulièrement adaptée à la réalisation des transducteurs conçus pour la reproduction de l'aigu, du fait des vibrations de membrane de fréquence élevée et de faible amplitude.

Quelle que soit sa forme, la membrane est généralement fixée à un châssis du transducteur par l'intermédiaire d'une suspension périphérique qui, outre sa fonction primaire de soutien de la membrane, remplit généralement trois fonctions :

- 5 – rappel de la membrane vers une position de repos,
- production d'un rayonnement acoustique secondaire qui s'ajoute à celui de la membrane,
- centrage et guidage axial de l'équipage mobile (comprenant la membrane et la bobine mobile) par rapport à l'entrefer,

10 Dans le cas des membranes coniques, du fait des grands débattements de ce type de transducteur, la suspension périphérique n'est généralement pas suffisante pour assurer le guidage de la membrane par rapport à l'entrefer, et on a couramment recours à des dispositifs de centrage complémentaire, par exemple de type spider (cf.
15 par exemple la demande de brevet français FR 2 667 212 au nom de la demanderesse).

 Dans le cas des membranes à dôme, dont les débattements sont bien plus faibles, une unique suspension périphérique est généralement prévue pour assurer conjointement les trois fonctions évoquées ci-
20 dessus. Cette topologie est connue de longue date, cf. par exemple le brevet américain US 2 242 791 (Edward C. Wentz / Bell Laboratories) datant de juin 1948. Un exemple plus récent est exposé dans la demande de brevet américain US 2008/0166010 (Stiles et al).

 Il est couramment admis que le centrage de la membrane par
25 rapport à l'entrefer et son guidage axial constituent une fonction essentielle de la suspension. En effet, il est nécessaire d'exclure, ou tout du moins de minimiser, les mouvements transversaux (balancement, tangage) de la membrane, considérés comme des défauts générant des distorsions et des bruits parasites dans le signal
30 sonore émis par celle-ci. En particulier, il arrive que la bobine frotte contre les parois de l'entrefer. Un tel frottement génère de fortes distorsions et bruits parasites qui rendent inutilisable un tel transducteur.

 C'est pourquoi le centrage de l'équipage mobile par rapport à
35 l'entrefer est une opération de montage délicate, qui nécessite la prise en compte de l'ensemble des tolérances de fabrication (notamment du

circuit magnétique) et requiert une fixation extrêmement précise de la suspension sur le châssis du transducteur. Une telle opération est délicate à automatiser. Malgré toutes les précautions prises, des cas de frottement de la bobine mobile contre une paroi de l'entrefer peuvent se produire et il est habituel, pour en minimiser la fréquence, de ménager entre la bobine mobile et l'entrefer des jeux de fonctionnement intérieur et extérieur importants, de plusieurs dixièmes de millimètre.

Mais tout élargissement de l'entrefer a pour conséquences néfastes :

- 10 - de diminuer, pour un même circuit magnétique, la densité de flux au sein de l'entrefer, ce qui diminue proportionnellement la force motrice communiquée à la bobine mobile et nuit par conséquent au niveau d'efficacité du transducteur,
- de diminuer la capacité de dissipation de la chaleur produite par effet Joule dans la bobine, en raison de l'épaisseur des lames d'air
15 qui l'entourent et agissent comme des isolants thermiques.

Une partie des efforts des constructeurs de haut-parleurs est orientée vers la recherche du meilleur compromis entre les tolérances de centrage de l'équipage mobile par rapport à l'entrefer (et donc de dimensionnement et/ou de fixation de la suspension), et les performances acoustiques du transducteur. Comme nous l'avons vu, l'augmentation des premières font diminuer les secondes. Il va de soi que, dans le cadre d'une fabrication industrielle, le choix s'oriente généralement vers une augmentation des tolérances au détriment des performances acoustiques.

Face à cette problématique, la demanderesse a fait le choix inverse, de ne pas sacrifier les performances et de rechercher des solutions pertinentes et rationnelles dans l'architecture même du transducteur.

30 L'invention vise par conséquent à apporter une contribution à la résolution des problèmes évoqués ci-dessus, en particulier en ce qui concerne les transducteurs d'aigu, en apportant des perfectionnements aux transducteurs à dôme permettant notamment de faciliter le montage sans sacrifier les performances acoustiques.

35 A cet effet, l'invention propose, selon un premier aspect, un transducteur électrodynamique comprenant :

- un circuit magnétique définissant un entrefer,
 - un équipage mobile comprenant un diaphragme en forme de dôme et une bobine mobile solidaire du diaphragme et plongée dans l'entrefer ;
- 5 -
- un support auquel est suspendu l'équipage mobile ;
 - une suspension assurant la liaison entre l'équipage mobile et le support, cette suspension étant flottante par rapport au support, permettant un degré de liberté radial.

De la sorte, la fonction de centrage de la suspension disparaît.
10 Celle-ci est procurée directement au niveau de l'entrefer, lorsque la bobine mobile est parcourue par un courant électrique de modulation. Cette architecture rend possible la diminution des jeux de fonctionnement autour de la bobine mobile, au bénéfice du niveau de sensibilité du transducteur.

15 Cette réduction des jeux diminue l'épaisseur des lames d'air entourant le solénoïde, et donc la résistance thermique entre celui-ci et le circuit magnétique. Ceci améliore la dissipation thermique et, par voie de conséquence, permet d'accroître la puissance admissible du transducteur.

20 Selon un mode de réalisation, le support comprend une gorge périphérique, et la suspension se présente sous forme d'un anneau dont un bord interne est encastré dans la gorge. Un jeu supérieur à 0,1 mm est de préférence ménagé entre la suspension et un fond de la gorge.

25 Le support comprend par exemple une platine, dans laquelle la gorge périphérique est ménagée, et une tige solidaire de la platine et par laquelle le support est fixé sur le circuit magnétique.

Suivant un mode de réalisation, la gorge est délimitée par deux flasques en vis-à-vis, entre lesquels la suspension est légèrement
30 précontrainte.

La suspension est de préférence réalisée dans une mousse de polymère réticulé, telle que mousse de mélamine.

Selon un mode préféré de réalisation, l'une au moins des parois de l'entrefer est revêtue d'une couche d'un matériau à faible coefficient de
35 frottement, tel que PTFE.

Par ailleurs, l'entrefer et la bobine mobile sont de préférence dimensionnés de manière que le taux d'occupation de la bobine mobile dans l'entrefer soit supérieur ou égal à 50%.

5 Selon un mode de réalisation, le circuit magnétique comprend une pièce polaire, le jeu entre cette pièce polaire et la bobine mobile étant inférieur au dixième de millimètre.

Un lubrifiant (de préférence pâteux) peut être interposé entre la suspension et le support.

10 L'invention propose, selon un deuxième aspect, un système de haut-parleur coaxial à au moins deux voies comprenant un transducteur de grave conçu pour la reproduction du grave et/ou du medium, et un transducteur électrodynamique tel que décrit ci-dessus, conçu pour la reproduction de l'aigu.

15 Dans ce système, le transducteur d'aigu peut être est monté de manière coaxiale et frontale par rapport au transducteur de grave.

L'invention propose, selon un troisième aspect, une enceinte acoustique comprenant un transducteur ou un système de haut-parleur coaxial tel que décrits ci-dessus.

20 D'autres objets et avantages de l'invention apparaîtront à la lumière de la description faite ci-après en référence aux dessins annexés dans lesquels :

- la figure 1 est une vue en coupe montrant un transducteur d'aigu à dôme selon un mode de réalisation de l'invention ;
- la figure 2 est une vue d'un détail de la figure 1 ;
- 25 – la figure 3 est une vue en coupe, à échelle élargie, d'un détail du transducteur de la figure 1, selon un autre angle de vue,
- la figure 4 est une vue en coupe montrant un système de haut-parleur coaxial comprenant un transducteur principal de grave, et le transducteur d'aigu de la figure 1, monté de manière
- 30 – la figure 5 est une vue similaire à la figure 4, montrant un système de haut-parleur coaxial comprenant un transducteur principal de grave et un transducteur d'aigu selon une variante de réalisation ;

- la figure 6 est une vue en perspective montrant une enceinte incluant un système de haut-parleur coaxial tel que représenté sur la figure 4.

On a représenté sur les figures 1 à 5, et plus en détail sur les figures 1 à 3 un transducteur électrodynamique 1 adapté à la reproduction des fréquences aiguës, c'est-à-dire des environs de 1 kHz à environ 20 kHz.

Le transducteur 1 comprend un circuit magnétique 2, qui inclut un aimant permanent 3 annulaire central, pris en sandwich entre deux pièces polaires formant des plaques de champ, à savoir une pièce polaire arrière 4 et une pièce polaire avant 5, fixées sur deux faces opposées de l'aimant 3 par collage.

L'aimant 3 et les pièces polaires 4,5 sont symétriques de révolution autour d'un axe A2 commun formant l'axe général du transducteur 1.

L'aimant 3 est de préférence réalisé dans un alliage de terre rare néodyme-fer-bore, qui présente l'avantage d'offrir une densité énergétique élevée (jusqu'à 12 fois plus importante que celle d'un aimant permanent de ferrite de baryum).

Comme cela est bien visible sur la figure 1, la pièce polaire arrière 4, dénommée culasse, est en l'occurrence monobloc et réalisée en acier doux. Elle présente une forme de coupe à section transversale en U, et comprend un fond 6 fixé à une face arrière 7 de l'aimant 3, et une paroi latérale 8 périphérique s'étendant axialement à partir du fond 6. La paroi latérale 8 se termine, à une extrémité avant opposée au fond 6, par une face avant 9 annulaire. Le fond 6 présente une face arrière 10.

La pièce polaire avant 5, dénommée noyau, est également réalisée en acier doux. Elle est de forme annulaire et présente une face arrière 12, par laquelle elle est fixée à une face avant 13 de l'aimant 3, et une face avant 14 opposée qui s'étend dans le même plan que la face avant 9 de la paroi latérale 8 de la culasse 4.

Comme cela est visible sur la figure 1, le circuit magnétique 2 est extra-plat, c'est-à-dire que son épaisseur est faible comparée à son diamètre hors tout. Par ailleurs, le circuit magnétique 2 s'étend jusqu'au diamètre extérieur du transducteur 1. En d'autres termes, la

taille du circuit magnétique **2** est maximisée par rapport au diamètre hors tout du transducteur **1**, ce qui augmente sa tenue en puissance ainsi que la valeur du champ magnétique, et donc la sensibilité du transducteur **1**.

5 Le noyau **5** présente un diamètre hors tout inférieur au diamètre interne de la paroi latérale **8** de la culasse **4**, de sorte qu'entre le noyau **5** et la paroi latérale **8** de la culasse **4** est défini un entrefer **15** dans lequel est concentrée la majeure partie du champ magnétique généré par l'aimant **3**.

10 Au niveau de l'entrefer **15**, les arêtes du noyau **5** et de la culasse **4** peuvent être chanfreinées, ou de préférence et comme cela est illustré sur la figure 1, arrondies de manière à éviter les bavures néfastes.

Le transducteur **1** comprend en outre un équipement mobile **16** incluant un diaphragme **17** en forme de dôme et une bobine mobile **18**
15 solidaire du diaphragme **17**.

Le diaphragme **17** est réalisé dans un matériau rigide et léger, en polymère thermoplastique ou encore dans un alliage léger à base d'aluminium, en magnésium ou en titane. Il est positionné de sorte à recouvrir le circuit magnétique **2** du côté du noyau **5**, et de manière que
20 son axe de symétrie de révolution soit confondu avec l'axe **A2**.

Dans ces conditions, le sommet du diaphragme **17**, situé sur l'axe **A2**, peut être considéré comme le centre acoustique **C2** de celui-ci, c'est-à-dire la source ponctuelle équivalente à partir de laquelle est émis le rayonnement acoustique du transducteur **1**.

25 Le diaphragme **17** présente un bord périphérique **19** circulaire légèrement relevé pour faciliter la fixation de la bobine mobile **18**.

La bobine mobile **18** comprend un solénoïde en fil métallique, conducteur (par exemple en cuivre ou en aluminium), d'une largeur préférée de 0,3 mm, enroulé en spirale pour former un cylindre dont
30 une extrémité supérieure est fixée par collage au bord périphérique **19** relevé du diaphragme **17**. La bobine mobile **18** est ici dépourvue de support, mais elle pourrait en comporter un.

La bobine mobile **18** est plongée dans l'entrefer **15**. Le diamètre intérieur de la bobine mobile **18** est très légèrement supérieur au
35 diamètre extérieur du noyau **5**, de sorte que le jeu fonctionnel intérieur ménagé entre la bobine mobile **18** et le noyau **5** soit faible devant la

largeur de l'entrefer **15**, même si, en variante, le jeu fonctionnel peut être dimensionné de manière conventionnelle.

Selon un mode préféré de réalisation, le pourtour au moins du noyau **5** (et éventuellement la surface interne de la paroi latérale **8**) est
5 revêtue d'une couche d'un polymère à bas coefficient de frottement, tel que polytétrafluoroéthylène (PTFE, connu sous la dénomination commerciale Téflon) d'une épaisseur voisine ou inférieure au centième de millimètre, et de préférence de quelques dizaines de μm (par exemple environ 20 μm).

10 Il en résulte qu'en dépit du faible jeu entre le noyau **5** et la bobine mobile **18**, d'une part, que la mise en place de la bobine mobile **18** dans l'entrefer **15** est relativement aisée, et, d'autre part, qu'en fonctionnement le mouvement axial de la bobine mobile **18** n'est pas contrarié par la proximité du noyau **5**, même dans l'hypothèse où ces
15 deux éléments viendraient accidentellement et temporairement au contact l'un de l'autre.

En pratique, la bobine mobile **18** et l'entrefer **15** sont de préférence dimensionnés de manière que :

- le jeu entre la bobine mobile **18** et le noyau **5** (revêtement compris)
20 soit inférieur au dixième de millimètre, et par exemple compris entre 0,05 et 0,1 mm. Selon un mode préféré de réalisation, le jeu intérieur est de 0,08 mm (sans qu'il soit exclu de dimensionner ce jeu de manière classique) ;
- le jeu extérieur ménagé entre la bobine mobile **18** et la paroi
25 latérale **8** de la culasse **4** soit inférieur à 0,2 mm, et par exemple compris entre 0,1 mm et 0,2 mm. Selon un mode préféré de réalisation, le jeu extérieur est de 0,17 mm.

Ainsi, la largeur maximale de l'entrefer **15**, pour une bobine mobile **18** de 0,3 mm de large, est de 0,6 mm (avec un jeu intérieur de 0,1 mm
30 et un jeu extérieur de 0,2 mm). Dans cette configuration, le taux d'occupation de la bobine mobile **18** dans l'entrefer **15**, égal au rapport des sections de la bobine mobile **18** et de l'entrefer **15**, est voisin de 50%, ce qui est un minimum. Dans la configuration préférée, pour une largeur d'entrefer de 0,55 mm, un jeu intérieur de 0,08 mm et un jeu
35 extérieur de 0,17 mm, le taux d'occupation de la bobine mobile **18** dans l'entrefer **15** est de 55% environ.

Ces valeurs supérieures ou égales à 50% sont à comparer aux taux d'occupation des transducteurs de l'art antérieur, inférieurs à 35% environ.

Il en résulte une augmentation de la densité du flux magnétique dans l'entrefer **15**, et une augmentation subséquente du niveau de sensibilité du transducteur **1**, la sensibilité étant proportionnelle au carré de l'augmentation de la densité de champ magnétique régnant dans l'entrefer **15**.

On peut avoir avantage à garnir l'entrefer **15** d'une huile minérale chargée de particules magnétiques, par exemple du type commercialisé par la société FERROTEC sous la dénomination commerciale Ferrofluid (marque déposée). Une telle garniture a les avantages suivants :

- elle favorise le centrage de la bobine mobile **18** dans l'entrefer **15**,
- elle a une fonction de lubrification dynamique, au bénéfice du silence de fonctionnement du transducteur **1**,
- grâce à sa conductivité thermique très supérieure à celle de l'air, elle favorise l'évacuation vers le circuit magnétique **2**, et en particulier vers la culasse **4**, de la chaleur produite par effet Joule dans la bobine mobile **18**.

Le transducteur **1** comprend en outre un support **20** fixé au circuit magnétique **2**, et auquel est suspendu l'équipage mobile **18**. Ce support **20**, réalisé dans un matériau diamagnétique et électriquement isolant, par exemple un matériau thermoplastique tel que polyamide ou polyoxyméthylène (chargé de verre ou non), présente une forme générale symétrique de révolution autour d'un axe confondu avec l'axe **A2**, à section en forme de T.

Le support **20**, monobloc, forme un endosquelette pour le transducteur **1** et comprend une platine **21** annulaire appliquée contre la face avant **14** du noyau **5**, et une tige **22** cylindrique qui s'étend en saillie vers l'arrière à partir du centre de la platine **21**, et qui vient se loger dans un emplacement **23** cylindrique complémentaire pratiqué dans le circuit magnétique **2** et formé par une succession de perçages coaxiaux pratiqués dans la culasse **4**, l'aimant **3** et le noyau **5**.

Comme illustré sur la figure 1, l'endosquelette **20** est rigidement fixé au circuit magnétique **2** au moyen d'un écrou **24** vissé sur une portion filetée de la tige **22** et serré contre la culasse **4**, à l'intérieur

d'un lamage 25 pratiqué sur la face arrière 10, en son centre. De la sorte, la platine 21 est fermement plaquée contre la face avant 14 du noyau 5, sans possibilité de rotation. Cette fixation peut éventuellement être complétée par l'application d'un film de colle entre la platine 21 et le noyau 5.

Compte tenu de sa localisation frontale par rapport au circuit magnétique 2, la platine 21 s'étend dans le volume interne lenticulaire délimité par le diaphragme 17. La platine 21 comprend une jante annulaire 26 périphérique et un disque 27 central auquel se raccorde la tige 22. Le disque 27 peut être percé de trous 28 dont une fonction est de maximiser le volume d'air sous le diaphragme 17, de manière à diminuer la fréquence de résonance de l'équipage mobile 16.

La jante 26 a sensiblement le profil d'une poulie et comprend une gorge 29 annulaire périphérique qui débouche radialement vers l'extérieur, en regard d'une portion annulaire 30 périphérique de la surface interne du diaphragme 17, située à proximité du bord 19.

La gorge 29 sépare la jante 26 en deux flasques en vis-à-vis formant les parois latérales de la gorge 29, à savoir un flasque arrière 31, en appui contre la face avant 14 du noyau 5, et un flasque avant 32. Les flasques 31, 32 sont reliés par une âme 33 cylindrique formant le fond de la gorge 29.

L'équipage mobile 16 est monté sur l'endosquelette 20 au moyen d'une suspension 34 intérieure qui assure la liaison entre le diaphragme 17 et la platine 21. Cette suspension 34 se présente sous forme d'un anneau réalisé dans un matériau léger, élastique, et non émissif acoustiquement (on peut à cet effet choisir un matériau poreux). Ce matériau est de préférence résistant à la chaleur régnant dans le transducteur, et son élasticité est choisie pour que la fréquence de résonance de l'équipage mobile 16 soit inférieure à la fréquence la plus basse reproduite par le transducteur 1 (en l'espèce 500 Hz à 2 kHz). Les mousses de polymère réticulées (par exemple de polyester ou de mélamine) sont particulièrement bien adaptées, car présentant une porosité élevée.

En variante, la suspension 34 peut être réalisée dans un tissu ou un non-tissé de fibres naturelles (par exemple coton) ou synthétiques (par exemple polyester, polyacrylique, nylon, et plus particulièrement

les aramides, dont le Kevlar, marque déposée) ou dans un mélange de fibres naturelles et synthétiques (par exemple coton-polyester), ces fibres étant imprégnées d'une résine thermodurcissable ou thermoplastique et thermoformées pour y former des ondulations à la
5 manière d'un spider.

Du fait de la non émissivité acoustique de la suspension **34**, seul le diaphragme en forme de dôme **17** émet un rayonnement acoustique. De la sorte, on évite modes propres, résonances, et plus généralement le rayonnement acoustique parasite de la suspension **34**, qui viendrait
10 interférer avec celui du diaphragme **17** et grever les performances du transducteur **1**.

La suspension **34** présente en section une forme sensiblement polygonale et comprend un bord interne **35** droit, c'est-à-dire cylindrique de révolution autour de l'axe **A2**, et un bord externe **36**
15 périphérique sensiblement tronconique.

Par son bord externe **36**, la suspension **34** est fixée, par collage, sur la portion périphérique **30** de la surface intérieure du diaphragme **17**. En variante, dans l'hypothèse où la bobine mobile **16** comprendrait un support cylindrique solidaire du diaphragme **17** et sur lequel serait
20 monté le solénoïde, la suspension **34** pourrait être fixée, par son bord périphérique externe (qui serait alors cylindrique), sur la surface intérieure de ce support.

Comme illustré sur la figure 1, l'épaisseur de la suspension **34** (mesurée selon l'axe **A2**), bien qu'inférieure à sa longueur libre (mesurée radialement entre les bords externes des flasques **31,32** et la
25 surface **30** interne du diaphragme **17**), n'est pas négligeable par rapport à celle-ci, mais est du même ordre de grandeur. Plus précisément, le rapport entre la longueur libre et l'épaisseur de la suspension **34** est préférentiellement inférieur à 5 (en l'occurrence ce rapport est inférieur
30 à 3). Le fait de minimiser ainsi la longueur libre de la suspension **34** permet de stabiliser l'équipage mobile **16** et l'empêcher de basculer (effet anti-tangage).

Du côté de son bord interne **35**, la suspension **34** est logée dans la gorge **29** en étant légèrement précontrainte entre les flasques **31,32** de
35 manière à éviter les bruits parasites, mais sans toutefois être fixée à ceux-ci. En outre, le diamètre interne de la suspension **34** est supérieur

au diamètre interne de la gorge **29** (c'est-à-dire au diamètre externe de l'âme de la jante), de sorte qu'un espace annulaire **37** est ménagé entre la suspension **34** et l'âme **33**.

De la sorte, la suspension **34** est flottante par rapport à la jante **26** de la platine **21**, permettant un degré de liberté radial, la suspension **34** pouvant glisser sur les flasques **31,32**. Afin de favoriser ce glissement, on peut appliquer sur les flasques **31,32** une couche de lubrifiant pâteux tel qu'une graisse. Le jeu radial défini par l'espace annulaire **37** entre la suspension **34** et l'âme **33** (c'est-à-dire le fond de la gorge **29**) est de préférence supérieur à 0,1 mm, mais inférieur à 1 mm. Suivant un mode préféré de réalisation, ce jeu est d'environ 0,5 mm. Sur les figures on a exagéré ce jeu à des fins de clarté.

En outre, il est préférable que la partie de la suspension **34** logée dans la gorge **29** soit de largeur (mesurée radialement) supérieure ou égale à son épaisseur, de manière à garantir une liaison mécanique de type appui plan et minimiser l'effet néfaste de basculement de la suspension **34** par rapport à la platine **21**.

La suspension **34** du diaphragme **17** s'étend ainsi intérieurement à celui-ci. La suppression d'une suspension périphérique externe permet de supprimer les interférences acoustiques existant dans les transducteurs connus entre le rayonnement du diaphragme et celui de sa suspension.

En outre, la suspension **34** n'exerçant aucune contrainte radiale sur le diaphragme **17**, elle n'impose pas de fonction de centrage de celui-ci par rapport au circuit magnétique **2**, au bénéfice de la simplicité d'assemblage du transducteur **1**, ou du remplacement du diaphragme **17** en cas de défaillance.

Le centrage du diaphragme **17** est réalisé au niveau de la bobine mobile **18**, qui est ajustée avec un faible jeu sur le noyau **5** et se centre automatiquement par rapport à celui-ci dès lors que la bobine mobile **18**, plongée dans le champ magnétique de l'entrefer **15**, est mise en mouvement par un courant électrique de modulation.

En revanche, la suspension **34** assure une fonction de rappel de l'équipage mobile **16** vers une position médiane de repos, adoptée en l'absence de contrainte axiale s'exerçant sur la bobine mobile **18** (c'est-à-dire, en pratique, en l'absence de courant parcourant celle-ci). C'est

dans cette position médiane que l'on a représenté le transducteur 1 sur les figures.

La suspension 34 assure également une fonction de maintien de l'assiette du diaphragme 17, c'est-à-dire de maintien du bord
5 périphérique 19 du diaphragme 17 dans un plan perpendiculaire à l'axe A2, afin d'éviter tout basculement ou tangage du diaphragme 17 qui grèverait son fonctionnement.

Le courant électrique est amené à la bobine mobile 18 par deux circuits électriques 38 qui relient les extrémités de la bobine mobile 18
10 à deux bornes électriques (non représentées) d'alimentation du transducteur 1.

Comme cela est illustré sur la figure 1, chaque circuit électrique 38 comprend :

- 15 - un conducteur 39 de forte section, comprenant un fil de cuivre isolé par une gaine plastique, traversant le circuit magnétique 2 en étant logé dans une rainure pratiquée longitudinalement dans la tige 22 de l'endosquelette 20, et dont une extrémité avant dénudée 40 débouche dans le volume interne au diaphragme 17 en faisant saillie du circuit magnétique 2 au niveau de l'un des trous 28 du
20 disque ;
- un élément de jonction électrique, sous forme par exemple d'un œillet 41 métallique (par exemple en cuivre ou en laiton) serti dans ce trou 28 et auquel l'extrémité dénudée 40 du conducteur 39 est raccordée électriquement (par exemple par l'intermédiaire d'un
25 point de soudure, non représenté) ;
- un conducteur 42 de faible section, sous forme d'une tresse métallique très souple et convenablement conformée qui s'étend dans le volume interne du diaphragme 17 en enjambant la jante 26 et la suspension 34, et dont une extrémité interne 43 est raccordée
30 électriquement à l'œillet 41 (par exemple par l'intermédiaire d'une soudure, non représentée), et dont une extrémité externe opposée est raccordée électriquement à une extrémité de la bobine mobile 18.

Un seul conducteur 42 de faible section est visible sur la figure 1,
35 le deuxième conducteur de faible section, diamétralement opposé au premier, étant situé en avant du plan de coupe de la figure.

La forme arquée (en U), ajoutée à la grande souplesse de ces conducteurs **42**, leur permet de se déformer sans difficulté et de suivre les mouvements de débattement du diaphragme **17** accompagnant les vibrations de la bobine mobile **18**, sans appliquer de contrainte
5 mécanique radiale ou axiale pouvant compromettre la liberté de positionnement de l'équipage mobile **16**.

Le transducteur 1 comprend enfin un guide **44** d'onde acoustique, solidaire du circuit magnétique **2**.

Le guide d'onde **44** se présente sous forme d'une pièce monobloc
10 réalisée dans un matériau ayant une conductivité thermique élevée, supérieure à $50 \text{ W.m}^{-1}.\text{K}^{-1}$, par exemple en aluminium (ou dans un alliage d'aluminium).

Le guide d'onde **44**, de forme de révolution, est fixé sur la culasse **4** et comprend une paroi latérale **45** externe sensiblement cylindrique
15 qui s'étend dans le prolongement de la paroi latérale **8** de la culasse **4**. La fixation est de préférence effectuée par vissage, au moyen d'un nombre de vis égal ou supérieur à 3. Afin de maximiser le contact thermique entre les deux pièces, il est avantageux de compléter ce vissage par une enduction de pâte thermoconductrice.

20 Comme cela est visible sur les figures 1 et 2, le guide d'onde **44** présente, sur un bord périphérique arrière, une jupe **46** qui vient s'ajuster dans un décrochement **47** pratiqué dans la culasse **4**, de profil complémentaire. Il en résulte un centrage précis du guide d'onde **44** par rapport à la culasse **4** et, plus généralement, par rapport au circuit
25 magnétique **2** et au diaphragme **17**. De plus, la conduction thermique entre les deux pièces **4,44** s'en trouve améliorée.

Le guide d'onde **44** présente une face arrière **48** ayant une forme en calotte sensiblement sphérique, qui s'étend de manière concentrique au diaphragme **17**, en regard et au voisinage d'une face externe de
30 celui-ci qu'elle couvre partiellement.

Selon un mode préféré de réalisation illustré sur les figures 1 à 4, la face arrière **48** est ajourée et comprend une portion périphérique **49** continue qui s'étend au voisinage du bord arrière du guide d'onde **44**, et une portion centrale **50** discontinue portée par une série d'ailettes **51**
35 faisant saillie radialement depuis la paroi latérale **45** vers l'intérieur (c'est-à-dire vers l'axe **A2** du transducteur 1). La face arrière **48** est

délimitée intérieurement – c'est-à-dire du côté du diaphragme 17 – par une arête 52 de forme pétaloïde.

Comme cela est visible sur la figure 1, les ailettes 51 ne se rejoignent pas sur l'axe A2 mais s'interrompent à une extrémité interne
5 située à distance de l'axe A2. A leur sommet, les ailettes 51 présentent chacune une arête 53 curviligne.

La paroi latérale 45 du guide d'onde 44 est délimitée intérieurement par une face avant 54 tronconique discontinue répartie sur une pluralité de secteurs angulaires 55 qui s'étendent entre les
10 ailettes 51. Cette face avant 54 forme une amorce de pavillon s'étendant de l'intérieur vers l'extérieur et depuis un bord arrière, formé par l'arête pétaloïde 52 constituant une gorge de l'amorce de pavillon 54, jusqu'à un bord avant 56 qui constitue une bouche de l'amorce de pavillon 54. Les secteurs angulaires 55 de l'amorce de pavillon 54 sont
15 des portions d'un cône de révolution dont l'axe de symétrie est confondu avec l'axe A2, et dont la génératrice est curviligne (par exemple suivant une loi circulaire, exponentielle ou hyperbolique). L'amorce de pavillon 54 assure une adaptation continue d'impédance acoustique entre le milieu aérien délimité par la gorge 52 et le milieu
20 aérien délimité par la bouche 56.

Selon un mode de réalisation, la tangente à l'amorce de pavillon 54 sur la bouche 56 forme avec un plan perpendiculaire à l'axe A2 du transducteur 1 un angle compris entre 30° et 70°. Dans l'exemple illustré sur les dessins, cet angle est de 50° environ.

25 Les ailettes 51, qui ont notamment pour fonction d'augmenter la surface du guide d'onde 44 pour favoriser la dissipation par radiation et convection de la chaleur produite au niveau de la bobine mobile 18, présentent chacune latéralement deux joues 57 qui se raccordent extérieurement aux secteurs angulaires 55 de l'amorce de pavillon 54
30 par l'intermédiaire de congés 58. Les joues 57 contribuent au guidage de l'onde générée par le diaphragme 17.

Dans la variante de réalisation illustrée sur la figure 5, le guide d'onde 44 forme non une amorce de pavillon mais un pavillon complet (par exemple symétrique de révolution autour de l'axe A2), dont la
35 gorge 52 est de contour circulaire et dont la bouche 56 présente un diamètre très supérieur à celui de la gorge 52.

Le guide d'onde **44** délimite sur le diaphragme **17** deux zones distinctes et complémentaires, à savoir :

- une zone interne **59** découverte, de forme pétaloïde, délimitée extérieurement par la gorge **52**,
- 5 - une zone externe **60** couverte, de forme complémentaire de la zone couverte **59**, délimitée intérieurement par la gorge **52**.

La face arrière **48** du guide d'onde **44** et la zone externe **60** couverte correspondante du diaphragme **17** définissent entre elles un volume d'air **61** appelé chambre de compression, dans laquelle le
10 rayonnement acoustique du diaphragme **17** vibrant entraîné par la bobine mobile **18** se déplaçant dans l'entrefer **15** n'est pas libre, mais comprimé. La zone interne **49** découverte communique directement avec la gorge **52** en regard, qui concentre le rayonnement acoustique de la totalité du diaphragme **17**.

15 Le taux de compression du transducteur **1** est défini par le quotient de la surface émissive, correspondant à la surface plane délimitée par le diamètre hors tout de la membrane **17** (mesurée sur le bord **19**), par la surface délimitée par la projection, dans un plan perpendiculaire à l'axe **A2**, de la gorge **52**. Ce taux de compression est de préférence
20 supérieur à 1,2:1, et par exemple supérieur ou égal à 1,4:1. Des taux de compression supérieurs, par exemple jusqu'à 4:1, sont envisageables.

Le transducteur d'aigu **1** qui vient d'être décrit peut être utilisé de manière individuelle, ou couplé à un transducteur de grave **62** pour
25 former un système **63** de haut-parleur coaxial à plusieurs voies, conçu pour couvrir un spectre acoustique étendu, dans l'idéal la totalité de la bande audible.

En pratique, le transducteur de grave **62** peut être conçu pour reproduire le grave et/ou le medium, et éventuellement une partie de
30 l'aigu. A cet effet son diamètre sera de préférence compris entre 10 et 38 cm. Bien que l'objet principal de la présente invention ne soit pas de définir des préconisations concernant le spectre couvert par les différents transducteurs du système **63**, précisons toutefois que le spectre couvert par le transducteur de grave **62** peut couvrir le grave, c'est-à-dire la bande de 20 Hz à 200 Hz, ou bien le medium, c'est-à-dire
35 la bande de 200 Hz à 2 kHz, ou bien encore une partie au moins du

grave et du medium (et par exemple la totalité du grave et du medium), et éventuellement une partie de l'aigu. A titre d'exemple, le transducteur de grave peut être conçu pour couvrir une bande de 20 Hz à 1 kHz ou de 20 Hz à 2 kHz, ou encore de 20 Hz à 5 kHz.

5 Le transducteur d'aigu 1 est préférentiellement conçu pour que sa bande passante soit au moins complémentaire dans l'aigu de celle du transducteur de grave 62. Ainsi, on pourra veiller à ce que la bande passante du transducteur d'aigu 1 couvre au moins en partie le medium et la totalité de l'aigu, jusqu'à 20 kHz.

10 Il est préférable que les parties linéaires des réponses des transducteurs 1, 62 se chevauchent en partie et que le niveau de sensibilité du transducteur d'aigu 1 soit au moins égal à celui du transducteur de grave 62, afin d'éviter une chute de la réponse globale du système 63 à certaines fréquences correspondant à la partie haute
15 du spectre du transducteur de grave 62 et à la partie basse du spectre du transducteur d'aigu 1.

Le transducteur de grave 62 comprend un circuit magnétique 64 incluant un aimant 65 annulaire, pris en sandwich entre deux pièces polaires en acier doux formant des plaques de champ, à savoir une
20 pièce polaire arrière 66 et une pièce polaire avant 67, fixées sur deux faces opposées de l'aimant 65 par collage.

L'aimant 65 et les pièces polaires 66, 67 sont symétriques de révolution autour d'un axe commun A1 formant l'axe général du transducteur de grave 62.

25 Dans le mode de réalisation illustré, la pièce polaire arrière 66, dénommée culasse, est monobloc. Elle comprend un fond 68 annulaire fixé à une face arrière 69 de l'aimant 65, et un noyau 70 central cylindrique, qui présente à l'opposé du fond 68 une face avant 71 et est percé d'un alésage 72 central débouchant de part et d'autre de la
30 culasse 66.

La pièce polaire ou plaque avant 67 possède une forme de rondelle annulaire. Elle présente une face arrière 73, par laquelle elle est fixée à une face avant 74 de l'aimant 65, et une face avant 75 opposée qui s'étend dans le même plan que la face avant 71 du noyau
35 70.

La plaque avant **67** présente en son centre un alésage **76** dont le diamètre interne est supérieur au diamètre externe du noyau **70**, de sorte qu'entre cet alésage **76** et le noyau **70** qui s'y trouve logé est défini un entrefer **77** dans lequel règne une partie du champ magnétique
5 généré par l'aimant **65**.

Le transducteur de grave **62** comprend par ailleurs un châssis **78** appelé saladier, qui inclut une embase **79** par laquelle le saladier **78** est fixé sur le circuit magnétique **64** – et plus précisément sur la face avant
10 **75** de la plaque avant **67** –, une couronne **80** par laquelle le transducteur **62** est fixé à une structure porteuse, et une pluralité de branches **81** reliant l'embase **79** à la couronne **80**.

Le transducteur de grave **62** comprend en outre un équipement mobile **82** incluant une membrane **83** et une bobine mobile **84** comprenant un solénoïde **85** enroulé sur un support **86** cylindrique
15 solidaire de la membrane **83**.

La membrane **83** est réalisée dans un matériau rigide et léger tel que de la pulpe de cellulose imprégnée, et présente une forme conique ou pseudo-conique de révolution autour de l'axe **A1**, à génératrice curviligne (par exemple suivant une loi circulaire, exponentielle ou
20 hyperbolique).

La membrane **83** est fixée sur le pourtour de la couronne **80** par l'intermédiaire d'une suspension périphérique **87** (encore appelée bord) qui peut être constituée par une pièce torique rapportée et collée à la membrane **83**. La suspension **87** peut être réalisée en élastomère (par
25 exemple un caoutchouc naturel ou synthétique), en polymère (alvéolaire ou non), ou dans un tissu imprégné et enduit.

En son centre, la membrane **83** définit une ouverture **88** sur le bord interne de laquelle le support **86** est fixé par une extrémité avant, par collage. Le centre géométrique de l'ouverture **88** est considéré, en
30 première approximation, comme étant le centre acoustique **C1** du transducteur de grave **62**, c'est-à-dire la source ponctuelle virtuelle à partir de laquelle est émis le rayonnement acoustique du transducteur **62** principal.

Un cache-noyau **89** hémisphérique réalisé dans un matériau non émissif acoustiquement peut être fixé à la membrane **83** au voisinage
35 de l'ouverture **88** pour protéger celle-ci de l'intrusion de poussières.

Le solénoïde **85**, réalisé dans un fil métallique conducteur (par exemple en cuivre ou en aluminium) est bobiné sur le support **86**, à une extrémité arrière de celui-ci plongeant dans l'entrefer **77**. Suivant le diamètre du transducteur de grave **62**, le diamètre du solénoïde **85** peut
5 être compris entre 25 mm et plus de 100 mm.

Le centrage, le rappel élastique et le guidage axial de l'équipage mobile **82** sont assurés conjointement par la suspension périphérique **87** et par une suspension centrale **90**, encore appelée spider, de forme généralement annulaire, à corrugations concentriques, présentant un
10 bord périphérique **91** par lequel le spider **90** est fixé (par collage) à un rebord **92** du saladier **78** voisin de l'embase **79**, et un bord intérieur **93** par lequel le spider **90** est fixé (également par collage) au support **86** cylindrique.

L'apport du signal électrique au solénoïde **85** est réalisé de
15 manière classique au moyen de deux conducteurs électriques (non représentés) reliant chacune des deux extrémités du solénoïde **85** à une borne du transducteur **62** où s'effectue le raccord avec un amplificateur de puissance.

Comme cela est illustré sur la figure 4, le transducteur d'aigu **1** est
20 logé dans le transducteur de grave **62** en étant reçu dans un espace central frontal (c'est-à-dire du côté avant du circuit magnétique **64**) délimité vers l'arrière par la face avant **71** du noyau **70**, et latéralement par la paroi interne du support **86**.

Comme cela est représenté sur les figures 4 et 5, le transducteur
25 d'aigu **1** peut être monté dans le transducteur de grave **62** à la fois :

- de manière coaxiale, c'est-à-dire que l'axe **A1** du transducteur de grave **62** et l'axe **A2** du transducteur d'aigu **1** sont confondus,
- de manière frontale, c'est-à-dire que le transducteur **1** est placé à l'avant du circuit magnétique **64** (autrement dit du côté du circuit
30 magnétique **64** où s'étend la membrane **83**).

Ce montage, qualifié de « frontal » par opposition au montage à l'arrière dans lequel le transducteur est monté sur la face arrière de la culasse (cf. par exemple le brevet Tannoy US **4,164,621**), est rendu possible grâce à la miniaturisation du transducteur d'aigus, obtenue
35 sans réduction de la surface émissive du diaphragme **17**.

Cette miniaturisation résulte à la fois de la réalisation extra-plate et extra-large du circuit magnétique 2 (qui atteint le diamètre hors-tout du transducteur 1) et de la conception particulière du diaphragme 17 qui permet la maximisation de sa surface émissive.

5 La compacité du circuit magnétique 2 (notamment sa faible épaisseur), est rendue possible par l'utilisation d'un aimant 3 permanent au néodyme-fer-bore. Toutefois, une telle compacité aurait été vaine si le diaphragme 17 avait été réalisé de manière classique, incluant une suspension périphérique.

10 En effet, dans une telle configuration le diamètre de la surface rayonnante effective du diaphragme est inférieur au diamètre hors tout du diaphragme, seule une portion intérieure de la suspension intervenant dans le rayonnement acoustique tandis que sa partie externe, assujettie à une partie fixe du transducteur, est en fait
15 passive. Dans une telle configuration connue, le diamètre insuffisant de la surface rayonnante effective ne permet pas le montage coaxial frontal, car la réalisation d'une amorce de pavillon courte apte à être alignée avec le profil de la membrane du transducteur de grave n'est pas réalisable en pratique, dans l'espace dévolu.

20 Un diaphragme du type connu présente une surface rayonnante effective inférieure à sa surface physique, et souvent insuffisante pour permettre une reproduction performante des fréquences situées dans la partie basse des aigus, ou dans le haut medium, ce qui ne permet pas au transducteur d'aigu d'assurer la jonction avec la partie supérieure du
25 spectre reproduit par le transducteur de grave.

 A contrario, le diaphragme 17 du transducteur d'aigu 1 décrit ci-dessus, à suspension 34 interne, présente une surface rayonnante à 100%, c'est-à-dire que le diamètre de la surface rayonnante effective est égal au diamètre hors tout du diaphragme 17. Il en résulte par
30 rapport aux diaphragmes connus à suspension périphérique un gain de surface rayonnante supérieur à 1/6 environ, soit plus de 16%.

 Ce gain permet d'abaisser la limite inférieure de la bande de fréquences reproduites par le transducteur d'aigu 1 et donc d'améliorer l'homogénéité du système 63. L'augmentation induite du diamètre de la
35 bobine mobile 18 permet d'augmenter la sensibilité et la tenue en puissance du transducteur 1 d'un facteur proportionnel au gain de

surface rayonnante (c'est-à-dire proportionnel au carré du diamètre du diaphragme 17).

En pratique, le transducteur 1 est fixé sur le circuit magnétique 64 à l'avant de celui-ci en étant reçu dans l'espace délimité vers l'arrière par la face avant 71 du noyau 70, et latéralement par la paroi interne du support cylindrique 86, la culasse 4 du circuit magnétique 2 étant plaquée (directement ou par l'intermédiaire d'une entretoise) contre la face avant 71 du noyau 70. A cet effet, le transducteur 1 présente un diamètre hors tout inférieur au diamètre intérieur du support cylindrique 86. Toutefois il est préférable de minimiser le jeu entre le transducteur 1 et le support 86, de manière à réduire l'effet acoustique néfaste produit par la cavité annulaire ménagée entre eux. Ce jeu doit toutefois être suffisant pour éviter les frottements du support 86 sur le transducteur 1. Un jeu faible, de quelques dixièmes de millimètre (par exemple compris entre 0,2 mm et 0,6 mm) constitue un bon compromis (sur les figures 4 et 5 on a exagéré ce jeu, à des fins de clarté des dessins).

La tige 22 de l'endosquelette 20 est reçue dans l'alésage 72 du noyau 70, et le transducteur 1 est rigidement fixé au circuit magnétique 64 du transducteur de grave 62 au moyen d'un écrou 94 vissé sur une portion filetée de la tige 22 et serré contre la culasse 66 avec interposition éventuelle d'une rondelle, comme cela est illustré sur les figures 4 et 5.

Outre le positionnement coaxial frontal du transducteur 1 par rapport au transducteur de grave 62, leurs géométries respectives, en particulier (mais non seulement) les épaisseurs des circuits magnétiques 2, 64 et la courbure (et par conséquent la profondeur) de la membrane 83, sont de préférence adaptées pour permettre une coïncidence au moins approximative des centres acoustiques C1 et C2 des transducteurs 1, 62, telle que le décalage temporel entre les rayonnement acoustique des transducteurs 1, 62 soit imperceptible (on parle alors d'alignement temporel des transducteurs 1, 62). Le système 63 peut alors être considéré comme parfaitement cohérent malgré la dualité des sources sonores.

En outre, dans le mode de réalisation illustré sur la figure 4, le positionnement axial du transducteur d'aigu 1 par rapport au

transducteur de grave **62**, et la géométrie du guide d'onde **44**, sont tels que la membrane **83** s'étend dans le prolongement de l'amorce de pavillon **54**. En d'autres termes, la tangente à l'amorce de pavillon **54** sur la bouche **56** est confondue avec la tangente à la membrane **83** sur son ouverture centrale **88**. Dans cette configuration, le guide d'onde **44** et la membrane du transducteur de grave forment conjointement un pavillon complet pour le transducteur **1**, et permettant aux deux transducteurs **1,62** de présenter des caractéristiques de directivité homogènes.

10 Dans la variante de réalisation de la figure 5, le guide d'onde **44** formant un pavillon complet est indépendant de la membrane **83** du transducteur de grave **62**. Dans cette configuration, les caractéristiques de directivité des deux transducteurs **1,62** sont distinctes et peuvent être optimisées séparément, ce qui est avantageux dans certaines applications telles que les haut-parleurs de retour sur scène.

15 Le système **63** peut être monté sur tout type d'enceinte acoustique, par exemple une enceinte **95** de retour sur scène, à face frontale inclinée, comme cela est illustré à titre d'exemple sur la figure 6.

REVENDICATIONS

1. Transducteur électrodynamique (1) comprenant :
 - un circuit magnétique (2) définissant un entrefer,
 - 5 - un équipement mobile (16) comprenant un diaphragme (17) en forme de dôme et une bobine mobile (18) solidaire du diaphragme (17) et plongée dans l'entrefer ;
 - un support (20) auquel est suspendu l'équipage mobile ;
 - une suspension (34) assurant la liaison entre l'équipage mobile
 - 10 (16) et le support (20) ;

ce transducteur (1) étant caractérisé en ce que la suspension (34) est flottante par rapport au support (20), permettant un degré de liberté radial.
2. Transducteur (1) selon la revendication 1, dans lequel le
- 15 support (20) comprend une gorge (29) périphérique, et la suspension (34) se présente sous forme d'un anneau dont un bord interne est encastré dans la gorge (29).
3. Transducteur (1) selon la revendication 2, dans lequel un jeu supérieur à 0,1 mm est ménagé entre la suspension (34) et un fond de
- 20 la gorge (29).
4. Transducteur (1) selon l'une des revendications 2 ou 3, dans lequel le support (20) comprend une platine (21), dans laquelle la gorge (29) périphérique est ménagée, et une tige (22) solidaire de la platine (21) et par laquelle le support (20) est fixé sur le circuit magnétique (2).
- 25 5. Transducteur (1) selon l'une des revendications 2 à 4, dans lequel, la gorge (29) étant délimitée par deux flasques (31,32) en vis-à-vis, la suspension (34) est légèrement précontrainte entre les flasques (31,32).
6. Transducteur (1) selon l'une des revendications 2 à 5, dans
- 30 lequel le rapport entre une longueur libre et une épaisseur de la suspension (34) est inférieur à 5.
7. Transducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel la suspension (34) est réalisée dans une mousse de polymère réticulé, telle que mousse de mélamine.
- 35 8. Transducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'une au moins des parois de l'entrefer (15) est revêtue

d'une couche d'un matériau à faible coefficient de frottement, tel que PTFE.

9. Transducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel l'entrefer (15) et la bobine mobile (18) sont dimensionnés de manière que le taux d'occupation de la bobine mobile dans l'entrefer soit supérieur ou égal à 50%.

10. Transducteur (1) selon l'une des revendications précédentes, dans lequel le circuit magnétique (2) comprend une pièce polaire (5) autour de laquelle est positionnée la bobine mobile (18), avec entre elles un jeu inférieur au dixième de millimètre.

11. Transducteur selon l'une des revendications précédentes, dans lequel un lubrifiant est interposé entre la suspension (34) et le support (20).

12. Système (63) de haut-parleur coaxial à au moins deux voies comprenant un transducteur (62) de grave conçu pour la reproduction du grave et/ou du medium, et un transducteur électrodynamique (1) selon l'une des revendications précédentes, conçu pour la reproduction de l'aigu.

13. Système (63) selon la revendication 12, dans lequel le transducteur (1) d'aigu est monté de manière coaxiale et frontale par rapport au transducteur (62) de grave.

14. Enceinte acoustique (95) comprenant un transducteur (1) selon l'une des revendications 1 à 11, ou un système (62) selon l'une des revendications 12 ou 13.

1/5

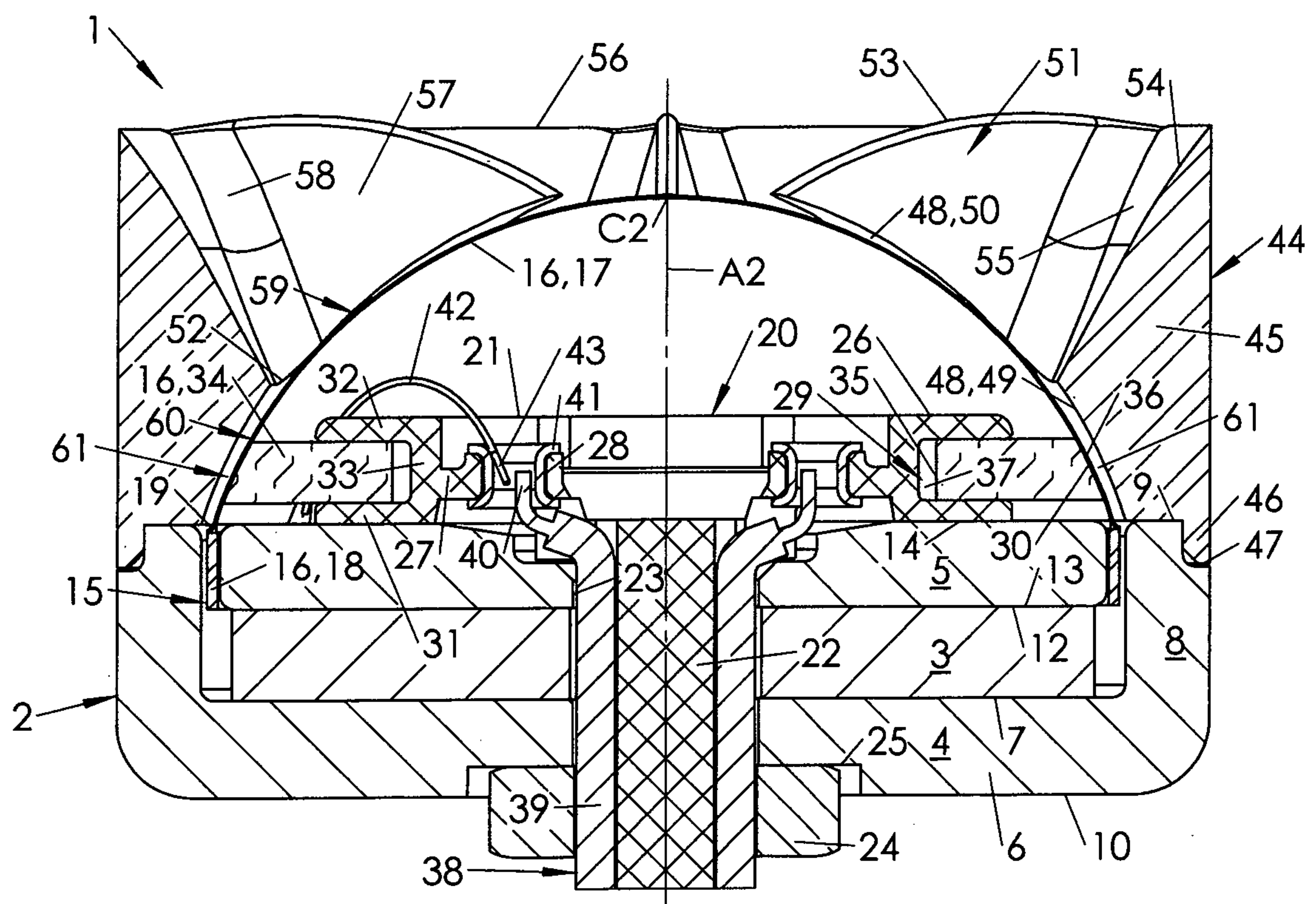


FIG.1

2/5

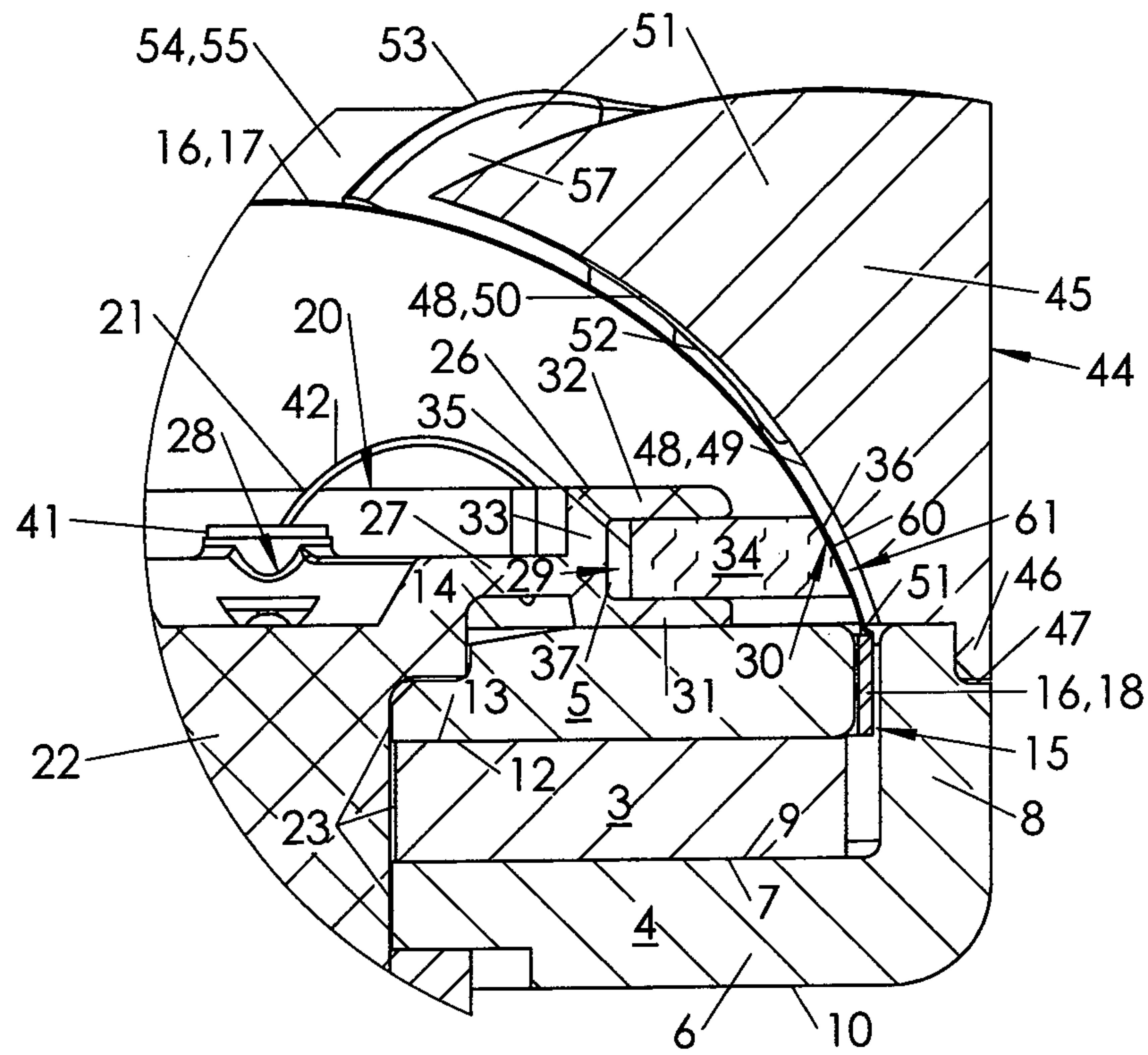
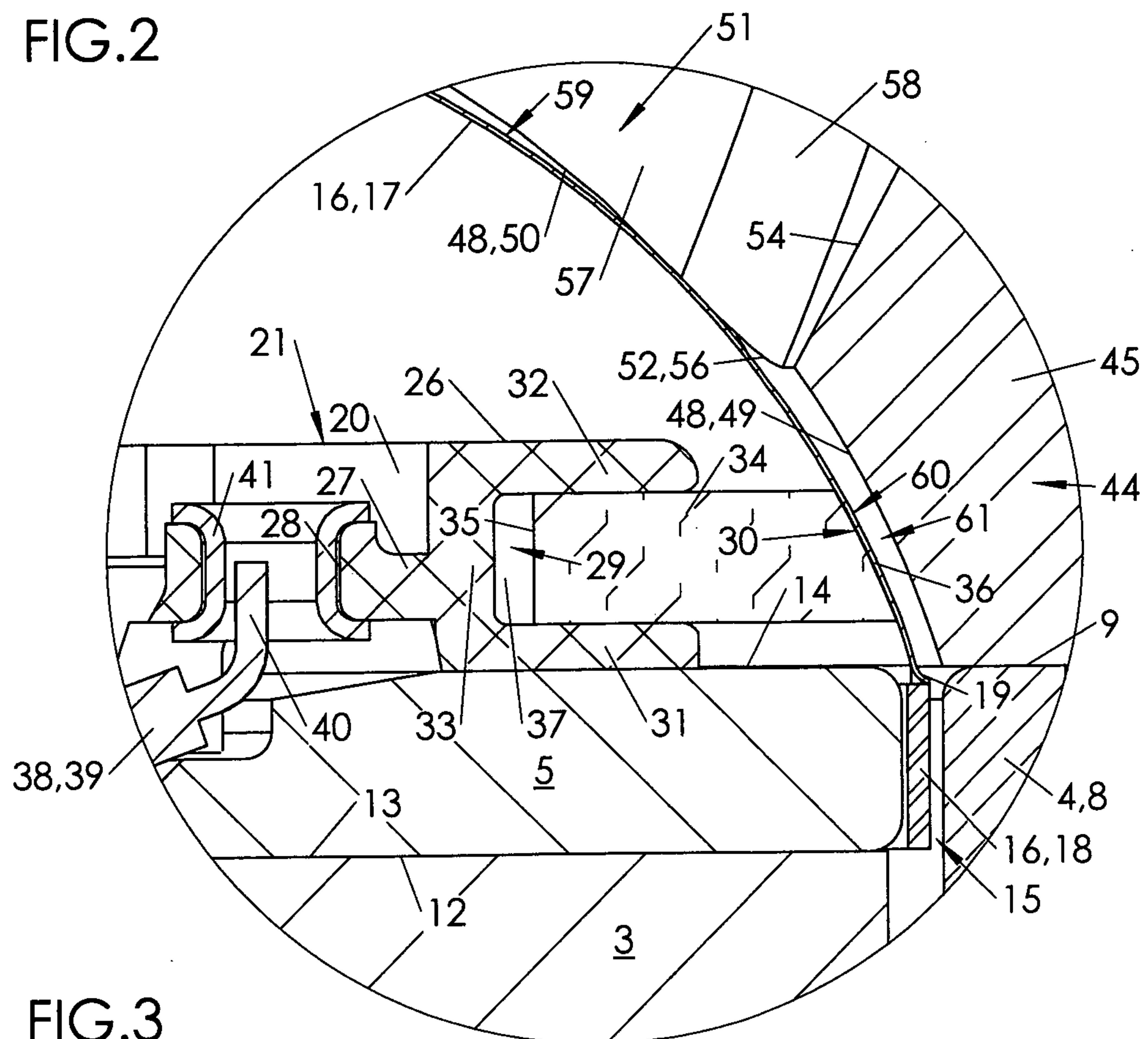


FIG.2



3/5

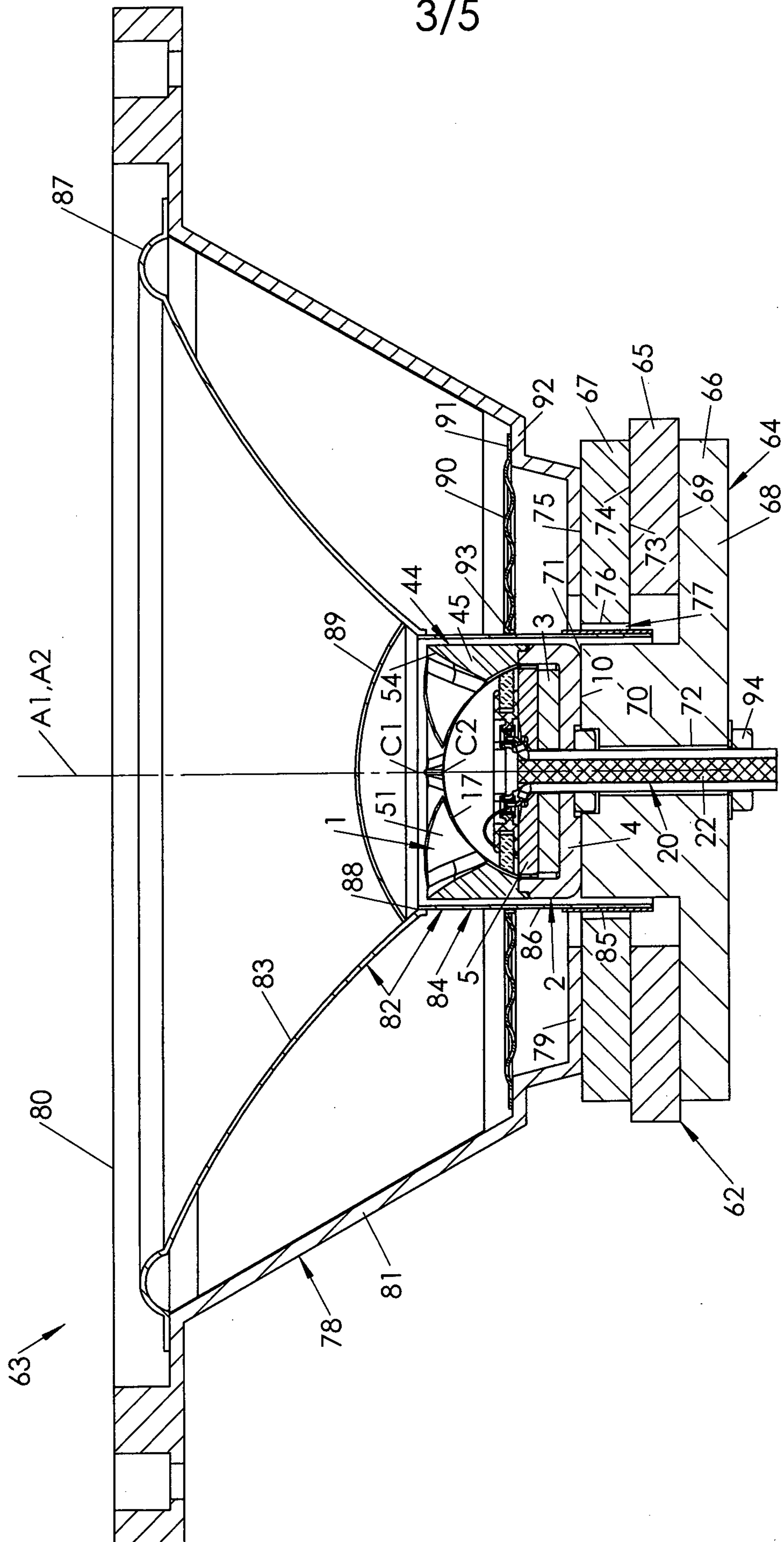


FIG. 4

4/5

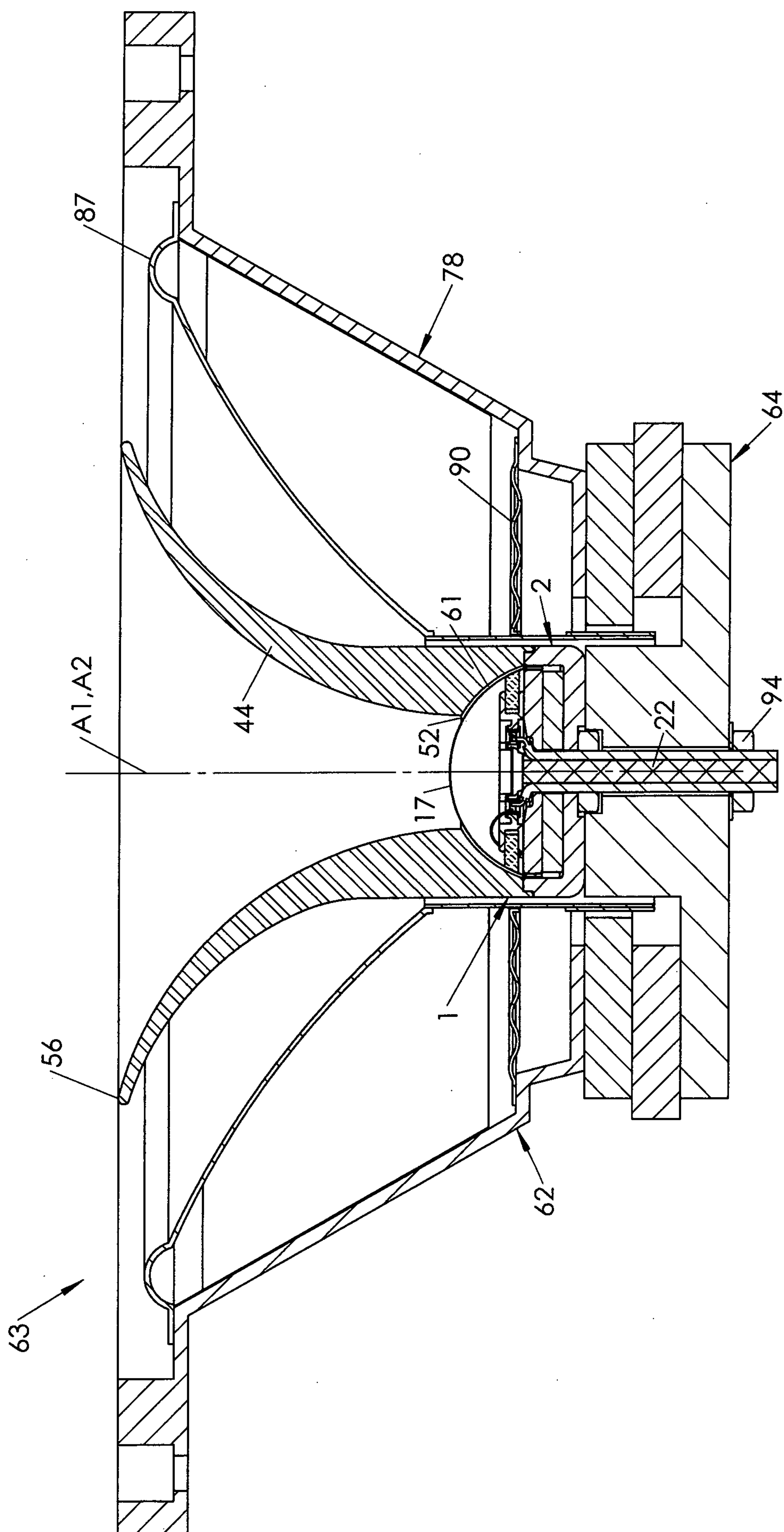


FIG. 5

5/5

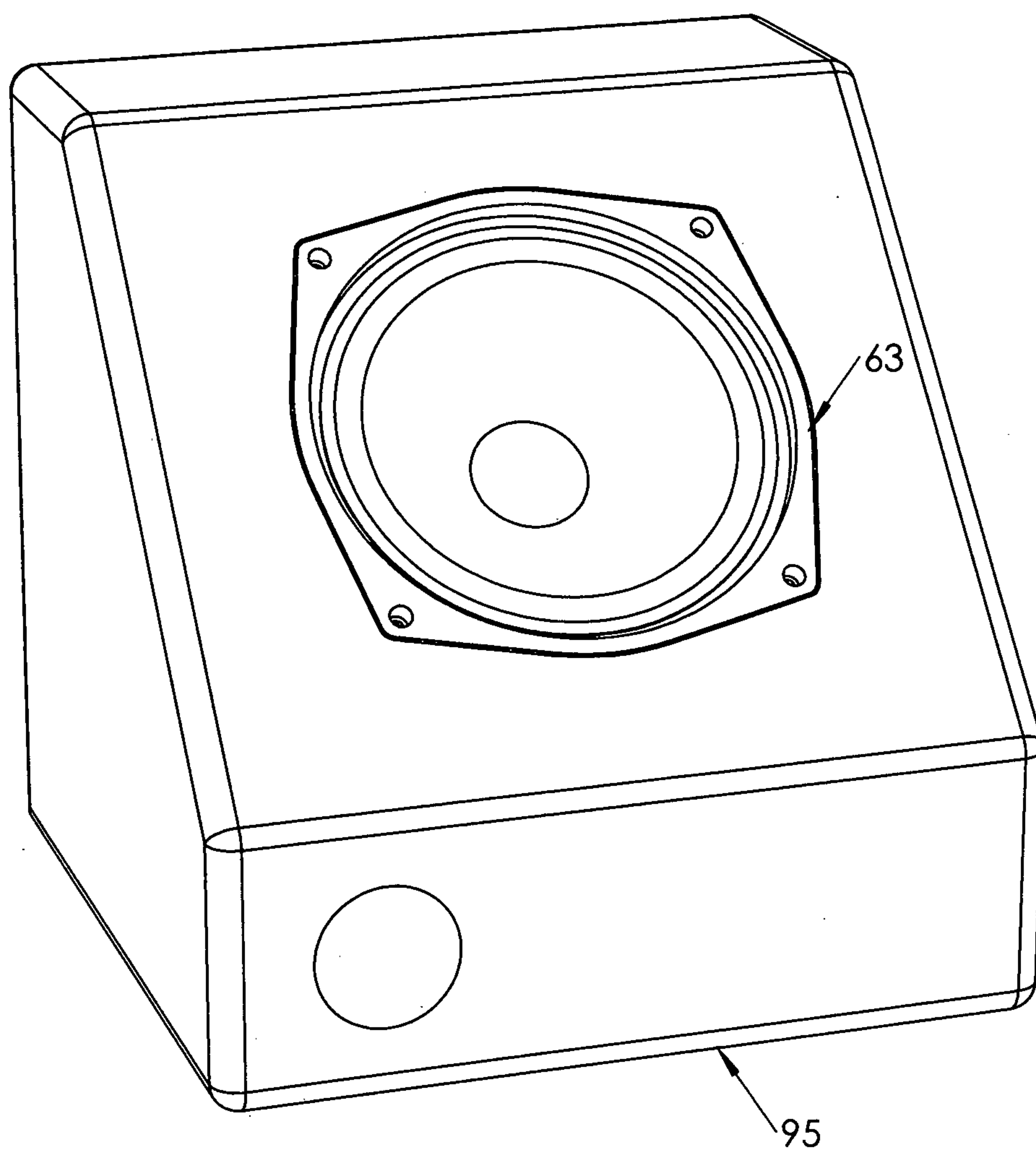


FIG.6

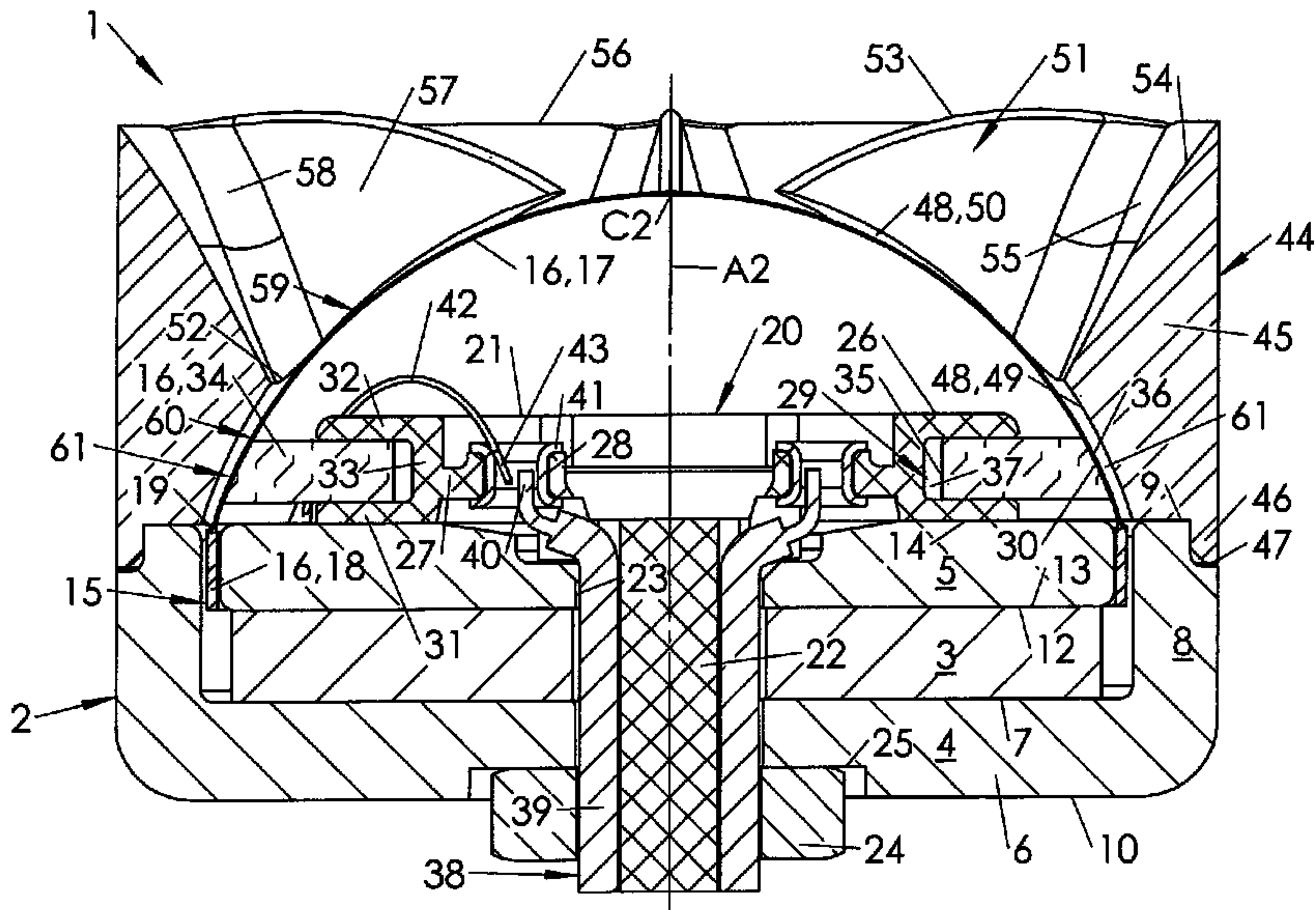


FIG.1