

(19) RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

(11) N° de publication : 2 690 994  
(à n'utiliser que pour les commandes de reproduction)  
(21) N° d'enregistrement national : 92 05499  
(51) Int Cl<sup>5</sup> : G 01 R 23/165, H 04 R 17/00

(12)

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

(22) Date de dépôt : 05.05.92.

(30) Priorité :

(71) Demandeur(s) : Société dite: THOMSON-CSF  
(Société Anonyme) — FR.

(43) Date de la mise à disposition du public de la demande : 12.11.93 Bulletin 93/45.

(56) Liste des documents cités dans le rapport de recherche : Se reporter à la fin du présent fascicule.

(60) Références à d'autres documents nationaux apparentés :

(72) Inventeur(s) : Desbois Jean.

(73) Titulaire(s) :

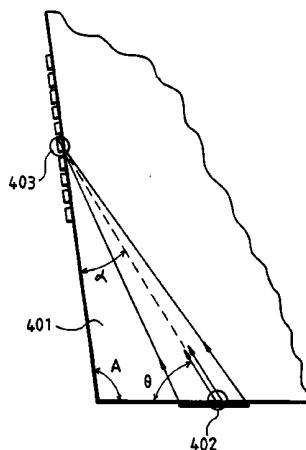
(74) Mandataire : Desperrier Jean-Louis.

(54) Analyseur de spectre à ondes acoustiques de volume.

(57) L'invention concerne les analyseurs de spectre qui fonctionnent par déflexion et focalisation d'une onde de volume.

Elle consiste à réaliser au moins un transducteur (403) d'un tel analyseur sous forme de peignes interdigités. Les autres transducteurs (402) seront de préférence eux aussi réalisés sous forme de peignes interdigités.

Elle permet d'obtenir un meilleur filtrage de chaque voie et donc une meilleure réponse de l'analyseur.



FR 2 690 994 - A1



**Analyseur de spectre à ondes  
acoustiques de volume**

La présente invention se rapporte aux analyseurs de spectre qui utilisent pour séparer les différentes raies spectrales la propagation des ondes acoustiques de volume à l'intérieur d'un matériau adéquat. Ces 5 dispositifs sont aussi connus dans la littérature anglo-saxonne sous le terme de "Bulk Acoustic Waves Focused Acoustic Spectrum Transform", abrégé sous le sigle BAW-FAST.

Les dispositifs de ce genre connus jusqu'à présent 10 sont constitués de la manière représentée schématiquement sur la figure 1.

Ils se composent d'un corps 101 de forme parallélépipédique réalisé en un matériau apte à transmettre les ondes de volume hyperfréquences, des monocristaux généralement. Sur l'une des petites faces latérales de ce corps on a fixé un transducteur électroacoustique 102 qui émet le signal électrique à analyser.

Ce transducteur électroacoustique est réalisé de 20 manière connue pour pouvoir émettre à l'intérieur du corps 101 des ondes acoustiques de volume, qui sont à la fois défléchies vers l'une des grandes faces latérales du corps et focalisées sur cette face. Ceci peut se faire très simplement, par exemple en segmentant le 25 transducteur et en espaçant les segments de telle manière que l'espace entre deux éléments consécutifs varie progressivement le long du transducteur, ce qui correspond à la technique connue sous la terminologie anglo-saxonne de "Shirped Transducer".

Ainsi pour une fréquence donnée, correspondant 30 elle-même à une raie spectrale déterminée, les ondes acoustiques de volume sont focalisées en un point pré-

cis du plan de réception formé par cette grande face latérale. La position de ce point dépend de la fréquence. On a alors, pour analyser une bande de fréquence donnée, disposé sur cette face de réception un ensemble de N transducteurs de réception 103, correspondant chacun à l'une des sous-bandes de la bande analysée. En d'autres termes, on a ainsi réalisé une banque de N filtres.

Une autre technique, qui n'est pas fondamentalement différente, consiste, comme représenté sur la figure 2, à réaliser l'antenne d'émission 202 de manière à obtenir uniquement la déflexion. Les segments de l'antenne 202 sont alors équidistants. Les ondes de volume sont alors réfléchies sur la face 204 du corps 201 opposée à la face d'émission supportant le transducteur 202, vers le transducteur de réception 203 porté par la même face que ce transducteur 202. Pour obtenir la focalisation, on donne alors à la face réfléchissante 204 une forme courbe qui permet de focaliser les ondes de volume à la manière d'un miroir concave.

Les transducteurs d'entrée et de sortie sont jusqu'à présent réalisés selon une technologie utilisée de manière courante pour exciter dans un matériau des ondes de volume, et qui est représentée schématiquement en coupe sur la figure 3.

Dans cette technologie, on dépose sur le corps 101 une couche métallique conductrice 305, qui forme une électrode, généralement de masse. On fixe ensuite sur cette couche conductrice des segments 306 en matériau piézoélectrique, et on termine en recouvrant ces segments par des électrodes 307 sur lesquelles sont fixées les connexions avec l'extérieur.

Sous l'effet des tensions électriques appliquées entre les électrodes 307 et l'électrode 305, les seg-

ments piézoélectriques 306 vibrent normalement à la surface du corps 101, ce qui provoque l'apparition dans celui-ci d'ondes de volume qui se propagent vers l'intérieur du corps à partir des électrodes ainsi réalisées.

En fait, les segments 306 et les électrodes 307 sont réalisés à partir de couches continues qui sont ensuite découpées par un procédé connu, photolithographie par exemple.

Cette technologie présente un certain nombre d'inconvénients, en particulier elle nécessite plusieurs niveaux de masquage, et des soudures dont on ne maîtrise pas bien ni les dimensions ni la qualité.

Pour pallier ces inconvénients, l'invention propose un analyseur de spectre à ondes de volume, du type comportant un corps destiné à transmettre des ondes de volume, un transducteur d'entrée permettant d'injecter dans le corps des ondes de volume dont la direction de propagation dépend de la fréquence d'un signal d'entrée appliqué sur ce transducteur, et un ensemble de transducteurs de sortie destinés à recevoir les ondes de volume émises par le transducteur d'entrée, chacun de ces transducteurs de sortie étant situé sur une face du corps à un endroit où vient se focaliser l'onde de volume correspondant à une fréquence déterminée, principalement caractérisé en ce que l'un au moins de ces transducteurs est un transducteur en peignes interdigités.

D'autres particularités et avantages de l'invention apparaîtront clairement dans la description suivante, présentée à titre d'exemple non limitatif en phase des figures annexées qui représentent :

- la figure 1, une vue schématique d'un dispositif selon l'art connu ;

- la figure 2, une vue schématique d'une variante de dispositif selon la figure 1 ;
- la figure 3, une vue schématique en coupe des transducteurs des dispositifs selon l'art connu ;
- 5 - la figure 4, une vue en coupe partielle et limitée à l'essentiel de l'invention d'un dispositif selon l'invention ;
- la figure 5, une vue détaillée d'un transducteur de réception du dispositif de la figure 4 ;
- 10 - la figure 6, une vue détaillée du transducteur d'émission de la figure 4 ;
- la figure 7 une courbe de réponse d'un dispositif selon l'invention ; et
- 15 - la figure 8 une vue en plan de deux transducteurs de réception selon l'invention.

Selon l'invention, on utilise, comme représenté sur les figures 4 à 6, des transducteurs, ayant la forme de peignes interdigités et dont le dimensionnement permet d'exciter et de recevoir des ondes de volume à l'intérieur du corps sur lequel ils sont déposés. Dans l'exemple décrit les transducteurs d'émission et de réception sont réalisés, ainsi, mais on pourrait n'avoir que les uns ou les autres selon cette technique. Ce corps sera réalisé en un matériau lui-même piézoélectrique, de façon à ce que ces peignes puissent être réalisés par simple métallisation de la surface sur laquelle ils reposent puis gravure de cette métallisation par un procédé quelconque, photolithographique par exemple. Cette technique, très semblable à celle utilisée pour la réalisation des filtres à ondes de surface, utilise qu'un seul niveau de masquage et permet d'obtenir des électrodes très adhérentes à la surface sur laquelle elles reposent.

On sait que de telles électrodes en forme de peigne, présentant une période  $P$  entre deux doigts de

même polarité, sont couramment utilisées pour exciter des ondes de surface dont la longueur d'onde  $\lambda_s$  est égale à cette période  $P$ , la fréquence d'excitation étant bien entendue choisie en fonction de cette période.

On sait aussi que, lorsque la fréquence augmente au-delà de celle-ci on excite également des ondes de volume se propageant dans une direction  $\theta$  telle que  $\lambda_v = P \cos \theta$   $\lambda_v$  étant la longueur d'onde de volume. On sait que  $\lambda_v$  est donnée par  $\lambda_v = v_v/f$ ,  $v_v$  étant la vitesse de propagation de l'onde de volume. Dans le cas des dispositifs à ondes de surface, ces ondes de volume sont gênantes et on a imaginé divers procédés pour les éliminer.

Le dispositif selon l'invention, représenté en figure 4, comprend un corps 401 dont on a représenté que la partie mettant en oeuvre l'invention, le reste étant de forme quelconque. Cette partie comprend deux faces formant entre elles un angle A. Selon l'invention celui-ci est obtus et sa valeur est donc supérieure à  $90^\circ$ . Ce corps est formé d'un matériau piézoélectrique permettant de propager des ondes de volume de manière satisfaisante, tel que le niobate de lithium par exemple.

Sur l'une des faces de ce corps, on a réalisé, de la manière décrite plus haut, un transducteur d'émission 402 formé de deux peignes interdigités.

On a représenté sur la figure 6 une portion agrandie de ce transducteur 402 correspondant au cercle figuré sur la figure 4. La coupe est faite selon l'axe des peignes et perpendiculairement aux doigts de ceux-ci. On remarque donc une succession de doigts de peigne 404 et 405, qui sont portés respectivement à un potentiel noté "+" et à un potentiel noté "-". De cette manière, le champ électrique entre ces doigts

permet de faire contracter alternativement par effet piézoélectrique le matériau du corps 401, et d'obtenir l'émission d'une onde de volume se propageant avec un angle  $\theta$  à partir de la surface où reposent les électrodes. Selon la fréquence du signal appliqué aux électrodes, cet angle  $\theta$  varie et le faisceau se dirige donc vers des emplacements différents de la surface du corps 401 formant l'autre côté de l'angle A.

En outre, pour obtenir un effet de focalisation, on utilise un espace-ment variable entre les doigts des peignes, croissant quand augmente la distance à l'arête du prisme. De cette manière, comme représenté de manière agrandie et schématique sur la figure 6, les rayons émis par les paires élémentaires de doigts présentent un léger décalage angulaire entre eux pour rester en phase avec une différence de marche égale à un multiple entier de  $\lambda$ . Ceci permet d'obtenir une focalisation en un point déterminé du corps dans lequel se propagent les ondes. En dimensionnant de manière adéquate et connue l'espace-ment entre les doigts des deux peignes, on peut obtenir une focalisation qui, compte tenu du balayage dû à la fréquence, se situe pour toute la bande de fréquence du signal appliquée au transducteur d'émission à peu près sur l'autre surface formant l'angle A.

On a représenté sur la figure 5 une vue agrandie de l'un des transducteurs de réception 403. Ce transducteur est formé de deux peignes imbriqués comportant chacun respectivement des dents 414 et 415, représentées en coupe transversale sur la figure.

Comme on l'a vu précédemment, le faisceau partant de la face supportant le transducteur d'émission 402 avec un angle  $\theta$  arrive sur la face supportant le transducteur récepteur 403 avec un angle  $\alpha$ . Compte tenu de la longueur d'onde  $\lambda$  pour la fréquence d'émission

sion correspondant à l'inclinaison  $\theta$ , le pas entre les dents des peignes du transducteur de réception correspondant à  $\theta$  est à peu près constant et sa valeur est calculée pour que l'onde acoustique vienne exciter en phase ces dents successives. On a représenté sur la figure, d'une manière très schématique, cette longueur d'onde  $\lambda$  sous la forme d'une série de traits, correspondant par exemple aux ventres ou aux noeuds de pression de l'onde qui se propage. L'accord de phase est illustré sur cette figure par le fait que ces raies viennent intercepter chacune une dent des peignes.

Un tel transducteur à peignes interdigités introduit en soi un filtrage sur l'onde reçue, puisque bien entendu et contrairement au schéma simplifié de la figure un transducteur de réception ne reçoit pas seulement l'onde de volume exactement adaptée en phase à l'écartement de ses doigts. En effet les fréquences à analyser dans le signal d'entrée du transducteur d'émission n'ont aucune raison d'être réparties sur des raies pures, correspondant chacune à un transducteur de réception, et il faut considérer pour chacun de ces transducteurs de réception une certaine bande passante ; l'ensemble des bandes passantes des transducteurs de réception recouvrant la bande de fréquences du signal à analyser. En outre la focalisation ne se fait pas comme dans la manière idéale représentée sur la figure 4, mais selon un diagramme de rayonnement présentant un lobe principal d'une certaine largeur pouvant éventuellement exciter un niveau plus faible les transducteurs adjacents, et éventuellement des lobes secondaires pouvant venir exciter au hasard d'autres transducteurs de réception.

Dans ces conditions, la fonction de filtrage propre aux transducteurs de réception individuels vient s'ajouter à la fonction de filtrage due au ba-

layage du faisceau principal, ce qui permet d'améliorer cette dernière.

On a représenté sur la figure 7 la fonction de transfert correspondant à un transducteur de réception isolé dont la fréquence centrale, pour laquelle l'accord de phase est parfait, est fixée à 2000 MHz.

La courbe de réponse globale est celle représentée en traits continus. Elle présente des ondulations rapides correspondant à une fonction sensiblement en sinus  $x/x$ , qui correspond au filtrage par déflexion à partir du transducteur d'émission.

Cette fonction se rajoute à une autre fonction en sinus  $x/x$ , notée F sur la figure, dont les ondulations sont beaucoup plus larges et qui correspond au filtrage supplémentaire procuré par les transducteurs de réception. On constate que cette fonction de filtrage supplémentaire améliore considérablement les résultats du filtrage global, en diminuant très sensiblement l'amplitude des lobes secondaires de ce dernier.

On peut encore augmenter l'efficacité du filtrage en pondérant, de manière connue les peignes des transducteurs de réception, de manière à diminuer le niveau des lobes secondaires de ceux-ci. Une méthode connue pour obtenir cette pondération consiste, comme représenté sur la figure 8, à faire varier le recouvrement des doigts, pour obtenir une pondération, par exemple du type Gaussienne ou du type Taylor. Dans cette méthode, chaque peigne comprend des doigts qui se font face à face et qui peuvent être obtenus en pratiquant une coupure, telle que 803, sur une bande continue reliant initialement les deux bus 801 et 802 portant les doigts du transducteur.

On a représenté sur cette figure 8 deux transducteurs contigus comportant, l'un deux bus 801 et 802, et l'autre deux bus 811 et 812.

Ces bus sont raccordés d'un côté à la masse et de l'autre côté à la connexion de sortie du transducteur et selon l'invention ces raccordements sont situés alternativement d'un côté et de l'autre d'un transducteur au transducteur suivant. De cette manière sur l'ensemble des transducteurs de réception la moitié des connexions de sortie se trouve d'un côté et l'autre moitié se trouve de l'autre côté. Ceci facilite le raccordement de ces connecteurs aux fils de liaison avec l'extérieur. En effet le nombre de ces raccordements peut être très nombreux en fonction de la résolution souhaitée pour l'analyseur, et cette manière de faire permet d'écartier d'un facteur 2 les points de raccordement à réaliser, par soudure par exemple.

En outre, on constate que dans cette disposition les doigts "morts", correspondant aux parties des doigts contigüs restant attachées au bus lui-même relié à la masse après la coupure ayant servi à la pondération, forment un blindage entre les transducteurs adjacents. L'ensemble de ces doigts "morts" entre les deux transducteurs adjacents de la figure 8 a été recouvert sur cette figure par des hachures, pour former une zone 804 qui fait mieux ressortir cet effet de blindage. Un tel blindage permet d'abaisser le niveau de diaphonie entre les transducteurs. On pourrait, à titre de variante, réaliser une métallisation continue correspondant à l'ensemble de la zone délimitée par le trait pointillé et recouverte par les hachures.

En outre, comme on le constate sur la figure 4, l'angle A, déterminé par les angles  $\alpha$  et  $\theta$ , a une valeur supérieure à  $90^\circ$  et est donc obtus. De manière

préférentielle cette valeur est comprise entre 95° et 120°, ce qui permet d'obtenir un résultat optimal pour la séparation des canaux de l'analyseur ainsi décrit.

L'invention a été décrite dans le cadre d'un analyseur de spectre du type de celui de la figure 1, où le transducteur d'émission permet d'obtenir simultanément le balayage et la focalisation. Elle s'étend également au cas de l'analyseur du type de la figure 2, où le transducteur d'émission ne sert qu'à obtenir le balayage, la focalisation étant obtenue par réflexion sur une face concave.

REVENDICATIONS

1. Analyseur de spectre à ondes de volume, du type comportant un corps (101) destiné à transmettre des ondes de volume, un transducteur d'entrée (102) permettant d'injecter dans le corps des ondes de volume dont la direction de propagation dépend de la fréquence d'un signal d'entrée appliqué sur ce transducteur, et un ensemble de transducteurs de sortie (103) destinés à recevoir les ondes de volume émises par le transducteur d'entrée, chacun de ces transducteurs de sortie étant situé sur une face du corps à un endroit où vient se focaliser l'onde de volume correspondant à une fréquence déterminée, caractérisé en ce que l'un au moins de ces transducteurs est un transducteur en peignes interdigités (403).

2. Analyseur selon la revendication 1, caractérisé en ce que tous les transducteurs sont en peignes interdigités (402).

3. Analyseur selon l'une quelconque des revendications 1 et 2, caractérisé en ce que le transducteur d'entrée (402) permet en outre de focaliser les ondes de volume sur les transducteurs de sortie (403).

4. Analyseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 3, caractérisé en ce que chaque transducteur de sortie (403) comporte des peignes dont les 25 dents (414, 415) sont espacées pour être accordées en phase avec la fréquence de l'onde de volume focalisée sur ce transducteur.

5. Analyseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 4, caractérisé en ce que les peignes des 30 transducteurs de sortie (403) sont pondérés par section (803) des dents pour diminuer le niveau des lobes secondaires.

6. Analyseur selon la revendication 5, caractérisé en ce que chaque transducteur de sortie (403) présente au moins un doigt mort relié au bus de masse (801, 811) et situé à une extrémité du transducteur,  
5 et que les bus des transducteurs de sortie sont reliés d'un côté (801, 811) à la masse et de l'autre (802, 812) aux sorties de l'analyseur de manière alternée d'un transducteur au suivant, pour que les doigts morts de deux transducteurs contigus soient situés  
10 face à face afin de former un blindage entre ces deux transducteurs.

7. Analyseur selon l'une quelconque des revendications 1 à 6 caractérisé en ce que le transducteur d'entrée (402) est situé sur une première face du corps (401) et les transducteurs de sortie (403) sur une deuxième face de corps et que ces deux faces forment entre elles un angle supérieur à 90°.  
15

8. Analyseur selon la revendication 7, caractérisé en ce que l'angle (A) formé entre les deux faces est compris entre 90° et 120°.  
20

1/3

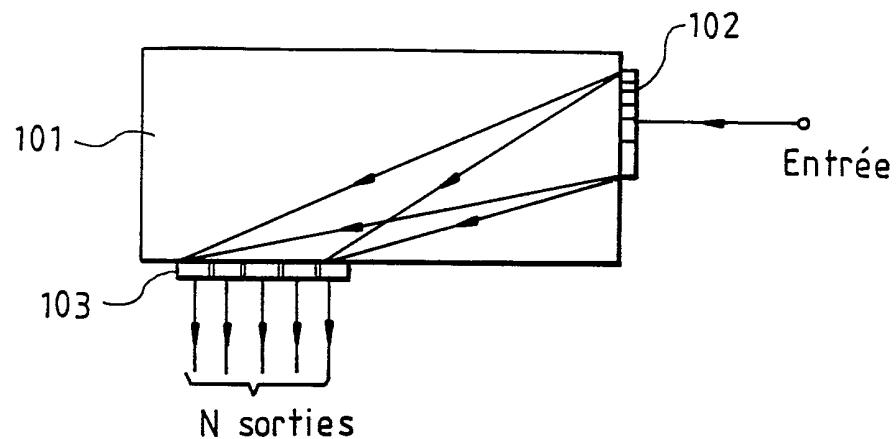


FIG.1

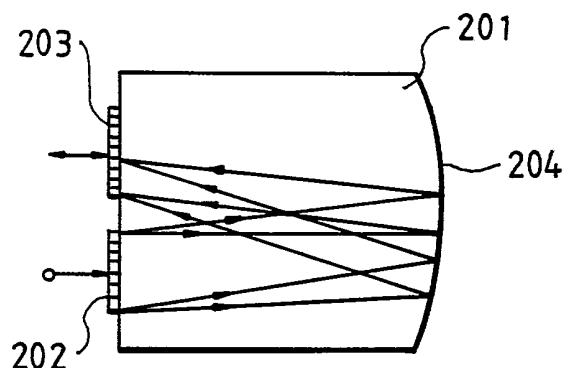


FIG.2

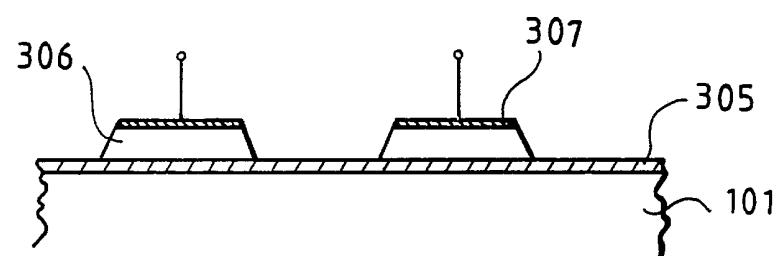
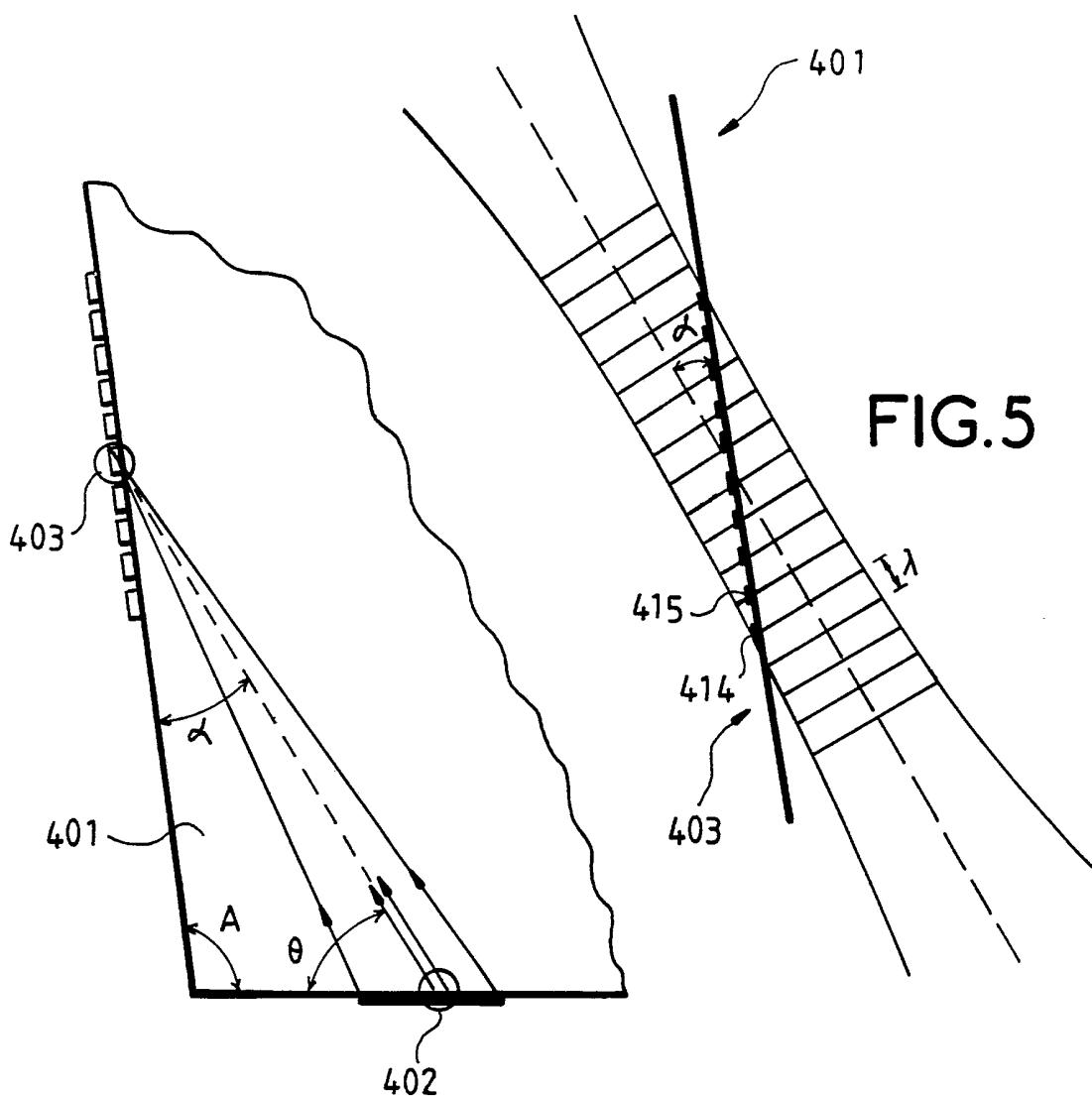
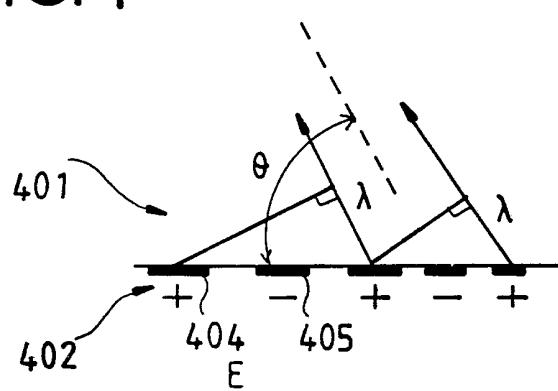


FIG.3

2/3

**FIG. 4****FIG. 6**

3/3

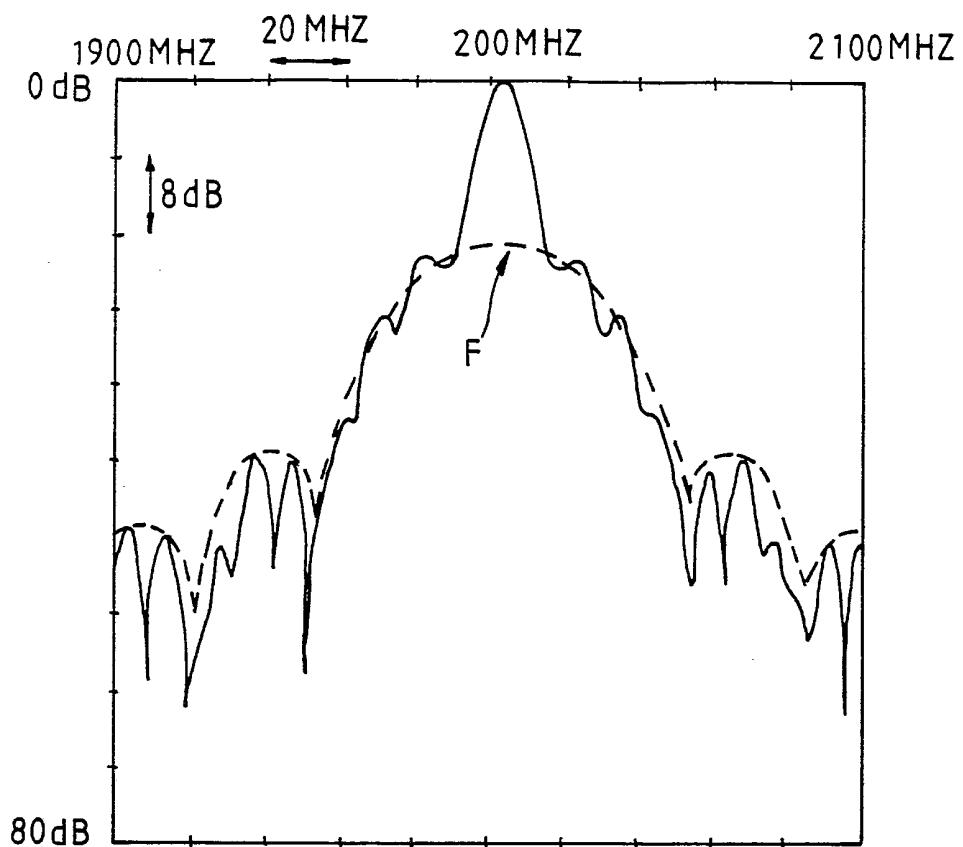


FIG.7

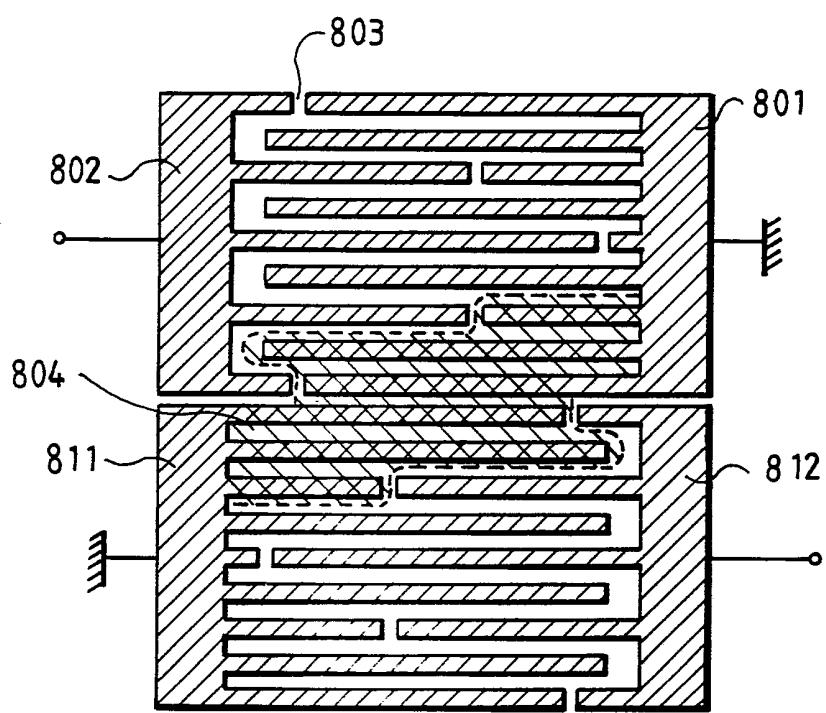


FIG.8

INSTITUT NATIONAL  
de la  
PROPRIETE INDUSTRIELLE

## RAPPORT DE RECHERCHE

établi sur la base des dernières revendications  
déposées avant le commencement de la recherche

N° d'enregistrement  
nationalFR 9205499  
FA 472300

DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS		Revendications concernées de la demande examinée
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	
Y	GB-A-988 102 (MARCONI) * page 2, ligne 27 - ligne 82; figures 8-10 * * page 4, ligne 46 - ligne 56 * * page 5, ligne 21 - ligne 43 * * page 6, ligne 65 - ligne 76 * --- 	1-4,7,8
Y	US-A-4 292 608 (R.W.WEINERT ET AL.) * abrégé; figures 5-12 * * colonne 3, ligne 45 - ligne 60 * * colonne 6, ligne 10 - ligne 16 * --- 	1-4,7,8
A	US-A-4 827 229 (F.SABET-PEYMAN ET AL.) * abrégé; figures 6-8 * * colonne 3, ligne 47 - ligne 61 * * colonne 6, ligne 25 - ligne 63 * --- 	1-4,7
X	US-A-4 259 649 (J. DE KLERK) * abrégé; revendications 1,2; figures 5-10 * * colonne 2, ligne 48 - ligne 58 * * colonne 5, ligne 37 - ligne 47 * --- 	1  <b>DOMAINES TECHNIQUES</b> RECHERCHES (Int. Cl.5)
A	IEEE TRANSACTIONS ON SONICS AND ULTRASONICS vol. 31, no. 2, Mars 1984, NEW YORK US pages 67 - 76 M.A.GOODBERLET ET AL. 'The Excitation and Detection of Surface-Generated Bulk Waves' * le document en entier * -----	1-5  G01R H03H G02F
1		
Date d'achèvement de la recherche		Examinateur
18 JANVIER 1993		FRITZ S.
CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES		
X : particulièrement pertinent à lui seul Y : particulièrement pertinent en combinaison avec un autre document de la même catégorie A : pertinent à l'encontre d'au moins une revendication ou arrière-plan technologique général O : divulgation non-écrite P : document intercalaire		
T : théorie ou principe à la base de l'invention E : document de brevet bénéficiant d'une date antérieure à la date de dépôt et qui n'a été publié qu'à cette date de dépôt ou qu'à une date postérieure. D : cité dans la demande L : cité pour d'autres raisons & : membre de la même famille, document correspondant		