

⑫ **DEMANDE DE BREVET EUROPEEN**

⑰ Numéro de dépôt: **88113929.9**

⑤① Int. Cl.4: **B06B 1/06**

⑱ Date de dépôt: **26.08.88**

⑳ Priorité: **14.09.87 CH 3542/87**

⑦① Demandeur: **UNDATIM ULTRASONICS S.A.**  
**Avenue des Aubépinés 18**  
**B-1180 Bruxelles(BE)**

④③ Date de publication de la demande:  
**22.03.89 Bulletin 89/12**

⑦② Inventeur: **Hannecart, Baudoin**  
**Rue du Tournoi 22**  
**B-1190 Bruxelles(BE)**

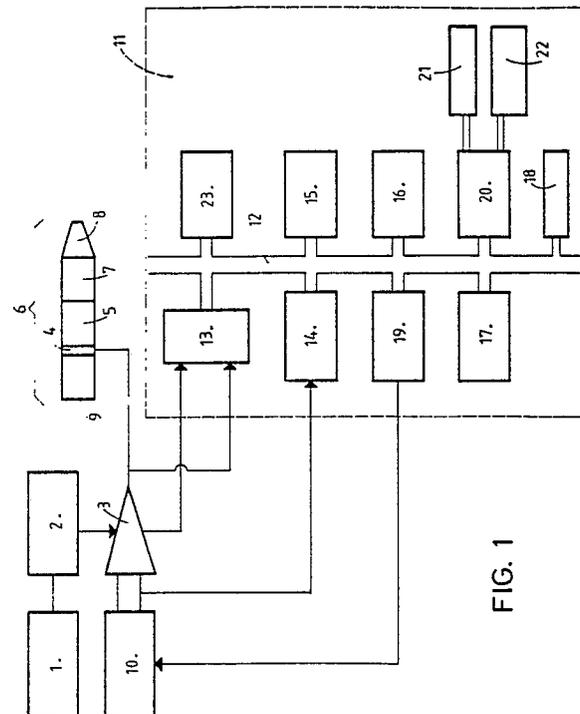
⑥④ Etats contractants désignés:  
**AT BE CH DE FR GB IT LI LU NL SE**

Inventeur: **Cordemans de Meulenaer, Eric**  
**Chemin Ducal 26**  
**B-1970 Wezembeek(BE)**

⑦④ Mandataire: **Micheli & Cie**  
**118, rue du Rhône Case postale 47**  
**CH-1211 Genève 6(CH)**

⑤④ **Procédé d'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode.**

⑤⑦ On détermine périodiquement la fréquence de l'élément vibrant pour laquelle la puissance absorbée par la sonotrode est minimale, soit pour laquelle son rendement est optimum. On compare cette fréquence à la fréquence relevée précédemment et modifie d'un pas d'amplitude préétablie la fréquence de travail de la sonotrode après un nombre prédéterminé de comparaisons ayant pour résultat un écart de fréquence supérieur à une tolérance préétablie.



**FIG. 1**

## PROCEDE D'ASSERVISSEMENT DE LA FREQUENCE DE TRAVAIL D'UNE SONOTRODE

Les vibreurs électro-acoustiques ou sonotrodes sont des outils utilisés notamment pour la réalisation de procédé de fabrication chimiques, d'usinage à l'aide de liquides abrasifs ou de soudage. Suivant les applications une fréquence de travail, généralement proche de la fréquence de résonnance propre de la sonotrode, peut varier entre 16 et 100 KHz environ. Pour toutes les applications il est important de déterminer et de maintenir lors du fonctionnement de la sonotrode des paramètres de fonctionnement et notamment la fréquence de vibration, à des valeurs assurant le meilleur rendement possible de la sonotrode.

Il est connu d'utiliser des systèmes RLC auto-oscillants dans des générateurs à ultrasons. On doit alors faire un compromis entre la plage de fréquence de travail et le rendement de la sonotrode qui est lié au facteur de qualité mécanique Q de l'ensemble. En effet, un facteur Q modéré permet de travailler sur une relativement large plage de fréquence avec faible rendement tandis qu'un facteur Q élevé permet de travailler avec un bon rendement mais dans une plage de fréquence restreinte.

Dans ces dispositifs connus, lorsque le système s'écarte de la fréquence moyenne pour des raisons de fonctionnement, le générateur doit compenser la perte de rendement par une augmentation de la puissance délivrée et cela jusqu'à une puissance maximum au-delà de laquelle le générateur n'est plus capable de compenser un écart de fréquence de travail.

Si pour une raison quelconque la fréquence propre de la sonotrode change, il faut que le générateur puisse en continu s'accorder sur ces variations de fréquence pour maintenir un bon rendement au système (facteur Q élevé).

Outre un dispositif mécanique assurant une position de fixation de l'élément vibrant correspondant à son noeud de vibration réel il faut que l'électronique asservissant le générateur d'ultrasons suive en continu la fréquence propre de l'émetteur pour maintenir un taux d'ondes stationnaires minimal.

En plus des circuits auto-oscillants mentionnés plus haut avec leurs inconvénients, on a fait appel à des dispositifs de blocage de phase ou à des systèmes où le déphasage entre le courant et la tension du circuit est maintenu à une valeur minimale. Ces systèmes ne donnent toutefois pas entièrement satisfaction car ils ne permettent pas une grande souplesse d'utilisation des sonotrodes.

La présente invention a pour objet un procédé d'asservissement de la fréquence de travail d'une

sonotrode obviant aux inconvénients précités et dont le but est de pouvoir introduire et modifier de nombreux paramètres influant sur le fonctionnement de la sonotrode. Ce procédé se distingue par les caractéristiques décrits et revendiqués ci-après.

Le dessin annexé illustre schématiquement et à titre d'exemple un schéma de principe d'un dispositif de commande d'une sonotrode permettant le mise en oeuvre du procédé selon l'invention (figure 1); un spectre de vibration entier de la sonotrode (figure 2); et un spectre de résonnance plus détaillé (dans une plage de fréquence plus limitée) de cette même sonotrode. (figure 3).

Le présent procédé d'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode comprend les opérations suivantes :

1. Dans un premier temps, à faible puissance, on effectue une excursion en fréquence, entre des limites préétablies et réglables  $f_{min}$  et  $f_{max}$ , du générateur d'ultrasons alimentant la sonotrode pour relever le spectre de vibration de la sonotrode entre lesdites limites de fréquence. Puis on détermine la fréquence de résonnance comme étant la valeur correspondant à l'énergie dissipée minimum en calculant le produit  $V.I$  du courant et de la tension d'alimentation de la sonotrode. On peut également déterminer la fréquence de résonnance comme étant la valeur minimale du quotient  $V/I$  soit de l'impédance du circuit équivalent représentant la sonotrode, ou par tout autre moyen adéquat permettant la détection de la résonnance.

Généralement on effectue une excursion entre les fréquences  $f_{min}$  et  $f_{max}$  afin de déterminer le spectre entier de vibration de la sonotrode et déterminer la fréquence de résonnance avant que celle-ci ne soit mise en travail de puissance. Ce spectre complet, figure 2, montre plusieurs fréquences propres pour lesquelles le circuit équivalent présente une admittance maximale, dont certaines peuvent être des harmoniques d'une fondamentale. L'opérateur peut aussi déterminer laquelle de ces fréquences caractéristiques doit être utilisée pour le travail de la sonotrode en fonction de critères propres à ce travail et en fonction de la fréquence pour laquelle la sonotrode à été construite. Il limite alors les excursions en fréquence subséquentes prévues par le procédé à l'intérieur d'une plage de fréquence restreinte  $f_1$ - $f_2$  n'incluant qu'une seule de ces différentes fréquences propres. Cette manière de faire est également appliquée lorsque le spectre de la sonotrode est complexe, figure 3, toujours dans le but de limiter l'excursion en fréquence entre des limites suffisamment proches l'une de l'autre pour n'inclure qu'un maximum d'amplitude

(résonnance).

En outre, suivant le travail effectué les conditions de travail instantanées varient lentement ou au contraire rapidement. C'est pourquoi l'opérateur a la possibilité de modifier l'intervalle de temps séparant deux excursions en fréquence successives afin d'adapter ce paramètre en fonction des conditions d'utilisation de la sonotrode.

Pour cette première opération déjà, l'opérateur a la possibilité d'influencer les conditions de travail de la sonotrode en modifiant à volonté trois paramètres; l'intervalle de temps séparant deux excursions en fréquence; les fréquences limitant la plage à l'intérieur de laquelle s'effectue l'excursion en fréquence et/ou bien entendu fixer la valeur de la fréquence de consigne de travail de la sonotrode volontairement comme étant égale à sa fréquence de résonance ou dans certains cas particuliers comme étant légèrement différente de cette fréquence de résonance. Dans ce cas, le dispositif ne procède plus aux excursions périodiques en fréquence.

2. Dans une deuxième phase, on détermine lors de ces excursions en fréquence la fréquence de travail optimum pour laquelle la transformation électromécanique est maximum à l'intérieur des limites de fréquence préétablies.

Cette détermination s'effectue soit en calculant le maximum du produit V.I. soit le minimum du quotient V/I ou tout autre paramètre indiquant la résonance. Ces alternatives sont également laissées au choix de l'opérateur.

3. On compare, de toute appropriée, de façon analogique, digitale, par analyse de tendance, etc., après chaque excursion en fréquence, la fréquence optimum de travail calculée avec la fréquence de consigne déterminée auparavant. L'écart de fréquence résultant de cette comparaison est mémorisé.

4. On modifie la fréquence de consigne d'un incrément de valeur préétablie, si un nombre prédéterminé d'écarts de fréquence successifs mémorisés sont tous supérieurs à un écart standard préétabli.

Par cette dernière opération on réalise l'asservissement de la fréquence de consigne de la sonotrode à sa fréquence de travail optimum ce qui garantit un rendement optimum de cette sonotrode dans ces conditions d'utilisation particulières en évitant tout bruit de fond ou toute donnée parasite.

Ici également l'opérateur a la possibilité d'influencer les paramètres régissant le procédé notamment en fixant la valeur de l'incrément unitaire dont la valeur de la fréquence de consigne peut être modifiée; le nombre d'écarts successifs devant être pris en considération avant qu'une modification n'intervienne; et la valeur de l'écart de fréquence au-dessous de laquelle les écarts mesurés

et mémorisés ne sont pas pris en compte pour provoquer une modification de la fréquence de consigne.

Par rapport aux procédés connus d'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode le présent procédé est original de par la séquence d'opérations envisagée et est très avantageux car il laisse à l'opérateur la possibilité de fixer de nombreux paramètres entrant dans le réglage en fonction des conditions d'utilisation particulières de la sonotrode.

La figure 1 annexée illustre un schéma de principe d'un dispositif permettant la mise en oeuvre du procédé décrit pour l'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode.

Sur ce schéma on voit en 1 une source de puissance électrique par exemple à 220V et 60 Hz qui alimente un régulateur de puissance 2 qui alimente un étage de puissance 3 (booster). Ce booster 3 alimente la céramique piezoélectrique 4 de l'émetteur 5 de la sonotrode 6 qui comprend en outre un amplificateur 7, un outil 8 et une contre-masse 9.

Le booster 3 est commandé par un oscillateur à tension contrôlée (V.C.O.) 10 lui-même piloté par un dispositif de commande 11. Ce dispositif de commande 11 est réalisé sous forme d'un microprocesseur comprenant un BUS 12 auquel sont reliés :

Un convertisseur analogue-digital 13 alimenté par des signaux délivrés par le booster 3 représentant la tension U et le courant I instantané d'alimentation de la sonotrode 6.

Un compteur de fréquence 14 alimenté par un signal délivré par l'oscillateur 10 correspondant à la fréquence instantanée de travail de la sonotrode.

Une interface avec affichage 15 permettant à l'opérateur d'introduire les valeurs des différents paramètres de commande du procédé.

Une interface avec affichage 16 pour la visualisation des paramètres du procédé et d'autres valeurs choisies telle la fréquence instantanée etc.

Une mémoire EPROM 17 du programme commandant le procédé et une mémoire RAM 18 des paramètres de fonctionnement de celui-ci.

Un convertisseur digital-analogique 19 pilotant, en fonction du résultat des opérations gérées par le dispositif de commande 11, la fréquence de l'oscillateur 10.

Et une interface connectée par exemple à la commande CNC 21 d'une machine définissant les déplacements mécaniques de celle-ci devant être coordonnés avec le travail de la sonotrode ainsi qu'un dispositif de positionnement 22 de la fixation de la sonotrode en fonction de sa fréquence de travail.

Enfin ce microprocesseur comporte bien évidemment une unité centrale CPU 23, à l'instar de

tout microprocesseur, procédant aux calculs, comparaisons et autres opérations logiques nécessaires à la réalisation du procédé décrit.

Par l'interface 20 ce dispositif permet d'agir sur la machine sur laquelle se trouve par exemple la pièce à usiner à l'aide de la sonotrode. Il est ainsi possible de commander automatiquement un arrêt de l'usinage, soit un retour en mode d'attente, si pour une raison quelconque l'intensité du courant I fourni à la tête varie de + 20 % par seconde. On peut ainsi arrêter un processus d'usinage en cours au cas où l'outil venait à se briser.

Bien entendu ce microprocesseur est également programmé pour que l'opérateur puisse à l'aide de l'interface 15 imposer une fréquence de travail fixe sans recherche automatique de la fréquence propre du système ou provoquer un balayage manuel de la fréquence de travail notamment dans le but de se placer, pour certains cas d'usinage, à une fréquence telle que la vibration d'amplitude maximale soit localisée à un endroit précis de l'outil.

## Revendications

1. Procédé d'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode caractérisé par le fait qu'on détermine périodiquement la fréquence de l'élément vibrant pour laquelle la puissance absorbée par la sonotrode est minimale, soit pour laquelle son rendement est optimum ; compare cette fréquence à la fréquence relevée précédemment; et modifie d'un pas d'amplitude préétablie la fréquence de travail de la sonotrode après un nombre prédéterminé de comparaisons ayant pour résultat un écart de fréquence supérieur à une tolérance préétablie.

2. Procédé d'asservissement de la fréquence de travail d'une sonotrode caractérisé par le fait que dans une première phase, avant l'utilisation de la sonotrode, on alimente celle-ci à une puissance déterminée et

- on provoque une excursion en fréquence de celle-ci entre des limites préétablies et détermine le spectre de fréquence propre de la tête et en fonction de celui-ci la fréquence de consigne, puis lors de l'utilisation de la sonotrode ;

- on provoque à intervalles de temps prédéterminés des excursions en fréquence, autour de la fréquence de consigne de la sonotrode, entre des limites préétablies ;

- on détermine, lors de ces excursions en fréquence, la valeur minimum du quotient  $V/I$  ou maximum du produit  $V \times I$  entre la tension et le courant alimentant la sonotrode, valeurs correspondant à une transformation électromécanique maximum dans ces limites;

- on détermine la fréquence de travail optimum de la sonotrode correspondant à ces valeurs  $V/I$  minimum ou  $V \times I$  maximum;

- on compare cette fréquence de travail optimum avec la fréquence de consigne ; et mémorise l'écart de fréquence entre celles-ci ;

- on modifie la valeur de la fréquence de consigne d'un incrément de valeur préétablie si un nombre prédéterminé d'écarts de fréquence successifs mémorisés sont tous supérieurs à un écart de consigne préétabli.

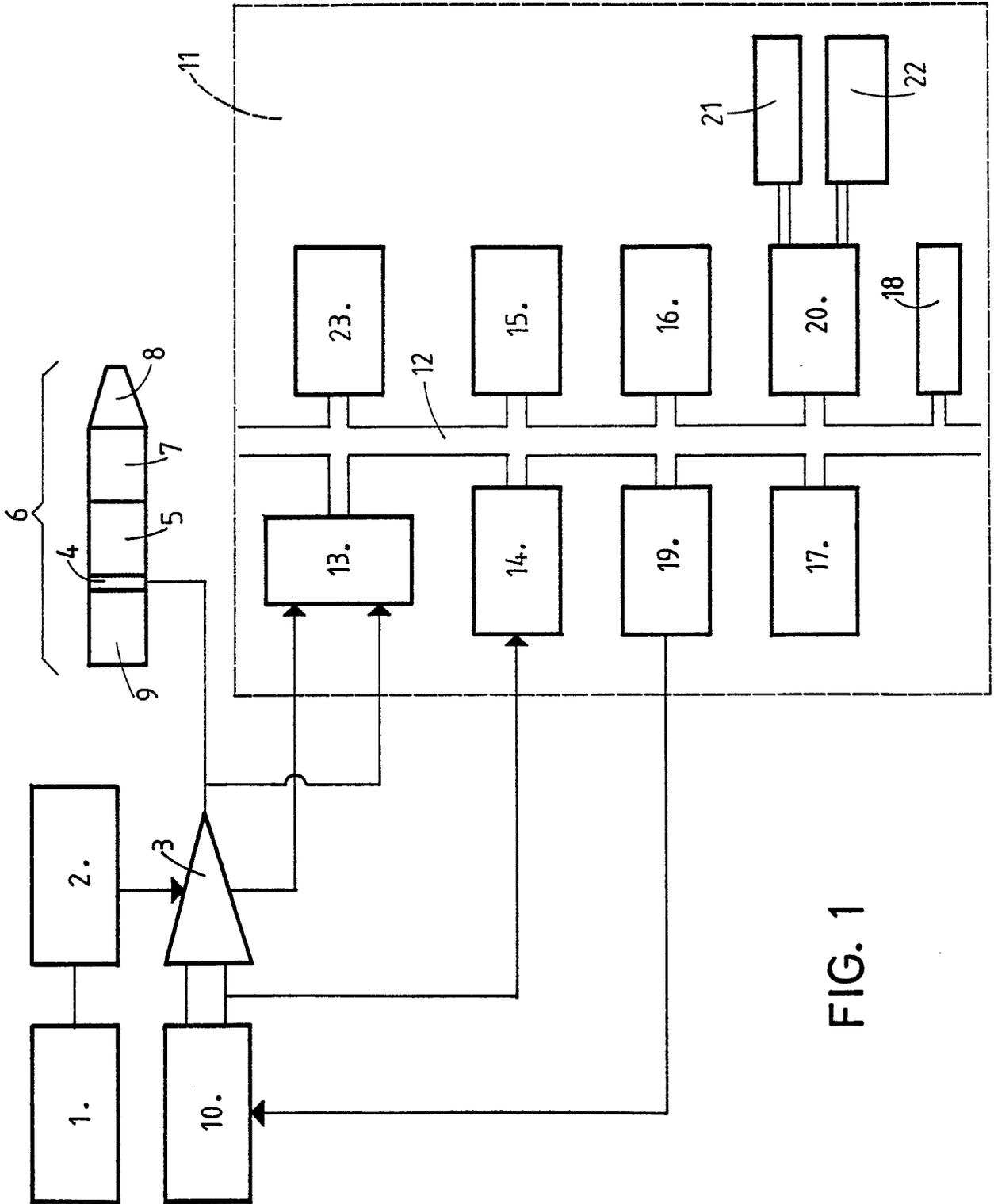


FIG. 1

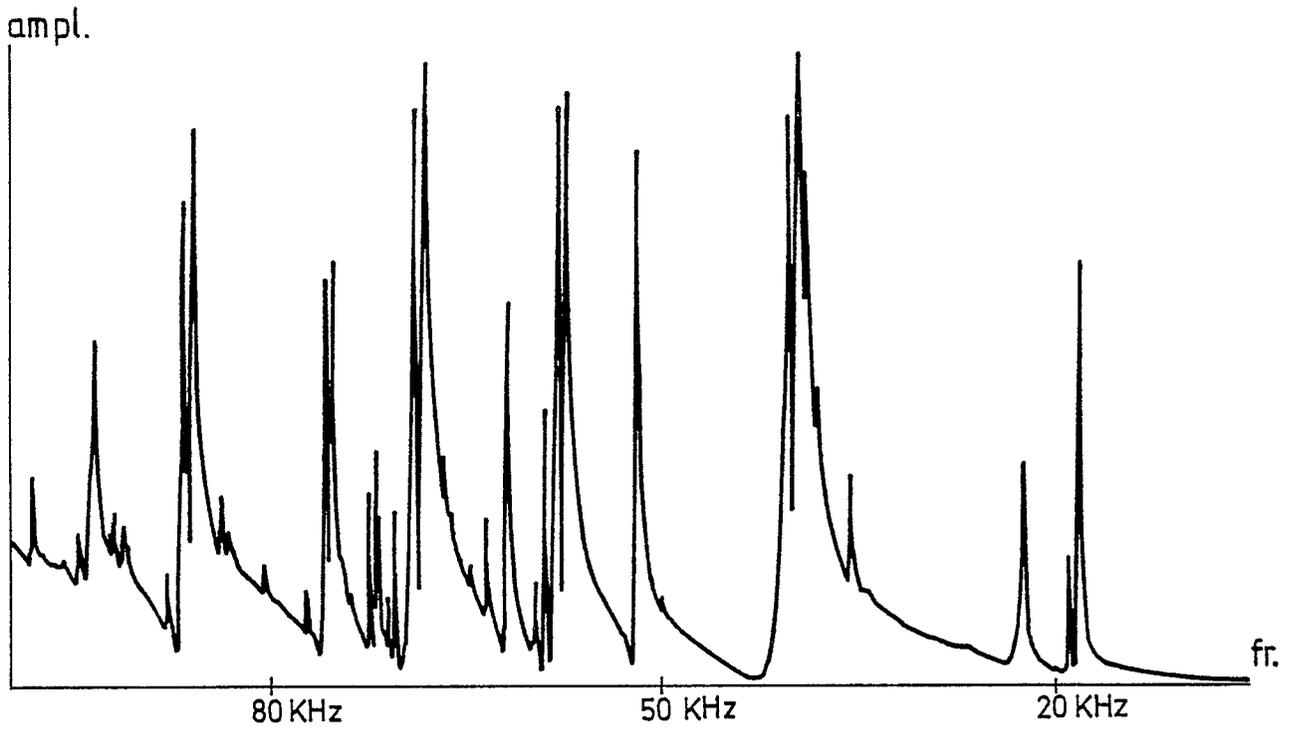


FIG. 2

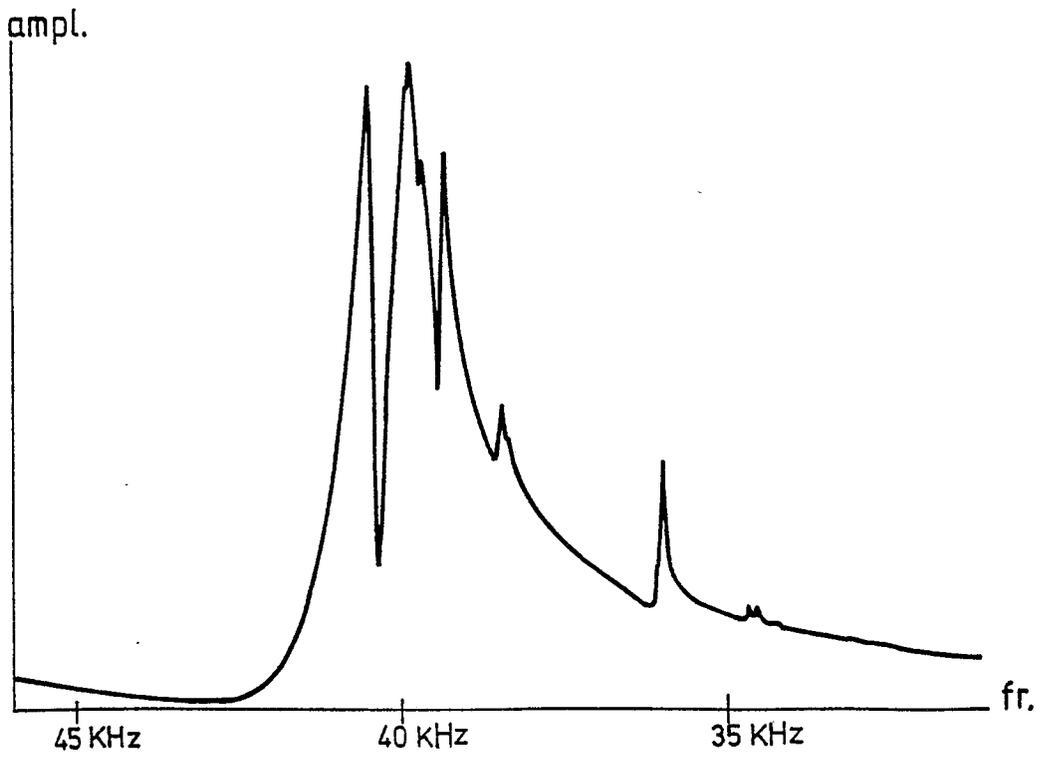


FIG. 3



DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl.4)
X	US-A-4 525 790 (NAKAMURA) * Résumé; colonne 2, lignes 8-36; colonne 3, ligne 12 - colonne 8, ligne 18 *	1,2	B 06 B 1/06
X	EP-A-0 217 694 (ISEN: ISTITUT SUPERIEUR D'ELECTRONIQUE DU NORD) * Résumé; page 5, ligne 18 - page 6, ligne 26; page 6, ligne 35 - page 12, ligne 5; revendications *	1,2	
X	US-A-4 687 962 (ELBERT) * Résumé; colonne 1, ligne 53 - colonne 2, ligne 62; colonne 3, ligne 18 - colonne 5, ligne 39; colonne 7, lignes 33-54 *	1,2	
A	GB-A-2 124 442 (TAGA ELECTRIC) * Résumé; page 2, ligne 115 - page 6, ligne 2 *	1,2	
A	FR-A-2 358 699 (MANNESMANN & KARL DEUTSCH) * Page 3, ligne 10 - page 4, dernière ligne *	1,2	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl.4)
A	DE-A-3 313 918 (BASF)		B 06 B H 03 J
Le présent rapport a été établi pour toutes les revendications			
Lieu de la recherche LA HAYE		Date d'achèvement de la recherche 09-12-1988	Examineur OLDROYD D. L.
<b>CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES</b> 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	