



(12) **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

(43) Date de publication:
30.12.2009 Bulletin 2009/53

(51) Int Cl.:
H04R 9/02 ^(2006.01) **H04R 9/06** ^(2006.01)
H04R 1/22 ^(2006.01) **H02K 1/06** ^(2006.01)
H04R 7/12 ^(2006.01) **H04R 1/30** ^(2006.01)

(21) Numéro de dépôt: **08290595.1**

(22) Date de dépôt: **23.06.2008**

(84) Etats contractants désignés:
**AT BE BG CH CY CZ DE DK EE ES FI FR GB GR
HR HU IE IS IT LI LT LU LV MC MT NL NO PL PT
RO SE SI SK TR**
Etats d'extension désignés:
AL BA MK RS

(71) Demandeur: **Focal-Jmlab (Sa)**
42350 La Talaudière (FR)

(72) Inventeurs:
• **Chretien, Gérard**
69530 Brignais (FR)
• **Cazes-Bouchet, Arnaud**
42510 Balbigny (FR)

(74) Mandataire: **Richebourg, Michel François**
Cabinet Michel Richebourg
"Le Clos du Golf"
69 Rue Saint-Simon
42000 Saint Etienne (FR)

(54) **Moteur pour tweeter**

(57) "Tweeter" contenant un moteur avec un noyau, un évent (8) de décompression centrale en forme de cône tronqué et des segments d'aimants orientés (6) vertica-

lement disposés autour de l'évent. Ce dessin du moteur permet d'augmenter le volume d'air sous la membrane et le volume de matériel magnétique pour obtenir un "tweeter" large bande capable de couvrir 4 octaves.

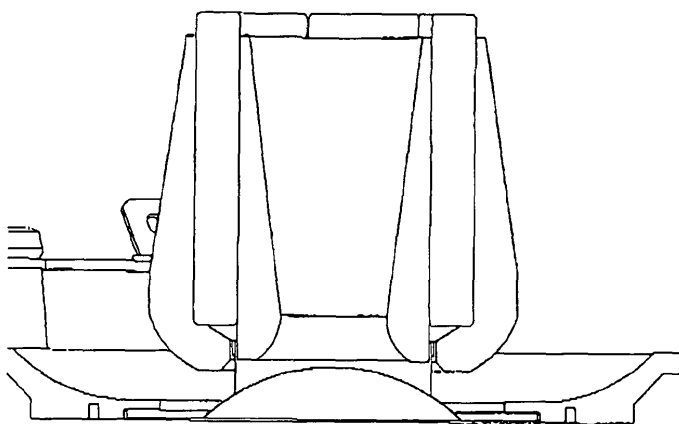


Fig. 2

Description

Secteur technique de l'invention :

[0001] La présente invention concerne le secteur technique des enceintes acoustiques en particulier de haut et très haut de gamme et notamment de leur composant de type « tweeter » (transducteur « aigu », comme on le sait).

Problème technique posé :

[0002] Dans le domaine des enceintes acoustiques, notamment de haut ou très haut de gamme, il est essentiel de réaliser des compromis très fins et très difficiles entre les caractéristiques de poids, rigidité, amortissement des ondes acoustiques au niveau de la membrane (en fonction de divers paramètres dont naturellement la vitesse de propagation du son).

[0003] D'une façon générale, et dans ce contexte, le transducteur « aigu » ou « **tweeter** » constitue un élément très important dans la conception de tout système de reproduction acoustique.

[0004] Pour mémoire, le rôle de l'aigu au sein d'un système de reproduction acoustique se caractérise selon les principaux points suivants :

- Il couvre la bande de fréquence la plus large possible (exemple non limitatif : les 2,5 kHz à 40 kHz du « tweeter » béryllium (Be) de la gamme d'enceintes acoustiques très haut de gamme Utopia™ Be de FOCAL JMLab™).
- Il couvre la bande de fréquence dans laquelle on trouve les dernières harmoniques (11) des « sons fondamentaux » (272 à 3636Hz), avec en particulier la reproduction des harmoniques de rang 2 et 3 (1 kHz à 20 kHz).

[0005] Ce dernier point est capital : en effet, l'oreille humaine étant un capteur « de type transitoire », c'est la perception de l'ensemble des harmoniques qui va donner au son restitué toute sa finesse, sa définition.

[0006] Comme on le constate, la qualité de reproduction du transducteur « aigu » est un facteur important dans le passage de micros informations, utile aux subtilités d'une écoute en stéréophonique (ou supérieure).

[0007] En 2002 - 2003, FOCAL JMLab™ a créé l'enceinte de référence Grande Utopia™ Be qui aura un retentissement mondial. Pour la première fois, la technologie des « tweeters » à large bande à dôme en Béryllium pur était mise en oeuvre. La presse spécialisée s'est très vite emparée de l'événement et la Grande Utopia™ Be s'est immédiatement imposée à leurs yeux comme la meilleure enceinte au monde, soulignant notamment les performances extraordinaires d'un « tweeter » hors normes.

[0008] L'emploi totalement innovant du béryllium a imposé un nouveau standard en matière de performances

et de musicalité : faible taux de distorsion, linéarité de la réponse, extension de la réponse à plus de 40 kHz, ...

[0009] Le Demandeur est le premier et le seul concepteur / constructeur à avoir introduit le Béryllium sous sa forme la plus pure et ceci malgré un fort préjugé défavorable qui était la connaissance de toutes les difficultés techniques liées à son industrialisation.

[0010] Dans le souci d'aller plus loin dans le point source, le Demandeur a décidé d'engager plus tard une démarche inventive centrée cette fois-ci sur le raccordement acoustique entre le HP (« haut parleur ») de médium et le « tweeter ». Le demandeur est partie de l'idée que la localisation du son par l'oreille se fait principalement par les harmoniques de rang élevé qui donc sont reproduits par le « tweeter » (notion importante de « point source »).

[0011] L'objectif de la présente invention est la création d'un « tweeter » large bande c'est-à-dire couvrant 4 octaves, à haut rendement compris entre 95 dB et 98 dB, permettant un fonctionnement à pleine puissance de 1 kHz à 40 kHz, de préférence de 2 à 35 kHz, avec très bonne tenue en puissance, une faible distorsion, une faible directivité et qui malgré ces avantages et modifications soit capable de rester conforme aux exigences de qualité *très haut de gamme*.

[0012] Le Demandeur a cherché à produire un transducteur de type « **tweeter** » haut de gamme qui, comme l'a découvert le Demandeur, doit avoir un rendement élevé pour augmenter la capacité dynamique et la tenue en puissance, et le mérite inventif le plus important a été de songer à concevoir une structure de moteur entièrement originale.

[0013] Les critères visés sont les suivants :

- avoir une fréquence de résonance basse pour réduire les colorations sonores et la distorsion ;
- avoir un taux de distorsion inférieur à 0,5% à 2000 Hz ;
- maintenir le faible taux de distorsion aux fréquences supérieures à 2500 Hz (taux actuel à 0,25%) ;
- avoir une très bonne courbe de réponse linéaire en fréquence de 1 kHz à 40 kHz, avec un amortissement rapide et une absence de résonance ;
- avoir un rendement supérieur ;
- posséder une bonne réponse transitoire ;
- une très bonne richesse harmonique ;
- une faible « coloration » ;
- l'ensemble doit être compact pour des questions de facilité d'intégration de « tweeter » dans l'enceinte ;

- les coûts de production doivent rester maîtrisés.

[0014] Un objectif était d'améliorer le rendement du « tweeter » et de ses performances pour améliorer la tenue en puissance, améliorer la qualité acoustique, le niveau dans l'extrême aigu.

[0015] L'homme de métier comprendra immédiatement la complexité du problème, et le caractère notoirement antagoniste des améliorations recherchées.

[0016] Les notions de transducteur, médium, aigu, graves, harmoniques, rang des harmoniques, puissance, tenue en puissance, rendement, résonance, distorsion, traînage, membrane, coloration (le fait de modifier le son exact d'un instrument donné en lui donnant, au passage dans le transducteur, une « coloration acoustique » très légèrement différente, que le mélomane détecte), bande passante, raccordement acoustique, transparence (capacité de rendre le son avec perfection et sans effet décelable de voile), point source, « waterfall » (courbe de réponse (en forme symbolique de « chute d'eau ») en fréquence dans le temps : l'extinction d'une fréquence donnée - et de toutes les fréquences de la bande - doit être la plus rapide possible, pas de « traînage », et doit être idéalement instantanée, c'est-à-dire sans « accidents d'extinction » et donc sans apporter de « coloration » à un instrument donné ; cf. Figure 15) etc... ainsi que HP, « tweeter » et analogues sont parfaitement connues de l'homme de métier et ne seront pas autrement définies ici. Il s'agit de connaissances générales de l'homme du métier.

[0017] Le Demandeur est parvenu à concevoir un moteur entièrement original qui permet de fabriquer un « tweeter » à très large bande, de préférence à membrane en Béryllium, qui fonctionne en charge quasi infinie ; de ce fait, sa fréquence de résonance est très basse puisqu'elle est de 700 Hz. Ce « tweeter » peut fonctionner de 2000 Hz à 40000 Hz avec un faible taux de distorsions. Les essais ont été effectués sur une enceinte Electra™ 1000 de FOCAL™.

[0018] On a noté que la membrane en béryllium (Be) apporte certes un fonctionnement en piston de la membrane mais aussi que le « tweeter » possède néanmoins beaucoup de coloration et distorsion en dessous de 2000 Hz pour être utilisé à cette fréquence. Ceci est lié à la présence d'une fréquence de résonance mécanique (masse ressort) trop proche de la bande passante utilisée. Ce premier point montre la très grande difficulté des problèmes et la grande sensibilité des divers paramètres.

[0019] Dans ce contexte, la possibilité de couper le « tweeter » plus bas en fréquence est un apport considérable en termes de mise en phase avec les autres transducteurs, en termes de micro détail, d'image stéréophonique, et de respect des transitoires. Ces notions sont également très bien connues.

[0020] La valeur « objectif » de minima 2 kHz comme point bas de fréquence utilisable en pratique est un point très sensible. Elle impacte en effet le raccordement entre le « tweeter » et le transducteur de « medium ». Si l'on

cherche à descendre à 2 kHz, on observe un problème de tenue en puissance du « tweeter » et par contre on évite au transducteur medium de devenir trop directif. En effet, il faut gérer la dispersion et le rayonnement acoustique à la fréquence de raccordement, c'est-à-dire obtenir un diagramme de dispersion similaire pour les deux transducteurs afin que l'effet ne soit pas perceptible.

[0021] Malheureusement, un autre inconvénient est survenu, qui est que l'élargissement ainsi obtenu de cette bande passante se traduit également par une augmentation de la puissance efficace absorbée par le transducteur d'aigu. Ceci risque de réduire la tenue en puissance du « tweeter » mais également de compresser le niveau sur les signaux de forte dynamique et n'est donc pas acceptable.

[0022] Le Demandeur a alors envisagé d'augmenter le rendement du transducteur pour conserver toutes les qualités.

[0023] Il a été possible de progresser en termes de rendement avec la mise au point d'une membrane rigide et ultra légère 60 mg. Aujourd'hui, il semble difficile de réduire encore le poids sous peine d'avoir une membrane trop fragile et trop difficile à fabriquer. Cependant cette amélioration de la membrane apporte certes un appoint très notable, mais reste une option préférée et donc non obligatoire. Le point capital de l'invention, comme on le verra ci-dessous, est la conception du moteur.

[0024] Il a en effet été alors jugé qu'il fallait tenter d'augmenter le rendement en augmentant le facteur de force, et cela n'a été possible après de nombreux essais infructueux qu'en créant un moteur magnétique de conception entièrement original, plus puissant et compatible avec une forte décompression de la membrane.

[0025] Le Demandeur a délibérément évité d'utiliser les résonances mécaniques qui pourtant augmentent artificiellement le niveau sonore (rendement plus élevé mais artificiellement, notamment en utilisant une fréquence de résonance haute et « break up » à 20 kHz non amorti) mais qui génèrent beaucoup de traînage.

[0026] A titre d'exemple de difficultés rencontrées, la courbe de réponse a été dans un premier temps, au cours des essais, améliorée avec la suppression de la surtension mécanique en début de bande et une courbe de réponse présentant peu d'accidents. Lamortissement du début de bande était excellent, mais au détriment du niveau de distorsion.

[0027] Le Demandeur a donc poursuivi ses recherches pour résoudre (entre autres problèmes) ce problème de distorsion et améliorer encore les performances du « tweeter » en augmentant le rendement.

Art antérieur :

[0028] L'homme de métier trouvera ci-dessous le détail de l'état de la technique.

[0029] Transducteurs utilisant une chambre de compression chargée par un pavillon (adaptation de l'impédance acoustique).

[0030] On rappelle qu'un pavillon est un adaptateur destiné à concentrer l'énergie sonore dans une direction (une analogie très simple serait le porte-voix). Ce type de solution est très nocif en « haute fidélité » où précisément il ne faut pas avoir une énergie « dirigée » et où il faut au contraire produire un effet « tridimensionnel » (alors qu'un pavillon est évidemment non tridimensionnel puisqu'il est « directif » en énergie sonore).

[0031] Un tel système est connu pour présenter l'avantage d'avoir beaucoup de rendement (110 dB/1watt/1m) mais cette charge est très encombrante (environs 30 cm de diamètre et pratiquement la même chose en profondeur).

[0032] La directivité est également très prononcée et la bande passante dans le haut du spectre est réduite à 19kHz pour les meilleurs. Ce qui la réserve donc à la sonorisation de forte puissance. Ce système n'est pas adapté à la haute fidélité haut ou très haut de gamme pour laquelle il est essentiel de ne pas être directif et où il faut au contraire reproduire ou recréer la dimension spatiale du message stéréophonique.

[0033] Quelques fabricants utilisent sur des « tweeters » électrodynamiques une fréquence de résonance haute. Ceci permet d'augmenter très tacitement le niveau sonore sur le début de bande de 4 à 6 dB. Pour augmenter le haut de l'aigu on combine à cela une fréquence de « break up » (déformation et éventuellement rupture) de la membrane en dessous de 20 kHz et non amorti. Ces résonances mécaniques augmentent énormément le traînage et réduisent la bande passante.

[0034] D'autres fabricants rajoutent à ceci des amorces de pavillon.

[0035] Certains fabricants utilisent une impédance plus basse (3 ohms au lieu de 6 ohms). Cela modifie la sensibilité mais le rendement reste le même. La bobine utilise plus de courant et crée des problèmes de surchauffe, compression sonore, distorsion de l'amplificateur, etc...

[0036] Ces techniques doivent être considérées comme des artifices car le rendement réel dépend uniquement de la surface émissive, masse de l'équipage mobile et du facteur de force de la bobine.

[0037] On voit ici encore que le rendement est une propriété antagoniste d'autres aussi recherchées, d'où à nouveau la difficulté de trouver un compromis satisfaisant, et à plus forte raison une solution qui, comme selon l'invention, réduise au maximum lesdits « compromis » nocifs.

[0038] Globalement la réalisation de « tweeter » possédant un rendement élevé est, dans l'art antérieur, obligatoirement très onéreuse puisque les matériaux utilisés sont plus performants :

- des « équipages mobiles » (essentiellement l'ensemble en vibration constitué par la bobine située dans l'entrefer et la membrane solidaire de la bobine, et éventuellement la « suspension » de la membrane, c'est-à-dire la partie périphérique de raccorde-

ment de la membrane au support de membrane) a priori plus légers et plus rigides ;

- des aimants plus puissants pour le moteur.

[0039] La plupart des fabricants utilisent donc le compromis suivant : rendement juste nécessaire pour obtenir un minimum de qualité et réduire leurs coûts de production.

[0040] Le Demandeur a au contraire orienté ses recherches vers des transducteurs d'aigu à rendement élevé. Il s'agit donc d'une approche technique totalement différente, et infiniment plus ardue.

[0041] A titre d'exemple d'art antérieur du Demandeur :

En 1991 le Tn 46™ avait un rendement de 85 dB/1watt/1 m.

En 2005 le TBU™ avait un rendement de 94 dB/1watt/1m.

[0042] Le Demandeur a innové dans les secteurs suivants :

- aimant Ferrite de plus en plus gros diamètre 60 -> diamètre 96 ;
- arrivée des aimants hautes puissances : ferrite -> néodyme ;
- utilisation du Têlar 57™, Focus ring™ (réduction d'une partie de fuite magnétique).

[0043] Une contrainte supplémentaire concerne le dégagement arrière de la membrane, c'est-à-dire le volume confiné « sous » la membrane et « au-dessus » des aimants, où l'air doit pouvoir circuler assez librement et s'échapper afin de pas créer de compression c'est-à-dire une force parasite agissant de manière nocive sur la membrane. Certains « tweeters » dits « décompressés » sont apparus.

[0044] Ces exemples montrent non seulement un puissant et continu effort de Recherche, de la part du Demandeur, tout en permettant de comprendre que les progrès sont difficiles et les innovations de plus en plus problématiques car il s'agit de technologies de pointe. Dans ce genre de domaines, souvent, même une « faible » amélioration d'une propriété peut représenter un effort inventif important ainsi que la lutte contre de nombreux préjugés techniques ou « historiques », et la difficulté de toujours permettre à des facteurs contradictoires ou incompatibles de travailler, finalement, au sein de la même innovation.

Difficultés techniques rencontrées.

[0045] Les courbes caractéristiques du métal ferroco-balt pour les pièces polaires (plaque de champ et noyau) dans le software FEMM ou logiciel de simulation ne dépassaient pas 130 000 (mOe) alors qu'il était utilisé jus-

qu'à la saturation. On ne savait pas mesurer au dessus de 130 000 (mOe) car cela nécessite des amplificateurs très puissants. Les inventeurs ont donc été obligés de calculer les valeurs situées au-dessus, jusqu'à 240 000 mOe pour que le programme puisse aller jusqu'au niveau de saturation réel.

[0046] Difficulté de trouver un compromis entre niveau de décompression et performance du moteur.

[0047] On aurait pu augmenter les performances du moteur mais les inventeurs auraient été obligés de réduire la décompression du moteur. Ceci aurait dégradé la courbe de réponse du « tweeter ».

[0048] Ceci est encore un des exemples de difficiles compromis signalés plus haut comme un des obstacles importants dans cette technologie.

[0049] Difficultés diverses énoncées ci-dessus quant à la réalisation d'un compromis très supérieur, avec un « saut quantique », aux compromis très moyens de l'art antérieur.

[0050] Essentiellement deux difficultés très importantes :

- difficulté d'assemblage des pièces du moteur notamment en coaxialité et du fait des petites dimensions des pièces,
- nécessité (cf. ci-dessous) d'aimanter l'aimant dans sa nouvelle configuration en « tube » ou « cône » (un tube ou cône est impossible à être aimanté en une pièce).

Description détaillée de l'invention

[0051] Selon son concept général, l'invention propose un moteur entièrement original, et son incorporation dans notamment un « tweeter » qui procure tous les avantages visés dans le problème technique précisé ci-dessus, en réalisant encore quelques compromis encore inévitables à ce jour mais en proposant une solution qui réalise un « saut quantique » par rapport à l'art antérieur.

[0052] Les références spatiales prises sont les suivantes :

- la membrane est supposée définir globalement l'horizontale par la ligne ou le plan reliant les bords opposés de la suspension
- elle est supposée par convention être placée vers le haut, moteur étant donc sous la membrane
- la membrane étant horizontale, elle définit donc également une direction verticale qui est perpendiculaire à son plan

[0053] Comme on le verra ci-dessous, la présente invention couvre notamment un moteur pour enceinte acoustique et tout particulièrement pour un « tweeter » (transducteur « aigu ») **caractérisé en ce que** l'aimant

6 du moteur est transféré « vers l'arrière » ou « derrière le moteur » et est adapté ainsi que les pièces polaires (plaque de champ 9 et noyau 7) pour dégager le volume sous la membrane et supprimer ou quasiment toute compression tout en autorisant soit un volume plus important d'aimant soit un volume de métal plus important dans les pièces polaires, soit les deux.

[0054] Par « derrière le moteur » on entend le fait que :

- l'aimant, au lieu d'être disposé sensiblement « à plat » ou horizontalement sous la membrane, c'est-à-dire positionné à côté de la bobine, cf. aimant 6 figure 1 A art antérieur, est aligné avec la bobine du transducteur et avec les pièces polaires 9 (plaque de champ) et noyau 7, juste au-dessous de la membrane, l'ensemble adoptant donc une configuration en tube ou en cône tronqué « verticale » et « sous » la membrane, tout en conservant naturellement les impératifs géométriques d'un moteur, comme notamment la position relative des pièces, de l'entrefer, etc...
- est, selon l'invention,
- disposé manière verticale ou sensiblement verticale sous la membrane, ce qui forme un tube ou un cône tronqué, avec de plus la pièce polaire 9 déportée à l'extérieur, cf. figure 1B ou 1C ou 1D ou figure 2, avec enfin le noyau 7 déporté vers l'intérieur.

[0055] On a donc réalisé un « pivotement » de l'aimant, et des pièces polaires noyau 7 (ou du moins d'une partie du noyau 7) et de la plaque de champ 9 sous la membrane (ou plus généralement sous l'équipage mobile) (ces éléments devant suivre le « pivotement de l'aimant pour continuer à produire un champ magnétique efficace) ce qui forme un moteur « vertical » totalement concentrique ou coaxial, et libère du volume au niveau de la zone de compression ZC et surtout libère le pourtour de celle-ci de tout obstacle. On réalise aussi un pivotement du champ magnétique le sens d'aimantation devenant radial.

[0056] On verra également que les pièces polaires (noyau 7 et plaque de champ 9) sont adaptées de manière correspondantes pour former elles aussi un tube ou cône tronqué. Ceci sera compris par l'homme de métier puisqu'il s'agit, après « pivotement de l'aimant » de continuer à générer un champ magnétique efficace pour piloter la bobine (aimantation « radiale »).

[0057] L'ensemble forme donc un tube cylindrique, ou un cône tronqué, avec éventuellement un effet de tuyère réalisé par la pièce polaire 7 (noyau) dont la forme intérieure peut éventuellement adopter un profil en venturi, cf. figure 1D, Fig. 2. Ledit profil intérieur est dicté uniquement par la quantité de métal à placer dans la pièce polaire 7, cette quantité étant dictée par l'éloignement par rapport à l'entrefer. En effet la saturation augmente avec la proximité de l'entrefer, et on a donc intérêt à placer plus de métal lorsque l'on est près de l'entrefer : une solution élégante est la forme bombée intérieurement ou

encore appelée « en venturi » ; on obtient une bonne optimisation magnétique par réduction des fuites ou pertes magnétiques tout en conservant un moteur plus transparent.

[0058] En effet une forme conique réduit plus les fuites ou pertes magnétiques, mais la forme en cylindre est préférée car elle supprime aussi une grande partie des fuites magnétiques tout en évitant le risque d'accord au niveau de certaines fréquences.

[0059] On peut encore noter que cette disposition favorise deux options qui présentent chacune des avantages, la première étant de disposer de plus d'aimant, et la seconde étant de disposer de plus de métal, dans le volume libéré par la nouvelle disposition. On peut aussi ajouter un peu d'aimant et un peu de métal, c'est-à-dire panacher les deux options.

[0060] L'évent de décompression 8 devient totalement facultatif selon l'invention puisque l'air de la zone ZC peut s'évacuer librement par le pourtour, cf. flèches sur la Figure 1C.

[0061] Un tel moteur **caractérisé en ce que** ledit aimant est fractionné en plusieurs segments d'aimants 6A, 6B, 6C, ... disposés verticalement ou selon un certain angle par rapport à la verticale (axe longitudinal du moteur), notamment aimants en position verticalement colinéaires, autour du noyau 7, ainsi que la plaque de champ 9, en laissant subsister un entrefer 2 pour loger la bobine 3.

[0062] Un tel moteur **caractérisé en ce que** lesdits segments forment un tube ou cône tronqué avec éventuellement effet de « tuyère » ou de « venturi » autour du noyau 7, comme cela est visible sur les figures annexées, l'effet de tuyère étant expliqué ci-dessus pour apporter plus de métal au noyau et donc déplacer et éloigner l'endroit de la saturation.

[0063] Un tel moteur **caractérisé en ce que** les pièces polaires noyau et plaque de champ et les segments d'aimants forment un tube « vertical » ou cône tronqué, sous la membrane prise comme référence horizontale, cf. figures annexées.

[0064] Un tel moteur **caractérisé en ce que** la nature de l'aimant est le néodyme, notamment N38M (Br 12,2 kGs) ou éventuellement N48M (Br 13,6 kGs).

[0065] Un tel moteur **caractérisé en ce que** le métal des pièces polaires peut être le ferrocobalt.

[0066] Un tel moteur **caractérisé en ce que** le métal des pièces polaires est un fer doux E24.

[0067] Et naturellement les équivalents techniques de tels moteurs, employant des matériaux et formes équivalentes directement accessibles à l'homme de métier.

[0068] L'invention sera mieux comprise à la lecture de la description qui va suivre, et des exemples non limitatifs ci-dessous.

[0069] Essais nécessaires à la mise au point et à la résolution des difficultés et / ou la réalisation de « compromis techniques » viables.

[0070] Il a été nécessaire d'établir une optimisation des pièces mécaniques et avec un bon compromis et nous

avons obtenu une baisse de la distorsion à 2 kHz à 1 %, c'est-à-dire très important.

[0071] L'épaisseur de la surface amincie par la décompression reste la même : 1,5mm.

[0072] La surface amincie par la décompression a été réduite jusqu'à un diamètre de 64 mm.

[0073] Les dimensions des pattes de fixation du moteur ont été augmentées à 8x12 mm.

[0074] D'autres optimisations sont possibles, en jouant différemment sur les différents facteurs ci-dessus comme le comprendra l'homme de métier.

[0075] Les résultats sont les suivants :

- une réduction de la surface de décompression de 437 mm²;
- une baisse de la distorsion à 2 kHz ; elle est à présent à 1 % ;
- une légère dégradation de la courbe de réponse avec une ondulation de +/-1 dB, visible également sur la courbe d'impédance.

[0076] Ce résultat montre que, dans cette technologie, une grande difficulté est que des pièces fines et de tailles importantes peuvent générer d'importantes distorsions dans les aigus. Ceci est d'autant plus délicat lorsqu'il faut maintenir une importante décompression.

[0077] Après les modifications et compromis ci-dessus ; il a été procédé à des écoutes comparatives du « tweeter » décompressé ou respectivement renforcé avec le « tweeter » non décompressé. Elles ont permis de confirmer l'avantage de la décompression du « tweeter » par rapport à un « tweeter » fermé qui offre pourtant plus de transparence dans le bas du « tweeter ». La suppression des résonances mécaniques rend le bas de l'aigu plus soyeux.

[0078] Un des objectifs cruciaux était d'améliorer le rendement du « tweeter » et ses performances, pour améliorer la tenue en puissance, améliorer la qualité acoustique, le niveau dans l'extrême aigu.

[0079] Durant les recherches et essais correspondants, il a été remarqué sur la courbe d'impédance du « tweeter » que la résistance électrique à 20 kHz est plus élevée que sur le reste de la bande.

- 7.7 ohms à 20 kHz contre 6,5 ohms à 4 kHz.

[0080] Cette augmentation de la résistance électrique fait que le « tweeter » consomme moins de courant à cette fréquence ce qui conduit, autre problème, à une perte de sensibilité.

[0081] On a cherché à réduire cette augmentation de la résistance électrique en réduisant l'inductance de la bobine, dans le but de gagner du niveau dans les hautes fréquences.

[0082] A titre illustratif et non limitatif, mais représentatif, la bobine ainsi développée possède une inductance

de 0,03 mH, une résistance électrique de 6 ohms et un diamètre de fil de 0,08 mm.

[0083] Des calculs et des recherches ont dû être effectués afin de réduire l'inductance de la bobine et cela ce traduit par une réduction du diamètre du fil du conducteur.

[0084] Cette réduction de diamètre a réduit la masse de la bobine mais a également réduit l'induction magnétique

[0085] Malheureusement la perte de masse ne compense pas la perte d'induction magnétique car la masse de la membrane et la masse de la suspension sont encore présentes.

[0086] Globalement cela ce traduit pas une perte globale du niveau.

[0087] Ceci est encore un exemple de difficulté pour appliquer des solutions « logiques ».

[0088] De plus cette réduction du diamètre de fil risque de réduire la tenue en puissance du « tweeter » de part la réduction de la masse de cuivre et de par la fragilité du fil de cuivre (confirmé par le fabricant de bobine).

[0089] Les inventeurs, face à cet échec rencontré lors de la mise en oeuvre d'une solution envisageable, ont dû essayer une autre solution pour réduire cette augmentation de résistance électrique aux hautes fréquences.

[0090] L'utilisation d'une bague de Faraday a permis entre autres de réduire l'inductance de la bobine aux hautes fréquences, ceci par l'auto-induction d'un courant électrique dans la bague de Faraday qui génère un champ magnétique venant modifier l'inductance de la bobine.

[0091] On a alors réalisé d'autres essais en ajoutant une seconde bague de Faraday de 0,05 mm d'épaisseur en cuivre sur le noyau et sur la plaque de champ.

[0092] L'entrefer du moteur n'a pas été modifié pour ne pas perdre de champ magnétique.

[0093] On n'a obtenu aucune modification du niveau du « tweeter », nouvel échec d'une solution logique. Le niveau du « tweeter » est identique au moteur non bagué sur toute la bande du « tweeter ».

[0094] La deuxième bague semble annuler l'effet et il y a donc été renoncé.

[0095] Après suppression de la bague de Faraday sur la plaque de champs (l'entrefer du moteur n'a pas été modifié pour ne pas perdre de champ magnétique), on n'a obtenu comme résultat qu'une petite augmentation de niveau dans les hautes fréquences de 0,4 dB à partir de 15 kHz jusqu'à 40 kHz.

[0096] Les inventeurs ont pensé que l'épaisseur de la bague était trop fine pour permettre une bonne efficacité de la bague de Faraday (intensité du courant dans la bague). Une augmentation à une valeur de l'ordre de 0,2 mm est apparue nécessaire.

[0097] Pour pouvoir insérer une bague de Faraday d'épaisseur 0,2 mm, il a fallu modifier le noyau du moteur afin de compenser la sur-épaisseur de la bague. De ce fait l'entrefer a été augmenté.

[0098] L'augmentation de l'épaisseur à 0,2 mm a évidemment augmenté l'effet de la bague de Faraday.

[0099] La mesure d'impédance a permis alors de noter une réduction de la résistance à 20 kHz, puisqu'elle passe de 7,7 ohms à 7,2 ohms. L'effet est visible aussi sur la courbe de réponse avec une augmentation de 1 dB de 15 kHz à 30 kHz, et de 2 dB à 40 kHz.

[0100] Mais les inventeurs ont noté que malgré leur attente, l'effet de la bague n'arrive pas à compenser la perte de champs magnétique créée par l'augmentation de l'entrefer du moteur, soit une perte du niveau du « tweeter » de 1,5 dB sur toute la bande.

[0101] Nouvel échec d'une solution logique.

[0102] Les inventeurs ont alors recherché une solution radicalement différente.

Augmentation de la puissance magnétique du moteur en conservant l'importante décompression du moteur

[0103] Une difficulté était d'augmenter la puissance du moteur sans augmenter le diamètre du moteur, afin de conserver la forte décompression nécessaire au bon fonctionnement du « tweeter ».

[0104] Jugeant impossible d'augmenter les performances sans augmenter le diamètre du moteur, on a essayé une solution radicale et contraire à l'enseignement de tout l'art antérieur, c'est-à-dire de transférer l'aimant derrière le moteur. Cela oblige à changer l'orientation de l'aimant.

[0105] Ceci génère cependant du volume libre pour ajouter un volume d'aimant plus important mais le comportement du circuit magnétique dans cette position devient évidemment *imprévisible*. Un des mérites du Demandeur est d'avoir néanmoins poursuivi dans cette voie déjà originale en elle-même.

[0106] Prototype :

- l'aimant utilisé est du néodyme : N38M ;
- le métal utilisé est un fer doux : E24 ;
- longueur de la plus petite boucle du circuit : 14,7 ;
- surface d'échange entre l'aimant et le E24: 7,8 cm² ;
- quantité d'aimant : 6,1 cm³ ;

[0107] L'homme de métier saura envisager d'autres combinaisons autour de celle ci en suivant les enseignements de la présente description et ses propres connaissances générales.

Séries de simulations magnétiques (avec un fer doux E24)

Simulation du transfert de l'aimant derrière le moteur en change l'orientation magnétique.

[0108] Cela revient à passer d'un aimant en forme d'anneau avec le sens d'aimantation axial à *un aimant en forme de tube avec un sens d'aimantation radial.*

Cf. Figure 1 annexée.

[0109] La figure 1 se compose des figures :

1A art antérieur schématisé à aimants positionnés à côté de la bobine du transducteur c'est-à-dire derrière la membrane. Le sens d'aimantation est alors axial.

1B moteur de l'invention schématisé à aimants en position verticalement colinéaires, vers la partie arrière du moteur, c'est-à-dire derrière la bobine du transducteur. Le sens d'aimantation est alors radial.

1C coupe AA de la figure 1B, moteur de l'invention montrant schématiquement d'autres composants, dont l'équipage mobile.

1D moteur de l'invention, en coupe transversale (prototype).

[0110] Sur toutes les figures, dans toute la description et les revendications, les mêmes références ont les mêmes significations, sauf mention différente :

- | | |
|----|---|
| 1 | membrane (ici mode préférentiel en « dôme inversé ») |
| 2 | entrefer |
| 3 | bobine |
| 4 | suspension de la membrane |
| 5 | support de la membrane (et de l'équipage mobile) |
| 6 | aimants |
| 7 | noyau |
| ZC | volume d'air sous la membrane (où se produit une compression dans l'art antérieur) |
| 8 | art antérieur : orifice de décompression rendu nécessaire par la compression sous la membrane dans la zone de compression ZC. |
| 9 | plaque de champ |

[0111] On rappelle que l'équipage mobile est formé de la bobine 3 qui oscille en position « suspendue » dans

l'entrefer, sous l'action des forces électromagnétiques, et par la membrane 1 qui vibre sous l'action de la bobine à laquelle la membrane est rattachée mécaniquement.

[0112] On note que dans l'art antérieur la zone ZC est un volume étanche à l'air où se produit inévitablement une compression variable très nuisible aux performances. L'art antérieur pallie souvent ce problème par un orifice de décompression 8 dont l'effet est faible.

[0113] Avec une telle configuration, on ne peut pas, dans l'art antérieur, descendre en fréquence.

[0114] L'aimant utilisé pour le prototype de l'invention, Figure 1D, est du néodyme : N38M

Le métal utilisé pour les pièces polaires est un fer doux : E24

Longueur de la plus petite boucle du circuit (de champ magnétique) : 10,82 mm Quantité d'aimant : 6,05 cm³.

[0115] Les simulations avec le logiciel de simulation connu GEMINI™ montrent que l'invention parvient de manière surprenante à produire la même puissance magnétique avec pratiquement la même quantité d'aimant soit 1,85 teslas.

[0116] Ceci est très intéressant car ouvre la possibilité d'augmenter les performances du moteur en sachant que nous disposons encore de place disponible derrière le moteur.

Optimisation du circuit magnétique pour avoir un meilleur compromis entre :

[0117] Cet exemple montre que l'on peut optimiser différemment les paramètres, et l'homme de métier dispose ainsi, et avec les exemples suivants, de repères pour réaliser son propre prototype.

[0118] Le Demandeur a joué sur :

- Les performances magnétiques (quantité d'aimant, longueur de la plus petit boucle du circuit)
- Décompression (quantité de matière)

Cf. Figure 2 annexée

[0119]

- L'aimant utilisé est du néodyme : N38M ;
- Le métal utilisé est un fer doux : E24 ;
- Longueur de la plus petit boucle du circuit : 7,75 mm ;
- Quantité d'aimant : 10,5 cm³ ;
- Surface d'échange entre l'aimant et le E24 : 25,3 cm² ;
- Surface de décompression est de 1 115 mm².

[0120] Les résultats obtenus sont :

Cf. Figure 3 annexée qui se compose des figures 3A à 3C

[0121]

- champs moyen dans l'entrefer : 2,1 teslas ;
- champs maxi dans le métal : 2,28 teslas ;
- prix du moteur : 12 euros.

[0122] Les simulations avec FEMM montrent que nous pouvons avoir une puissance magnétique augmentée de 0,2 tesla (soit 2,1 teslas) par rapport à l'ancien moteur. *Cette géométrie permet entre autres d'avoir une longueur de bouclage deux fois plus petite qu'avec un moteur traditionnel.*

[0123] *Ceci est très intéressant car cela réduit les pertes magnétiques liées aux fuites. Grâce à cela nous pouvons dépasser le point de saturation du E24 qui est habituellement de 1,9 teslas.*

Réalisation des moteurs prototypes (avec un fer doux E24)

[0124] Une autre difficulté survenue dans cette approche est qu'il est impossible d'aimanter radialement un aimant en forme de tube. Nous avons été obligés de décomposer le tube en secteurs 6A, 6B, visibles sur la figure 1B, et de les aimanter un à un à plat.

[0125] Un prototype à 5 secteurs a été réalisé. Cela génère une petite perte de rendement du moteur par rapport à un système à 7 secteurs qui serait préféré..

Cf Figure 4 annexée qui se compose des figures 4A (7 secteurs) et 4B (5 secteurs) et représente une vue de dessus de la figure 1B.

[0126] Les champs magnétiques moyens obtenus sur les moteurs prototypes sont de 2,05 teslas. Cela reste un bon résultat puisque le champ magnétique dans l'entrefer est supérieur à la saturation magnétique du E24.

[0127] Nous avons pu obtenir un gain surprenant sur le niveau du « tweeter » de +1,5 dB.

[0128] Des simulations avec 3 fois plus (en cm³) d'aimant ont été réalisées mais la saturation est telle que le gain est quasi nul.

[0129] Ceci suggère que la saturation de E24 ne permet pas d'aller plus loin en sachant que nous ne pouvons pas davantage concentrer le champ magnétique. Cette voie pourtant logique est donc bloquée.

[0130] Les inventeurs ont alors dû rechercher pour le métal d'autres matériaux possédant une saturation magnétique plus élevée que le fer doux (1,9 teslas) et ont trouvé entre autres les alliages en ferrocobalt, (à 49 % de Co notamment) qui possèdent une saturation magnétique de 2,4 Teslas.

Séries de simulations magnétiques avec un alliage en ferrocobalt à 49 % de Co

[0131] Nous avons effectué des simulations magnétiques avec le logiciel FEMM™ avec un moteur utilisant comme métal cet alliage en ferrocobalt avec traitement thermique.

[0132] Pour information à titre non limitatif mais représentatif : un traitement thermique à 850° C / pendant 3 heures permet d'augmenter la perméabilité par 10 entre 1 et 2 teslas par rapport à une pièce non traitée. Ceci est important car cela réduit fortement les fuites magnétiques et permet ainsi de le concentrer dans l'entrefer. Le traitement thermique améliore très légèrement la valeur de saturation magnétique. Elle passe de 2,3 à 2,4 teslas.

[0133] Il a fallu cependant limiter les pièces en ferrocobalt aux endroits stratégiques du moteur, pour la maîtrise des coûts de production.

Cf. Figure 5 annexée qui se compose des Figures 5A à 5C

[0134] Moteur en ferrocobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,55 teslas ;
- champs maxi dans le métal : 2,8 teslas ;
- prix du moteur : 200 euros.

Cf. Figure 6 annexée qui se compose des Figures 6A à 6C

[0135] Moteur avec uniquement le noyau plus coupole en ferrobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,5 teslas ;
- champs maxi dans le métal : 2,8 teslas ;
- prix du moteur : 100 euros.

Cf Figure 7 annexée qui se compose des Figures 7A à 7C

[0136] Moteur avec uniquement le noyau en ferrocobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,42 teslas ;
- champs maxi dans le métal : 2,8 teslas ;
- prix du moteur : 50 euros.

Réalisation des prototypes moteurs en ferrocobalt

[0137] Nous avons jugé intéressant de réaliser des

prototypes pour le moteur qui utilise du ferrocobalt sur le noyau et sur le noyau plus la coupole

[0138] Ceci à nécessité de créer un moule pour réaliser des pièces d'ébauche.

[0139] Les performances pour le moteur avec noyau plus coupole ont été de 2,18 teslas pour 2,45 simulés.

[0140] Les performances pour le moteur avec uniquement le noyau ont été de 2,18 teslas pour 2,45 simulés.

[0141] Globalement nous sommes loin des résultats simulés et la différence de performance par rapport au E24 n'est pas justifiée. Il a été impératif de comprendre la raison de cette anomalie.

Simulations magnétiques afin de simuler d'éventuels défauts de fabrication :

Cf. Figure 8 annexée qui se compose des figures 8A à 8C.

[0142] Ajout d'un défaut de jeu mécanique important entre la coupole en ferrocobalt et la plaque de champ en E24.

Champs simulé sans défaut : 2,5 teslas.

Champs réel mesuré : 2,18 teslas.

Champs simulé avec jeu FeCo/E24 de 0,5mm : 2,45 teslas.

[0143] Nous n'avons pas remarqué de perte de champ magnétique. En effet la zone en question se situe dans une zone où le métal est loin de saturer (1 tesla). Nous avons refait une simulation avec un jeu de 1 mm et le résultat fut inchangé.

Cf. Figure 9 annexée qui se compose des figures 9A à 9C.

[0144] Nous avons même poussé les simulations supprimant entièrement la pièce en E24.

Champs simulé sans défaut : 2,5 teslas.

Champs réel mesuré : 2,18 teslas.

Champs simulé sans la pièce extérieure en E24 : 2,35 teslas.

[0145] En conclusion, la perte de champ magnétique observée sur les prototypes ne semble pas liée à des jeux mécaniques trop importants ou à un problème de liaison avec le E24.

[0146] Pour information,

Cf. Figure 10 qui se compose des figures 10A à 10C

[0147] Nous avons voulu estimer la perte de l'énergie magnétique entre les moteurs prototypes et la simulation.

[0148] Pour cela nous avons réduit la quantité d'aimant utilisé afin d'obtenir le même champ magnétique que sur les moteurs prototypes.

[0149] D'après la simulation, il faut enlever 60 % d'aimant pour obtenir le même champ.

Vérification de la qualité énergétique apportée par l'aimant

[0150] Pour cela nous avons simulé le moteur avec une matière parfaite (avec une saturation magnétique de plusieurs milliers de teslas). Ceci permet de supprimer les pertes par les fuites magnétiques et de vérifier s'il y a bien suffisamment d'énergie apportée par l'aimant.

[0151] Cf. Figure 11 qui se compose des figures 11A à 11C

[0152] Avec une matière parfaite, le champ magnétique dans l'entrefer atteint 4,5 teslas.

[0153] Nous pouvons en conclure qu'il y a suffisamment de puissance magnétique apportée par l'aimant et seules les pertes liées au niveau de la saturation magnétique du métal peuvent limiter les performances de moteur.

[0154] Il est possible que la qualité du ferrocobalt utilisé soit en cause. Soit le métal est pollué par des composés non perméables (carbone, cuivre, aluminium, ...) soit la quantité de ferrocobalt est très inférieure à 49 % théorique du produit employé, ou encore un traitement thermique a détruit les caractéristiques magnétiques du ferrocobalt.

[0155] D'autres prototypes ont alors été réalisés afin de rechercher la cause du problème.

- Prototype avec un aimant néodyme plus puissant N38M -> N48M

[0156] L'écart de champ magnétique entre 2,18 mesuré et 2,5 simulé est de 14 %.

[0157] Un aimant en N48M (Br 13,6 kGs) par rapport à un aimant en N38M (Br 12,2 kGs) fournit 11 % de puissance magnétique en plus et pourrait permettre de compenser une partie du champ magnétique manquant.

[0158] Nous avons mesuré 2,24 teslas avec le N48M pour 2,18 teslas avec le N38M (première prototype).

[0159] Il y a un petit gain mais il est très inférieur au gain que doit fournir cet aimant plus puissant.

[0160] Ceci confirme bien que le problème ne vient pas de la quantité d'énergie magnétique apportée par l'aimant.

- Prototype avec différentes températures de traitement de ferrocobalt

[0161] D'après les spécifications du fabricant la température du traitement thermique influe sur les performances du ferrocobalt.

[0162] Le maximum de performance est obtenu à 850°C / 3 heures. Au dessus de 950°C les performances commencent à chuter.

[0163] Les mesures sur les moteurs prototypes utilisant des pièces traités à 850°C et 1100°C sont cependant sensiblement identiques.

Conclusion :

[0164] Malgré la qualité sans doute médiocre du ferrocobalt fourni et utilisé dans les prototypes, le moteur utilisant comme pièce extérieure un fer doux E24 combiné avec la nouvelle disposition du moteur offre déjà de très bonnes performances puisqu'il permet d'atteindre un champ moyen 2,05 teslas tout en offrant une importante décompression.

[0165] A titre indicatif, non limitatif mais représentatif, le champ moyen mesuré sur le moteur du TGU (en TELAR 57™) est de 1,95 teslas et sur le système Focus Ring™ (brevet Focal EP 02 291 719.9) de 1,85 teslas.

[0166] Ce nouveau moteur selon l'invention permet d'augmenter le niveau du « tweeter » de 1,5 dB par rapport à l'ancien moteur. De plus, il offre une importante décompression.

Originalités de la solution retenue en termes de performance

[0167] A partir du « tweeter » breveté par le Demandeur à dôme inversé en Be pur employé dans l'enceinte de référence Grande Utopia™ Be, un « tweeter » à dôme inversé en Béryllium pur a été très nettement repensé pour offrir de nouvelles performances, très nettement améliorées.

[0168] Le nouveau moteur obtenu à permis de combiner de hautes performances magnétiques avec une importante décompression.

- Augmentation de la puissance du moteur

[0169] Ce nouveau moteur possède un champ moyen de 2,05 teslas. Le champ augmente de 0,2 tesla par rapport à notre précédent moteur. Nous avons réussi à dépasser le point de saturation du E24. Ceci a été en autre possible en divisant par 2 la longueur de la plus petit boucle du circuit magnétique et en triplant la surface de d'échange entre l'aimant et le E24 (pour 75 % d'aimant en plus).

Cf. Figure 12 annexée

[0170] A titre indicatif le champ moyen mesuré sur le moteur du TGU (en TELAR 57™) est de 1,90 teslas et sur le Focus Ring™ de 1,85 teslas.

[0171] Ceci se traduit par une augmentation de niveau dans le haut de l'aigu de +1,5 dB.

- Augmentation de la surface de décompression :

Cf Figure 13 annexée :

[0172] Nous sommes passés de 500 mm² à 1 115 mm² de décompression.

[0173] Ceci permet de garantir une fréquence de résonance basse entre 528 Hz et de réduire les effets de

cavité qui générerait de la distorsion ou du traînage

Cf. Figure 14 annexée

[0174] et d'avoir un faible taux de distorsion

- 1,75% à 1 kHz contre 1,7% initialement ;
- 0,3% à 2kHz contre 0,5% ;
- 0,17% à 4kHz contre 0,2%.

Cf. Figure 15 annexée

[0175] Le « waterfall » montre une atténuation de 40 dB en **0,68 ms** sur l'ensemble de la bande passante avec un traînage plus marqué à 6 kHz (1 ms).

[0176] Le « tweeter » (et le moteur de nouvelle génération) selon l'invention possède donc de manière surprenante un plus haut rendement malgré l'absence de résonance mécanique dans la bande passante utile.

[0177] Ceci permet d'avoir une capacité dynamique et tenue en puissance augmenté de 1,5 dB soit **41 % de niveau sonore en plus tout en augmentant la qualité de restitution des aigus.**

[0178] Un tel ensemble de propriétés est tout à fait intéressant et surprenant.

Conclusion générale

[0179] A la lecture de la description ci-dessus, et du dessin annexé, l'homme de métier constate que, avec les divers essais effectués, et les essais de prototypes, les résultats et optimisations suivantes sont les meilleurs compromis. L'homme de métier saura les adapter et réaliser d'autres optimisations en utilisant les enseignements ci-dessus relatifs au choix des matériaux, notamment des aimants, du volume des aimants, de l'effet « tuyère » éventuel dû à la disposition et la forme en « venturi » du noyau, et / ou des segments d'aimant en « cône » ou tube « vertical » (la membrane étant la référence horizontale), c'est-à-dire vers l'arrière du moteur, des informations données par les différentes courbes dont le type et le sens sont tous bien connus de l'homme de métier, sans qu'il soit possible ici de décrire toutes les réalisations possibles se trouvant à la portée directe de l'homme de métier :

Epaisseur de la membrane : 25 à 50 microns, de préférence 25 microns.

Extension de la fréquence de coupure haute : 25 kHz - 45 kHz.

[0180] Capacité dynamique et tenue en puissance augmenté de 1,5 dB soit **41 % de niveau sonore en plus tout en augmentant la qualité de restitution des aigus.**

[0181] Membrane de manière très préférentielle en « dôme inversé » c'est-à-dire comme représenté sur les figures 1A 1C 1D.

[0182] Nature de la membrane : très préférentiellement le béryllium Be pur.

[0183] Aimants aimantés radialement disposés en segments autour du noyau, de préférence 5 segments, ou encore mieux 7 segments, et formant un tube « vertical » ou un « cône arrière » (ainsi que les pièces polaires noyau et plaque de champ) déplacé « vers l'arrière du moteur », ce qui permet de dégager astucieusement la zone de compression ZC et ainsi d'éviter toute compression de l'air sous la membrane ; augmentation de la surface de décompression, notamment à une valeur autour de 437 mm².

[0184] Longueur de rebouclage du circuit magnétique réduite avec notamment une valeur à 14,7 mm.

[0185] Baisse de la distorsion à 2 kHz qui tombe à 1 %.

[0186] La meilleure optimisation (c'est-à-dire optimisation APRÈS la mise en oeuvre du coeur de l'invention, c'est-à-dire du nouveau moteur, c'est-à-dire optimisation de l'INVENTION et non pas optimisation de l'art antérieur) donne :

- augmentation de la surface de décompression de 437 mm² à, dans le prototype, 1100 mm² soit plus du double,
- réduction de la longueur de rebouclage de 14,7 mm à, dans le prototype, 7,75 mm, c'est-à-dire la moitié.
- augmentation du champ magnétique du moteur de 0,2 teslas, qui dépasse donc les 2,05 teslas, et dépasse le point de saturation du fer doux.
- rendement de 95 dB à 98 dB,
- un « tweeter » couvrant 4 octaves, c'est-à-dire à large bande,
- capable d'opérer à *pleine puissance ou à plein niveau* à partir d'une valeur aussi basse que 2 kHz,
- capable de fournir une puissance élevée,
- le tout avec une très faible distorsion, un très faible traînage ou absence de coloration, une très bonne transparence,
- le tout à un coût de production restant compatible avec les produits très haut de gamme mais néanmoins « grand public » c'est-à-dire pouvant être produit industriellement (et non pas expérimentalement dans seulement un laboratoire comme certains appareils de l'art antérieur).

Matériels spécifiques et logiciels employés

Matériel ;

5 [0187]

- MLSSA TM (système de mesure acoustique - mesure de courbe réponse et d'impédance).
- 10 • AUDIO PRECISION TM (système de mesure acoustique - mesure de distorsion).
- DAAS TM (système de mesure acoustique - mesure de distorsion).
- 15 • Gausmètre (mesure magnétique).
- Chambre sourde.

20 Logiciels :

[0188]

- Solidworks TM (soft de dessin 3D).
- 25 • GEMINI TM (simulation magnétique).
- FEMM TM (simulation magnétique).

30 **[0189]** L'invention couvre également tous les modes de réalisation et toutes les applications qui seront directement accessibles à l'homme de métier à la lecture de la présente demande, de ses connaissances propres, et éventuellement d'essais simples de routine.

35

Revendications

1. Moteur pour enceinte acoustique et tout particulièrement pour un « tweeter » transducteur « aigu », **caractérisé en ce que** l'aimant 6 du moteur est transféré « vers l'arrière du moteur » ou « derrière le moteur » par « pivotement », l'aimant 6 devenant aligné à la bobine du transducteur, et **en ce que** l'ensemble aimants et pièces polaires, notamment une plaque de champ 9 et un noyau 7, est adapté pour suivre ce « pivotement », l'ensemble plaque de champ, aimant, noyau, étant coaxial ou sensiblement coaxial autour de l'axe de symétrie vertical de l'ensemble, et globalement en forme de tube ou cône tronqué « vertical » avec éventuellement un effet de tuyère, et éventuellement avec un effet de venturi, ceci par un ajout de métal au niveau du noyau, avec un sens d'aimantation « radial », pour dégager le volume ZC sous la membrane, et autoriser ainsi un volume plus important d'aimant et / ou un volume plus important de métal dans les pièces polaires, notamment le noyau 7 et la plaque de champ 9.

2. Moteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit transfert et ladite adaptation permettent de supprimer ou quasiment supprimer toute compression tout en autorisant un volume plus important d'aimant. 5
3. Moteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** au lieu d'ajouter un plus grand volume d'aimant, on ajoute plus de métal dans les pièces polaires. 10
4. Moteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** grâce au volume libéré on ajoute un volume supplémentaire d'aimant et un volume supplémentaire de métal dans une ou les pièces polaires. 15
5. Moteur selon la revendication 1, **caractérisé en ce que** ledit aimant est fractionné en plusieurs segments d'aimants 6A, 6B, 6C, ... disposés verticalement ou selon un certain angle par rapport à la verticale, notamment aimants en position verticalement colinéaires, autour du noyau 7, et coaxiaux avec la plaque de champ 9, en laissant subsister un entrefer 2 pour loger la bobine 3. 20
6. Moteur selon la revendication 2, **caractérisé en ce que** lesdits segments et pièces polaires, notamment le noyau et les plaques de champ, forment un cône tronqué « vertical » sous la membrane avec effet de « tuyère » autour du noyau 7. 25
7. Moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** la nature de l'aimant est le néodyme, notamment N38M, Br 12,2 kGs, ou éventuellement N48M, Br 13,6 kGs. 30
8. Moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, **caractérisé en ce que** les pièces polaires est un ferrocobalt au lieu du fer doux éventuellement traité thermiquement comme à 850° C / 3 heures et jusqu'à 950° C. 35
9. Moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 5, **caractérisé en ce que** le métal est un fer doux E24. 40
10. Moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6, **caractérisé par** la bobine suivante : la bobine possède une inductance de 0,03 mH, une résistance électrique de 6 ohms et un diamètre de fil de 0,08 mm. 45
11. Moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 7, **caractérisé en ce qu'il** est choisi parmi les suivants, avec un champ moyen de 2,05 teslas et notamment un champ supérieur à 2 teslas, qui dépasse le point de saturation du fer doux : 50

A

- l'aimant utilisé est du néodyme : N38M,
- le métal utilisé est un fer doux : E24,
- longueur de la plus petite boucle du circuit : 14,7 mm,
- surface d'échange entre l'aimant et le E24 : 7,8 cm³,
- quantité d'aimant : 6,1 cm³ ;

le métal utilisé est un fer doux : E24 longueur de la plus petite boucle du circuit (de champ magnétique) : 10,82 mm quantité d'aimant : 6,05 cm³ ;

B

- l'aimant utilisé est du néodyme : N38M
- le métal utilisé est un fer doux : E24
- longueur de la plus petite boucle du circuit : 7,75 mm
- quantité d'aimant : 10,5 cm³
- surface d'échange entre l'aimant et le E24 : 25,3cm³;
- surface de décompression est de 1 115mm²;
- champs moyen dans l'entrefer : 2,1 teslas;
- champs maxi dans le métal : 2,28 teslas;

(gain surprenant sur le niveau du « tweeter » de +1,5 dB)

C

Moteur en ferrocobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,55 teslas;
- champs maxi dans le métal : 2,8teslas;

D

Moteur avec uniquement le noyau plus coupole en ferrobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,5 teslas;
- champs maxi dans le métal : 2,8 teslas;

E

Moteur avec uniquement le noyau en ferrocobalt :

- champs moyen dans l'entrefer : 2,42 teslas;
- champs maxi dans le métal : 2,8 teslas;

F

Moteur avec suppression total de la pièce en métal fer doux E24;
 Champs simulé sans défaut : 2,5 teslas;
 Champs réel mesuré : 2,18 teslas;
 Champs simulé sans la pièce extérieure en E24 : 2,35 teslas.

12. « Tweeter » large bande c'est-à-dire couvrant 4 octaves, à haut rendement de 95 dB à 98 dB, permettant un fonctionnement à pleine puissance de 1 kHz à 40 kHz, de préférence de 2 à 35 kHz, avec une très bonne tenue en puissance, une capacité dynamique et tenue en puissance augmenté de 1,5 dB soit 41 % une faible distorsion, une absence de coloration, un gain 25 kHz - 45 kHz, **caractérisé en ce qu'il** comporte un moteur selon l'une quelconque des revendications 1 à 11. 5
10
13. « Tweeter » selon la revendication 12, **caractérisé en ce que** sa membrane est en beryllium pur (Be).
14. « Tweeter » selon la revendication 12 ou 13, **caractérisé en ce que** l'épaisseur de membrane est de 2,5 mm à 5,0 mm de préférence 1,5 mm. 15
15. « Tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 14, **caractérisé en ce que** le poids de la membrane est de 60 mg. 20
16. « Tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 15, **caractérisé en ce que** sa membrane est en dôme dit « inversé ». 25
17. « Tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 16, **caractérisé en ce que** sa zone de compression ZC c'est-à-dire le volume situé entre l'aimant et sous la membrane est dégagé, c'est-à-dire qu'il laisse circuler l'air y compris latéralement et évite ainsi toute compression dudit air se trouvant sous la membrane. 30
18. « Tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 17, **caractérisé en ce que** le diamètre de la surface de décompression est réduite jusqu'à environ 50 - 70 et notamment 64 mm². 35
19. « Tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 18, avec une baisse de la distorsion à 2 kHz à 1 %, **caractérisé par** : 40
- l'épaisseur de la surface amincie par la décompression : 1,5 mm, 45
 - la surface amincie par la décompression réduite jusqu'à un diamètre de 64 mm,
 - dimensions des pattes de fixation du moteur ont été augmentées à 8x12 mm
 - réduction de la surface de décompression de 437 mm². 50
20. Enceinte acoustique **caractérisée en ce qu'elle** comporte un « tweeter » selon l'une quelconque des revendications 12 à 19. 55

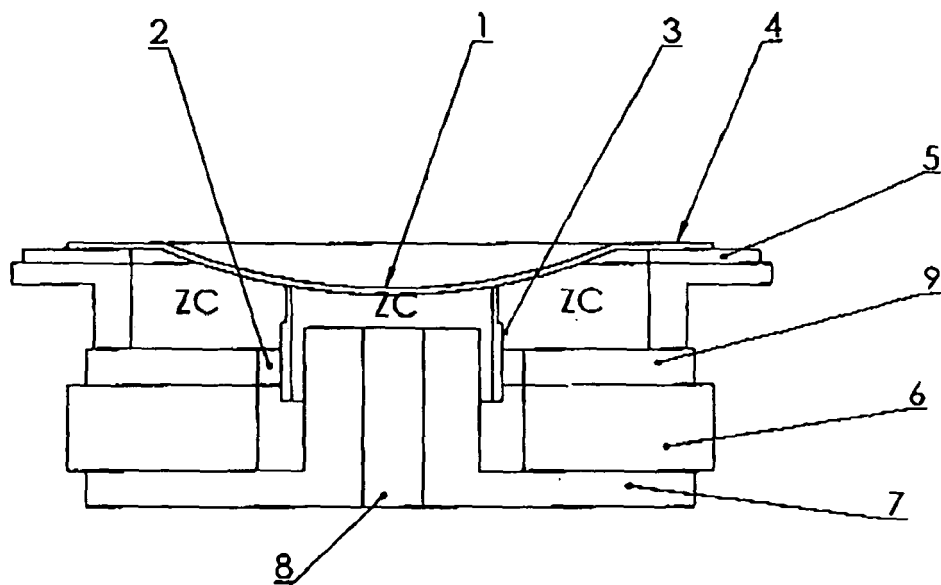


Fig. 1A

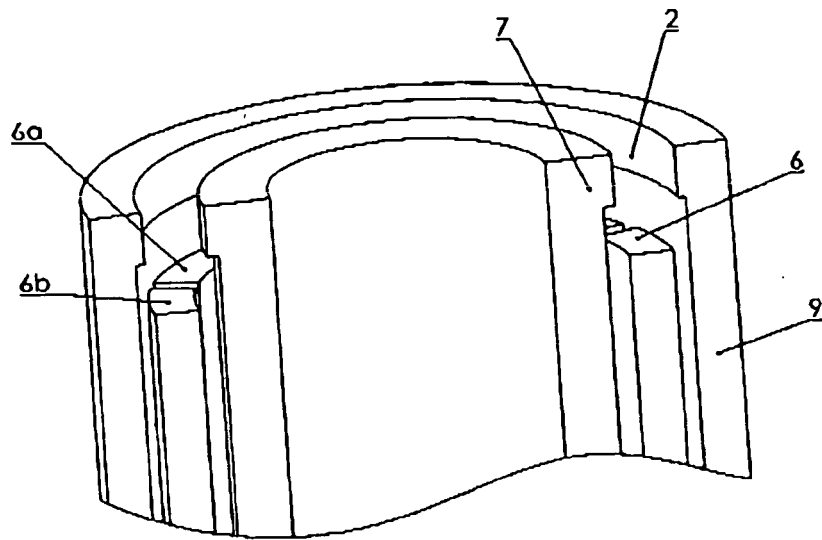


Fig. 1B

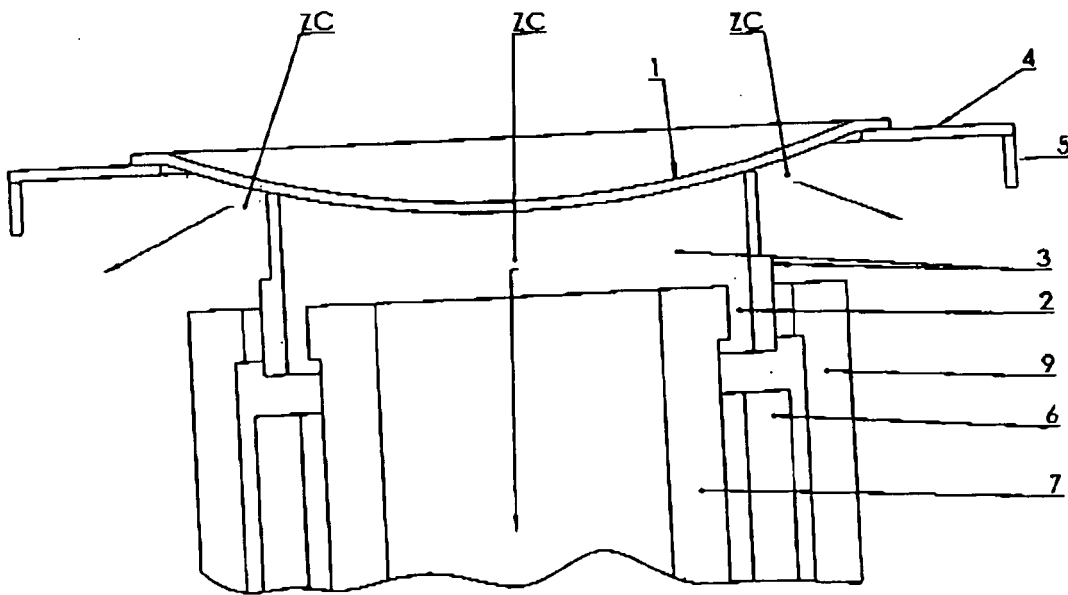


Fig. 1C

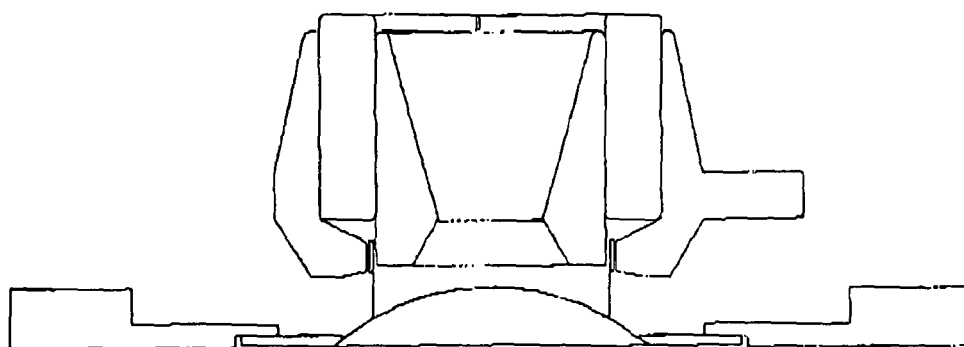


Fig. 1D

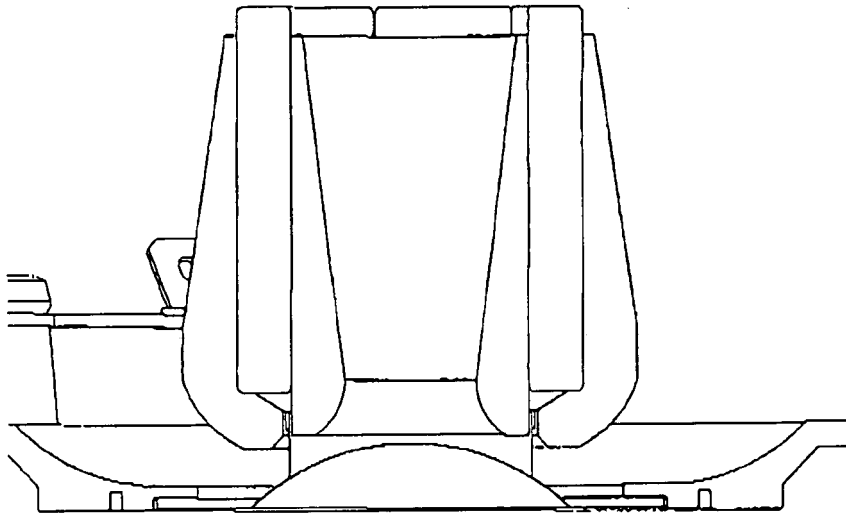


Fig. 2

Fig. 3A

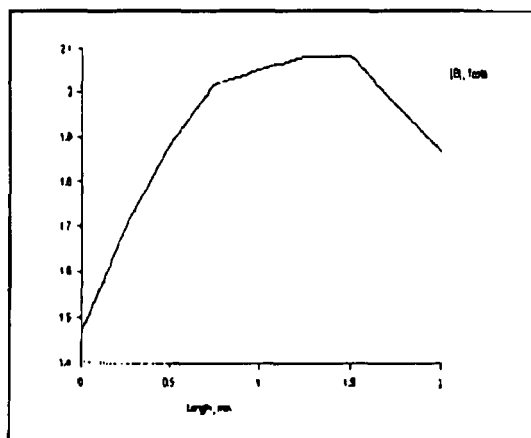
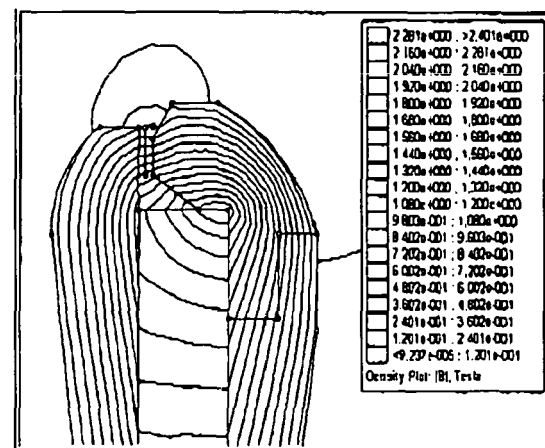


Fig. 3B

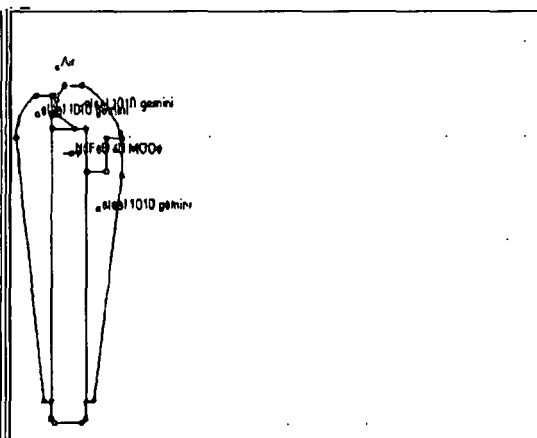


Fig. 3C

Fig. 3

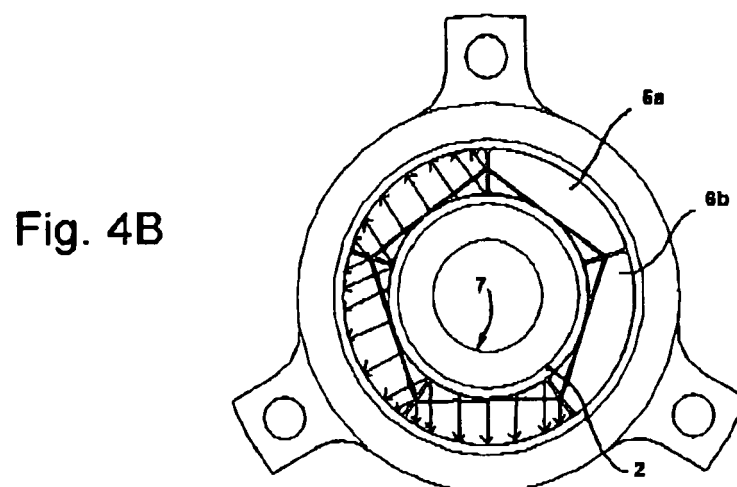
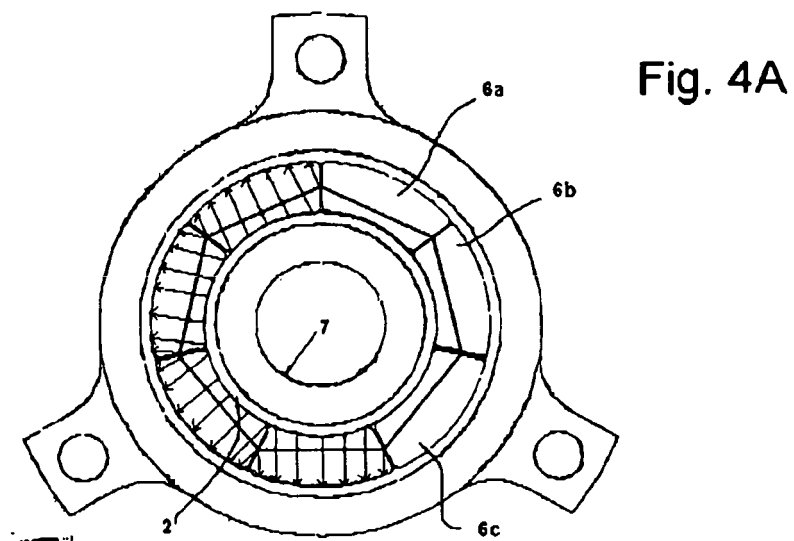


Fig. 4

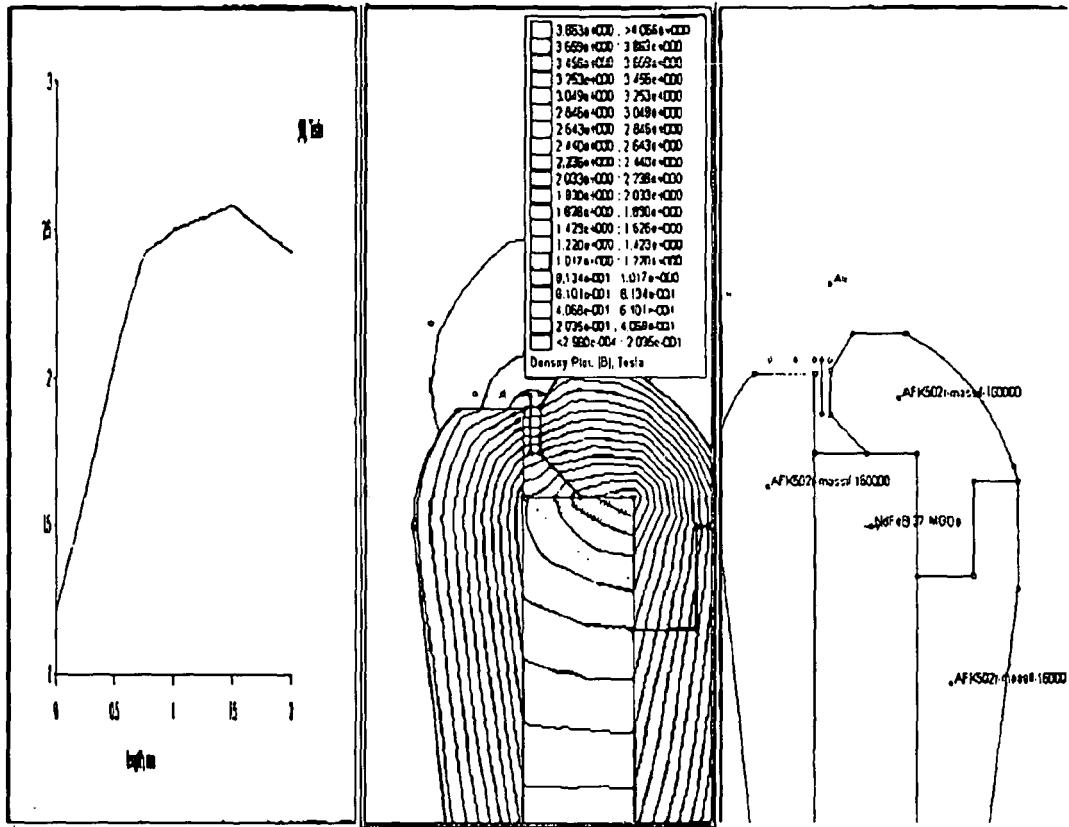


Fig. 5

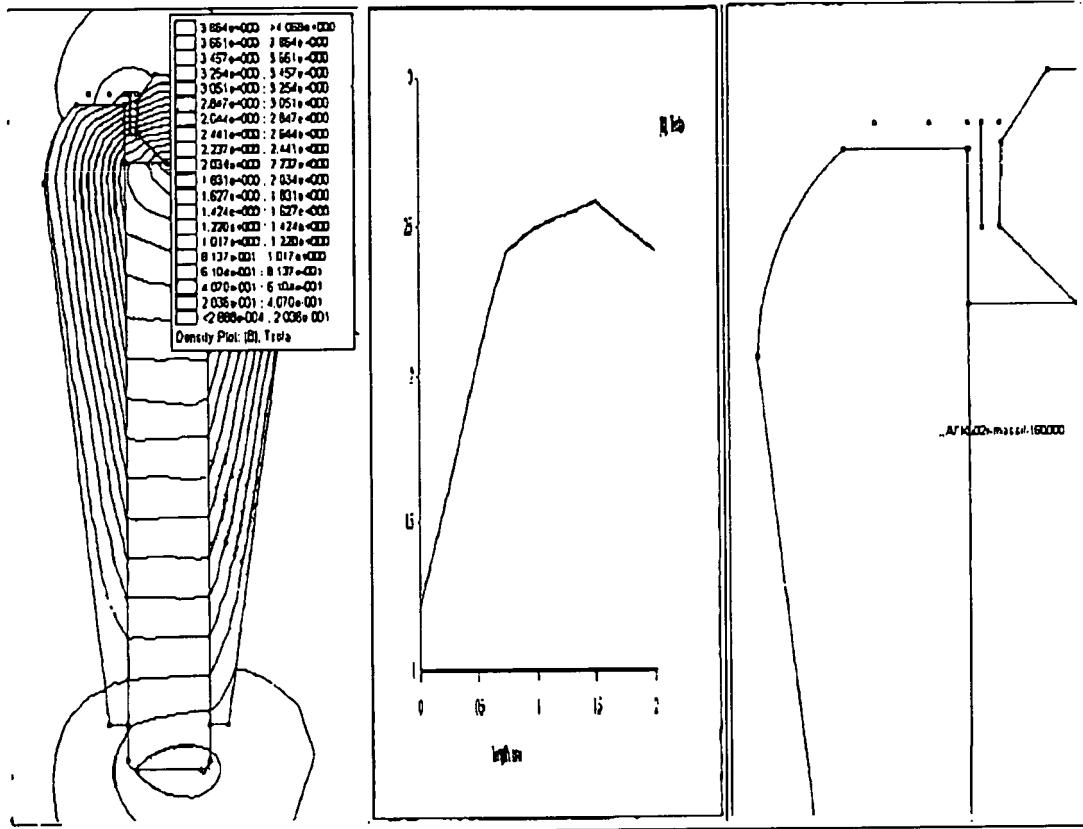


Fig. 6A

Fig. 6B

Fig. 6C

Fig. 6

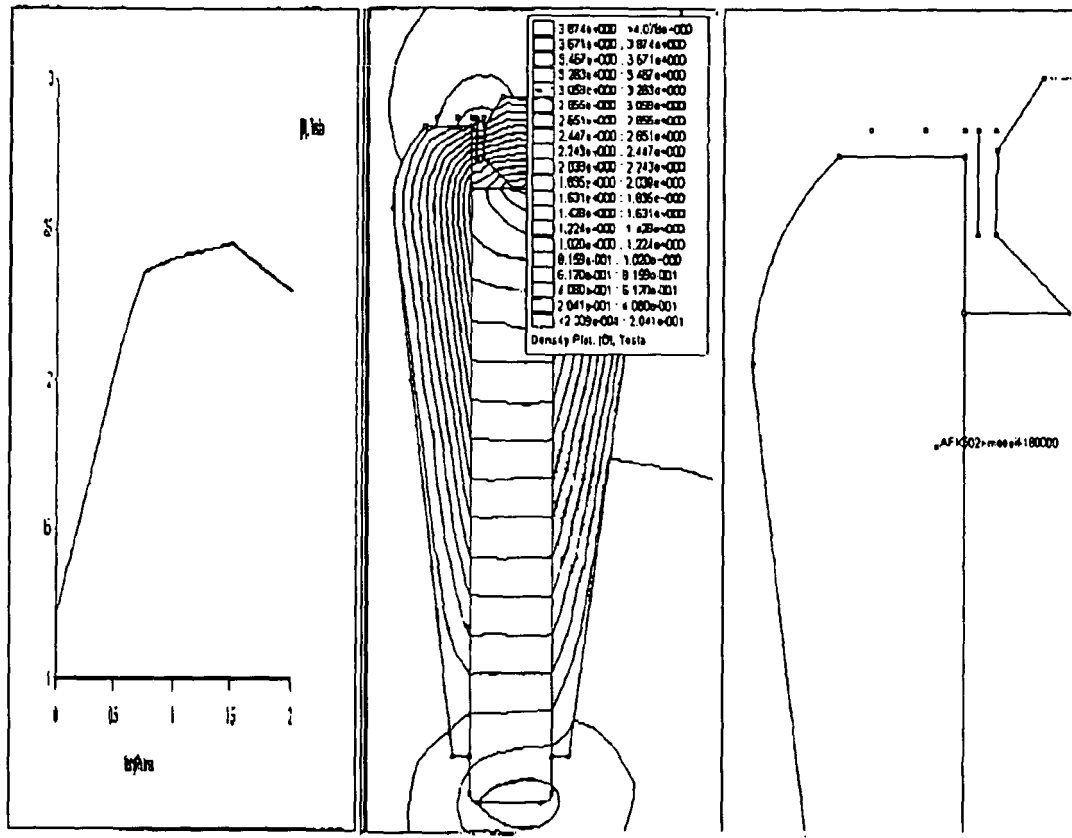


Fig. 7A

Fig. 7B

Fig. 7C

Fig. 7

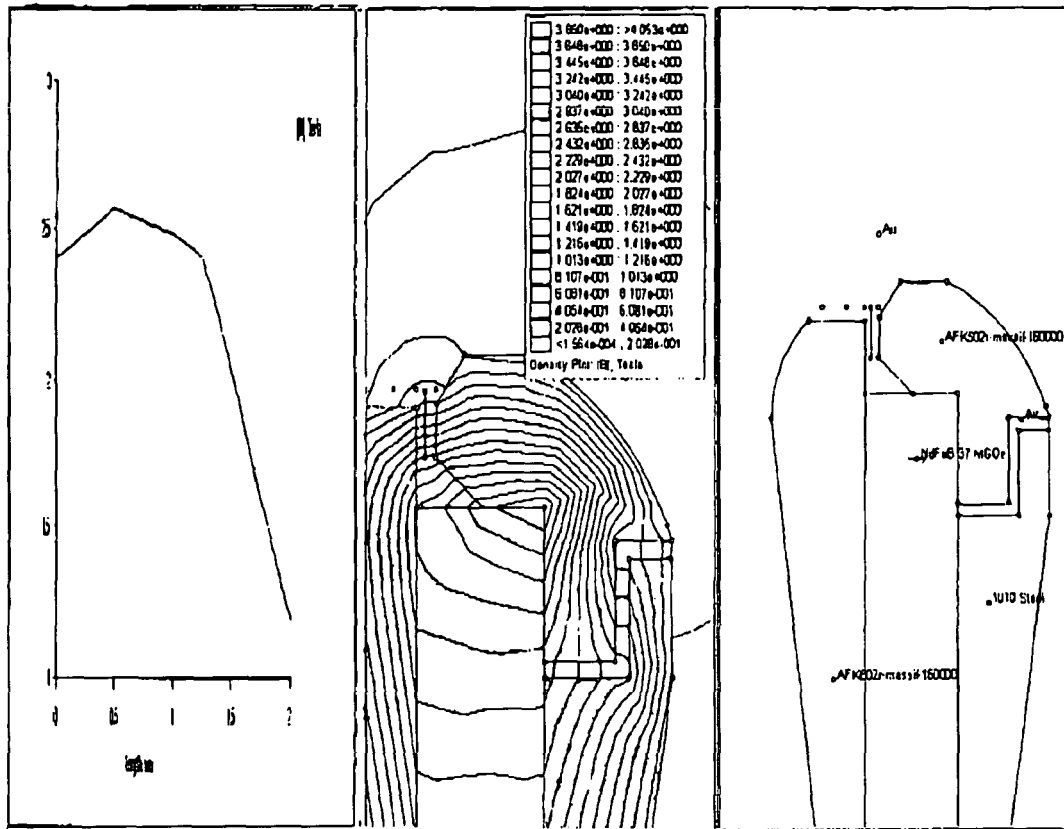


Fig. 8A

Fig. 8B

Fig. 8C

Fig. 8

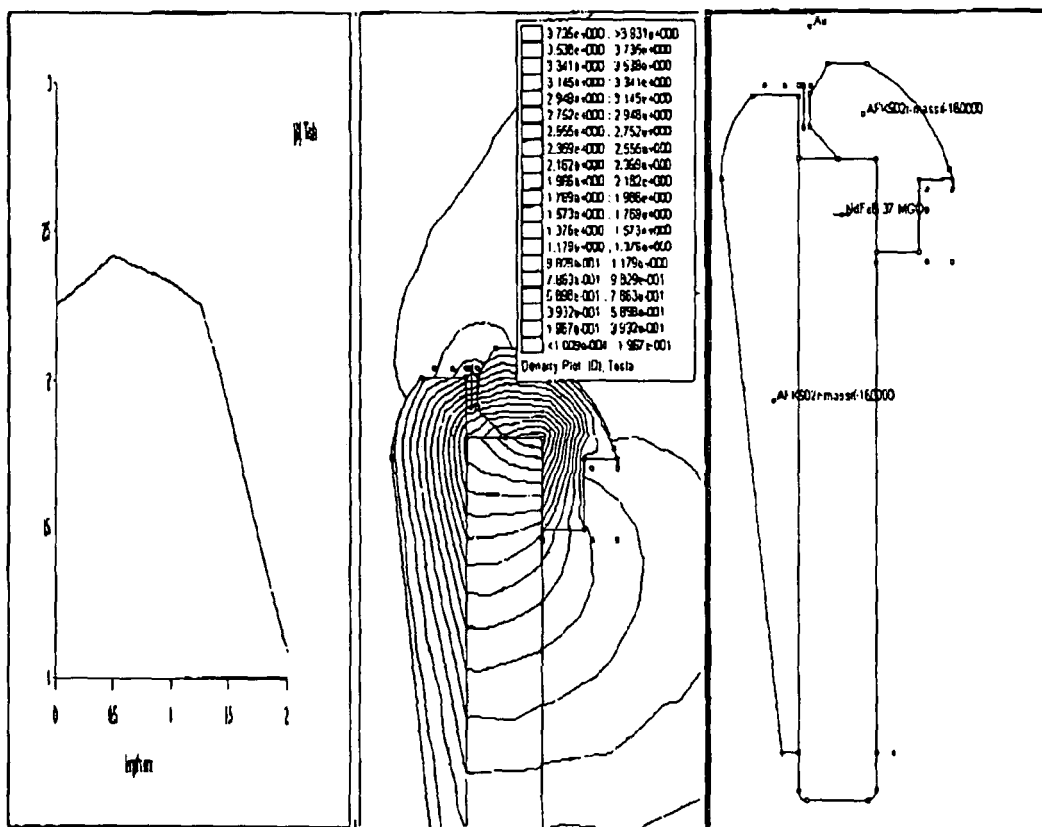


Fig. 9A

Fig. 9B

Fig. 9C

Fig. 9

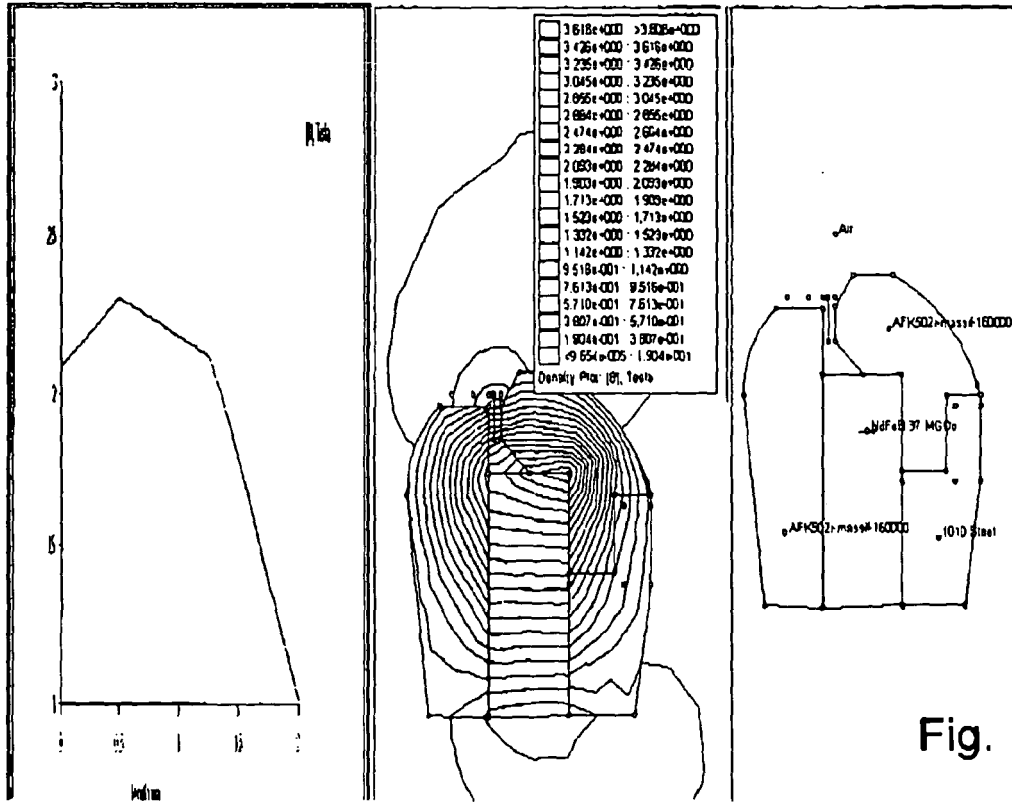


Fig. 10A

Fig. 10B

Fig. 10C

Fig. 10

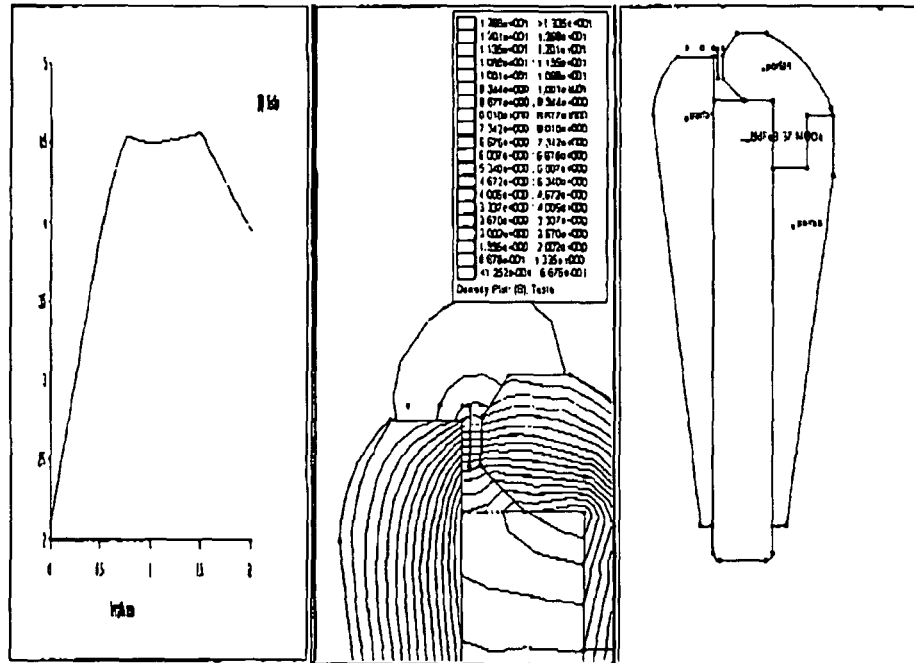


Fig. 11A

Fig. 11B

Fig. 11C

Fig. 11

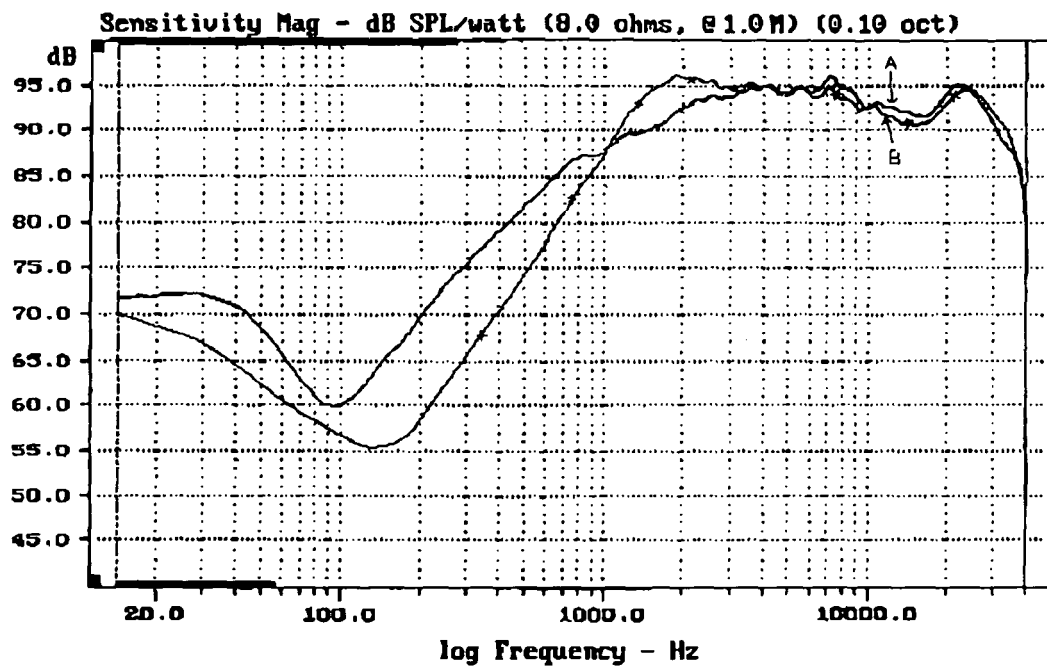


Fig. 12

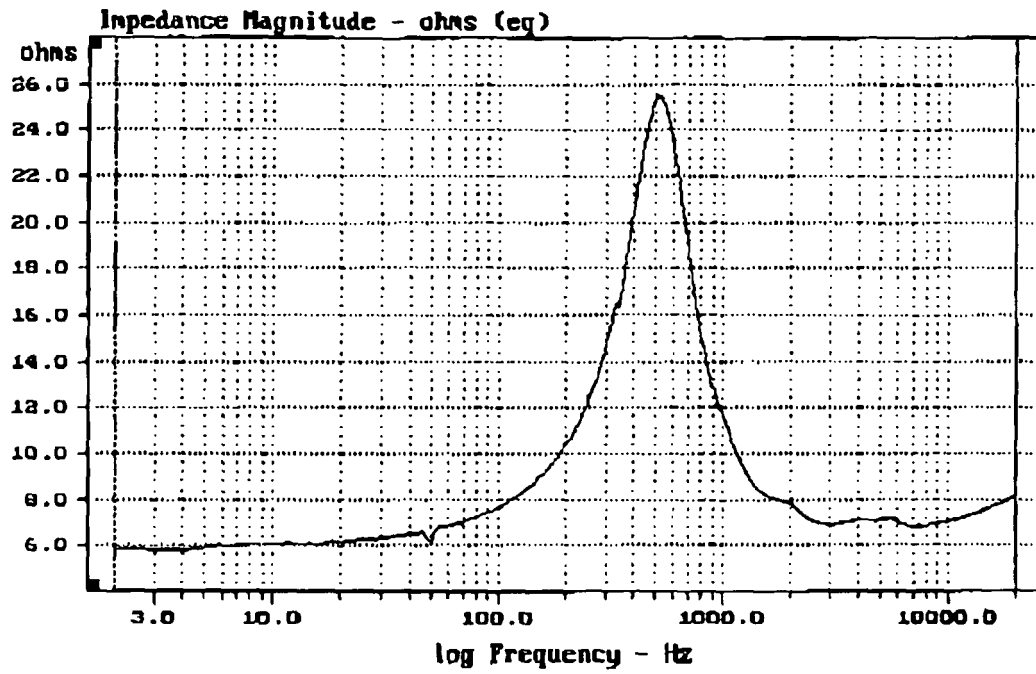


Fig. 13

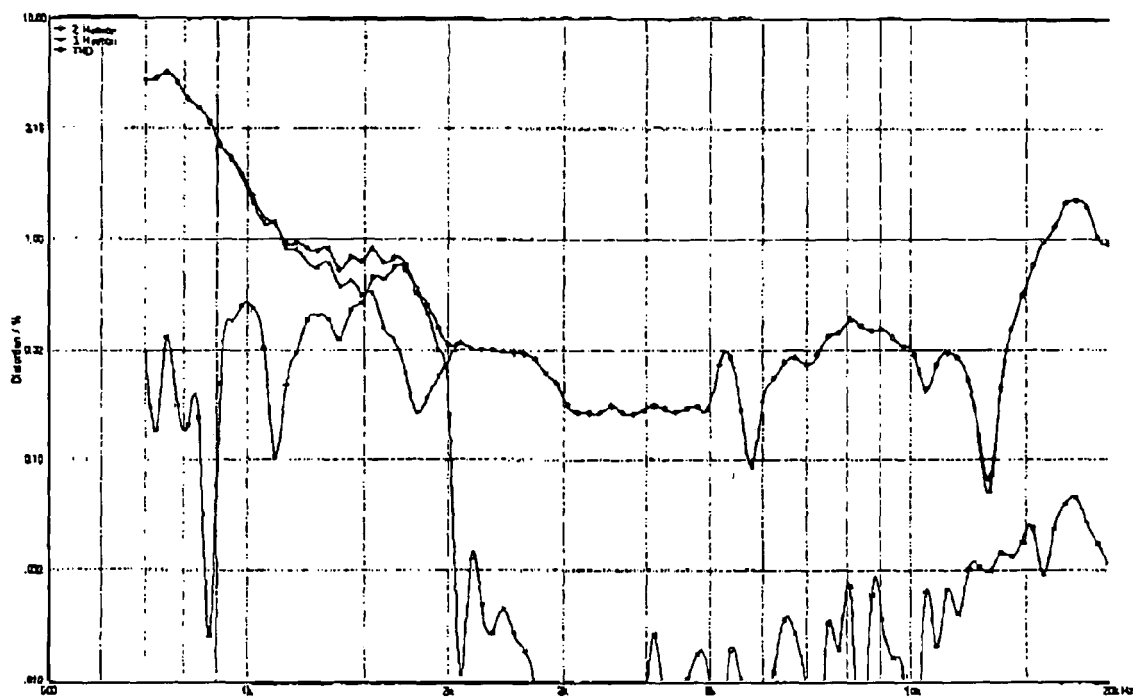


Fig. 14

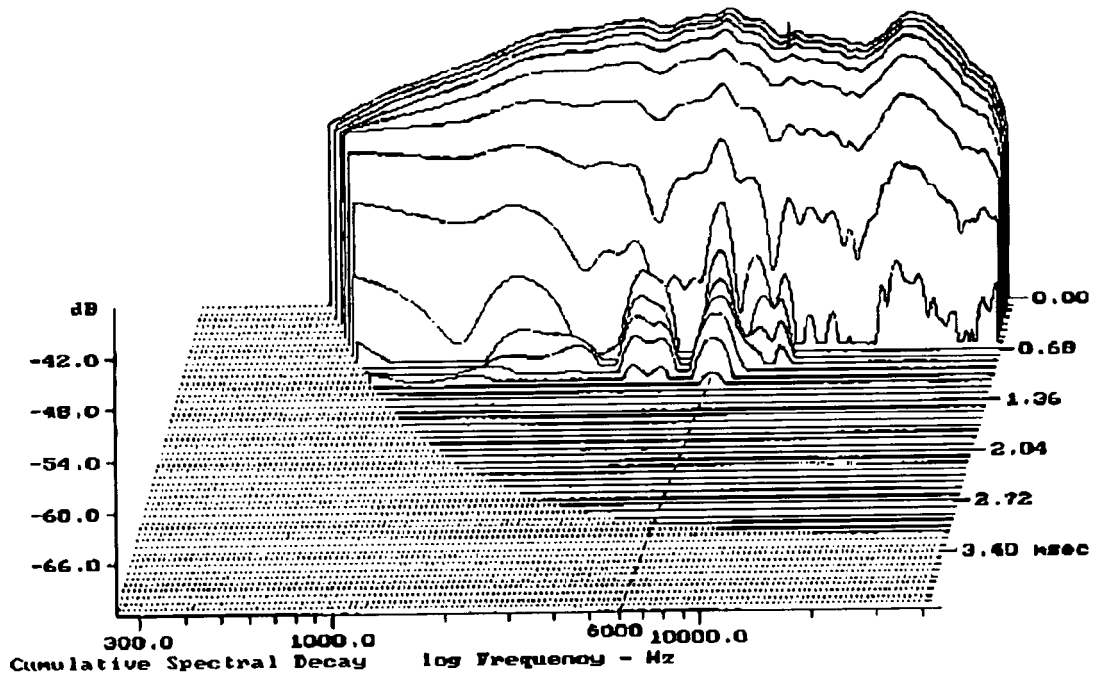


Fig. 15



RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE

Numéro de la demande

EP 08 29 0595

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (IPC)
X	US 6 636 612 B1 (NORTH DONALD J [US] ET AL) 21 octobre 2003 (2003-10-21) * figures 1,4 *	1,5,16, 20	INV. H04R9/02 H04R9/06
X	* le document en entier *	10,13,15	H04R1/22 H02K1/06
X	GB 703 809 A (TANNOY LTD) 10 février 1954 (1954-02-10) * figure 1 *	1	ADD. H04R7/12 H04R1/30
X	EP 0 644 706 A (SONY CORP [JP]) 22 mars 1995 (1995-03-22) * figures 1,5 *	1	
A	US 2004/008857 A1 (MARNIE GLENN ARTHUR [US] MARNIE GLENN A [US]) 15 janvier 2004 (2004-01-15) * figures 3,5,7 *	1,5,10, 13,15, 16,20	
A	WO 2004/034737 A (NEW TRANSDUCERS LTD [GB]; GRAHAM BANK [GB]) 22 avril 2004 (2004-04-22) * figure 4 *	1	
A	US 6 968 069 B1 (ZHAO ZHIJUN [US]) 22 novembre 2005 (2005-11-22) * colonne 1, ligne 12-17 *	1	
A	EP 1 703 765 A (SAGREN ANDERS [SE]) 20 septembre 2006 (2006-09-20) * figure 2b *	1	
A	FR 2 854 021 A (FOCAL JMLAB [FR]) 22 octobre 2004 (2004-10-22) * le document en entier *	13	
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche		Date d'achèvement de la recherche	Examineur
La Haye		26 février 2009	Fachado Romano, A
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : arrière-plan technologique O : divulgation non-écrite P : document intercalaire T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet antérieur, mais publié à la date de dépôt ou après cette date D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant			

EPO FORM 1503 03.82 [P4/C02]

**ANNEXE AU RAPPORT DE RECHERCHE EUROPEENNE
RELATIF A LA DEMANDE DE BREVET EUROPEEN NO.**

EP 08 29 0595

La présente annexe indique les membres de la famille de brevets relatifs aux documents brevets cités dans le rapport de recherche européenne visé ci-dessus.
Lesdits membres sont contenus au fichier informatique de l'Office européen des brevets à la date du
Les renseignements fournis sont donnés à titre indicatif et n'engagent pas la responsabilité de l'Office européen des brevets.

26-02-2009

Document brevet cité au rapport de recherche		Date de publication	Membre(s) de la famille de brevet(s)	Date de publication
US 6636612	B1	21-10-2003	AUCUN	
GB 703809	A	10-02-1954	AUCUN	
EP 0644706	A	22-03-1995	DE 69431177 D1 DE 69431177 T2	19-09-2002 08-05-2003
US 2004008857	A1	15-01-2004	AUCUN	
WO 2004034737	A	22-04-2004	AU 2003278307 A1 CN 1703931 A GB 2408167 A HK 1071982 A1 US 2006165251 A1	04-05-2004 30-11-2005 18-05-2005 14-10-2005 27-07-2006
US 6968069	B1	22-11-2005	AUCUN	
EP 1703765	A	20-09-2006	AUCUN	
FR 2854021	A	22-10-2004	AU 2004231892 A1 CA 2522519 A1 CN 1774954 A EP 1618761 A2 WO 2004095881 A2 JP 2006523981 T KR 20060008898 A US 2006113144 A1	04-11-2004 04-11-2004 17-05-2006 25-01-2006 04-11-2004 19-10-2006 27-01-2006 01-06-2006

EPO FORM P0480

Pour tout renseignement concernant cette annexe : voir Journal Officiel de l'Office européen des brevets, No.12/82

RÉFÉRENCES CITÉES DANS LA DESCRIPTION

Cette liste de références citées par le demandeur vise uniquement à aider le lecteur et ne fait pas partie du document de brevet européen. Même si le plus grand soin a été accordé à sa conception, des erreurs ou des omissions ne peuvent être exclues et l'OEB décline toute responsabilité à cet égard.

Documents brevets cités dans la description

- EP 02291719 A [0165]