

②① Numéro de dépôt: 81400686.2

⑤¹ Int. Cl.³: G 06 G 7/195

②② Date de dépôt: 30.04.81

③ Priorité: 20.05.80 FR 8011225

④3 Date de publication de la demande:
25.11.81 Bulletin 81/47

⑧4 Etats contractants désignés:
DE GB IT

⑦1 Demandeur: THOMSON-CSF
173, Boulevard Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

72 Inventeur: Gautier, Hervé
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

(72) Inventeur: Maerfeld, Charles
THOMSON-CSF SCPI 173, bld Haussmann
F-75360 Paris Cedex 08(FR)

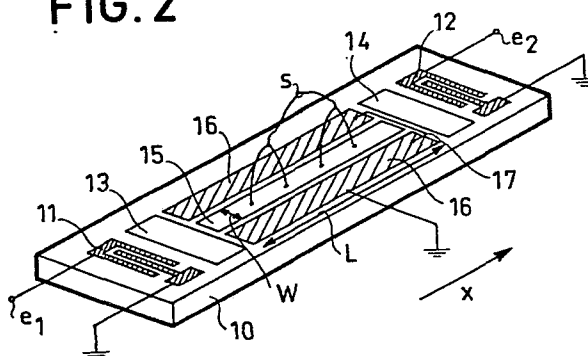
⑤④ Dispositif convoluteur piézoélectrique à ondes élastiques.

57) L'invention se rapporte aux dispositifs convoluteurs basés sur l'interaction non-linéaire de deux ondes élastiques contraprogessives se propageant à la surface d'un substrat piézoélectrique (10).

L'invention a pour objet un convoluteur à ondes élastiques dans lequel la sortie (s) est reliée à l'électrode collectrice (15) par plusieurs prises de contact distribuées le long de la région où interagissent les rayonnements acoustiques représentatifs des signaux électriques appliqués aux entrées (e_1) et (e_2).

L'invention s'applique notamment à la détermination par voie analogique des intégrales de convolution et à la corrélation de formes d'ondes représentées par les courbes enveloppes de deux signaux électriques.

FIG. 2



DISPOSITIF CONVOLUTEUR PIEZOELECTRIQUE A
ONDES ELASTIQUES

L'invention se rapporte aux convoluteurs utilisant la propagation des ondes acoustiques dans les solides piézoélectriques. Etant donné deux signaux électriques incidents de durée T et de fréquence porteuse f , on excite aux extrémités d'un support en matériau piézoélectrique des ondes élastiques contraprogressives qui se propagent dans une région de la surface
5 du support où elles interagissent non-linéairement de façon à engendrer un champ électrique à fréquence double. Ce champ électrique est recueilli par une électrode intégratrice recouvrant la région d'interaction et cette électrode collectrice fournit un signal électrique dont la modulation représente la fonction de convolution des deux signaux électriques incidents. Lorsque
10 la fonction de modulation de l'un des deux signaux incidents a subi une inversion de temps avant d'être appliquée à l'une des entrées du dispositif convoluteur, le signal émergent représente une fonction de corrélation. L'invention s'applique plus particulièrement aux convoluteurs capables de traiter analogiquement des signaux caractérisés par un produit $f.T$ élevé.

15 Les convoluteurs à guide réalisés jusqu'ici ont une réponse qui tend à s'écarter de l'expression mathématique de l'intégrale de convolution. En effet, lorsque la longueur L de l'électrode collectrice devient grande vis à vis de la longueur d'onde électromagnétique, ce qui correspond à un produit fT de valeur élevée, il faut tenir compte des pertes électromagnétiques qui
20 créent des perturbations au niveau de l'interaction. Le signal issu de l'interaction n'est plus spatialement uniforme. Comme les charges électriques ne sont plus induites en phase, elles ne s'additionnent pas de manière équiphase dans la région d'interaction. En outre, la résistance de l'électrode collectrice finit par devenir appréciable par rapport à l'impédance de sortie
25 du convoluteur, ce qui entraîne une détérioration de la réponse. Il faut également mentionner que des perturbations au niveau de l'interaction apparaissent également, même si la longueur L de l'électrode collectrice est petite devant la longueur d'onde électromagnétique, lorsque le produit résistance-capacité du guide n'est pas assez petit devant la période $1/f$.

En vue de pallier les inconvénients énumérés ci-dessus, l'invention vise à recueillir le signal de convolution par des prélèvements effectués de proche en proche le long de la région d'interaction des ondes élastiques contraprogressives, sans que ces prélèvements puissent perturber par leur présence la propagation des ondes acoustiques. L'intervalle entre deux
5 prélèvements successifs est choisi de manière que l'écart d'uniformité de l'interaction reste faible lorsque les prélèvements sont ramenés à la sortie du convoluteur.

L'invention a pour objet un dispositif convoluteur utilisant la propagation des ondes acoustiques à la surface d'un solide piézoélectrique et
10 comportant :

- un substrat piézoélectrique ;
- des moyens d'excitation de deux ondes acoustiques contraprogressives à la fréquence f ;
- des moyens constitués d'au moins deux électrodes permettant de
15 recueillir le signal à la fréquence $2f$, issu de l'interaction non linéaire des deux ondes acoustiques, caractérisé par le fait que la sortie de ce dispositif est reliée à l'une de ces électrodes par plusieurs contacts électriques disposés sur la longueur suivant l'axe de propagation des deux ondes acoustiques.

20 L'invention sera mieux comprise au moyen de la description ci-après et des figures annexées parmi lesquelles :

- la figure 1 représente un dispositif convoluteur de type connu ;
- la figure 2 représente un dispositif convoluteur selon l'invention ;
- la figure 3 est un schéma explicatif ;
- 25 la figure 4 est un diagramme explicatif ;
- les figures 5 et 6 illustrent une première variante de réalisation des prises de contact ;
- la figure 7 illustre une seconde variante de prise de contact ;
- la figure 8 illustre une troisième variante de prise de contact ;
- 30 la figure 9 illustre une quatrième variante de prise de contact ;
- la figure 10 représente un mode de couplage capacitif ;
- les figures 11 et 12 représentent des variantes du mode de couplage illustré sur la figure 10 ;

la figure 13 représente un mode de couplage galvanique par plots ;

la figure 14 illustre un dispositif convoluteur à guide profilé ;

la figure 15 représente une variante de réalisation du dispositif de la figure 14 ;

la figure 16 montre les connexions reliant les contacts avec la sortie
5 du dispositif convoluteur ;

la figure 17 représente un détail de la figure 16.

La figure 1 représente le schéma d'un dispositif convoluteur de type connu. Sur un support en matériau piézoélectrique 10 sont disposés aux deux extrémités deux transducteurs 11 et 12 sous la forme de peignes interdigités
10 formant les deux entrées e_1 et e_2 du convoluteur. Les deux signaux dont on veut obtenir la fonction de convolution sont modulés autour d'une fréquence centrale porteuse f égale à plusieurs dizaines de Mégahertz. Ces deux signaux sont envoyés sur les entrées e_1 et e_2 de manière à générer deux ondes élastiques contraprogressives se propageant suivant deux directions
15 opposées à la surface du support 10 avec plus ou moins de pénétration suivant le type d'ondes générées. Le support 10 agit non seulement comme milieu propagateur mais également comme milieu non linéaire où il se produit une interaction non linéaire des deux ondes qui crée un signal de fréquence porteuse double. Ce signal est théoriquement spatialement unifor-
20 me sur la zone d'interaction et il est détectable au moyen d'une électrode uniforme 15 placée sur la zone d'interaction.

Cette électrode 15 forme une capacité avec une contre-électrode constituée par exemple de deux plaques latérales 16 reliées entre elles par une connexion 17 à la masse électrique. La plaque 15 collecte ainsi les
25 charges électriques induites par l'interaction non linéaire des deux ondes et fournit à sa sortie s un signal $C(t)$ à la fréquence $2f$.

Si $F(t)$ et $G(t)$ sont les deux signaux dont on veut obtenir la convolution, les deux ondes contraprogressives émises sont de la forme :

$$30 \quad F\left(t - \frac{x}{v}\right) e^{j(\omega t - kx)} \quad \text{et} \quad G\left(t + \frac{x}{v}\right) e^{j(\omega t + kx)}$$

où x est l'axe de propagation des ondes à la vitesse v , ω la pulsation $2\pi f$ et k le nombre d'ondes ω/v . On obtient à la sortie s un signal :

$C(t) = K e^{2j\omega t} \int F(\tau) \cdot G(2t-\tau) d\tau \dots (1)$, où K est lié au rendement énergétique. La modulation du signal C(t) représente la fonction de convolution des signaux F(t) et G(t) comprimés dans le temps d'un rapport 2, et sur un intervalle de temps correspondant à la durée pendant laquelle les deux signaux interagissent sur toute la longueur L de la plaque 15.

5 Ces dispositifs sont capables de traiter des signaux de plusieurs dizaines de Mégahertz de largeur de bande B et de quelques dizaines de microsecondes de durée T. Ils présentent un grand intérêt par leur grande simplicité de réalisation, leur grande vitesse de traitement, leur volume et leur consommation très réduite.

10 Le rendement de tels dispositifs est d'autant plus grand que, pour une puissance des signaux d'entrée donnée, la largeur des faisceaux d'ondes acoustiques W qui interagissent est faible. Aussi ces dispositifs utilisent généralement en sortie des transducteurs 11 et 12 des compresseurs de faisceaux schématisés sur la figure 1 par les deux rectangles 13 et 14. Ces
15 compresseurs peuvent être réalisés de différentes façons et en particulier à l'aide de bandes conductrices à pas ou largeurs variables comme décrit dans le brevet français de C.MAERFELD N° 2.269.237 déposé le 7 Août 1973 au nom de THOMSON-CSF. De plus en sortie des compresseurs, les ondes doivent être guidées dans cette largeur W et on utilise simplement la plaque
20 15, le guidage étant obtenu par l'effet de ralentissement des ondes provoqué par le court-circuit du champ acoustique en surface. Ces dispositifs permettent alors d'obtenir une dynamique de l'ordre de 60 à 80 dB.

A titre d'exemple non limitatif le dispositif de la figure 1 peut être réalisé comme suit. La fréquence f est égale à 156 MHz et la durée T à
25 12 s. Les compresseurs de faisceaux sont réalisés par des coupleurs à bandes conductrices. Les électrodes 15 et 16 constituent une portion de ligne de transmission électromagnétique dans laquelle la vitesse de propagation des ondes électromagnétiques v_{EM} est faible à cause de la valeur élevée de la permittivité du substrat. Des effets de pertes de propagation apparaissent
30 lorsque la longueur L de la plaque de sortie est supérieure à environ 0,1 de longueur d'onde électromagnétique λ_{EM} égale à $v_{EM}/2f$. Ces effets introduisent d'une part des déphasages entre les sources des charges et les points de contacts et d'autre part des réflexions aux points de discontinuité

électrique.

La condition $L/\lambda_{EM} > 0,1$ correspond à :

$$\frac{2 v_a}{v_{EM}} \cdot fT > 0,1.....(3)$$

5 v_a étant la vitesse des ondes acoustiques.

Le dispositif décrit a une fréquence centrale égale à 156 MHz pour une bande de 50 MHz. Par ailleurs les valeurs types sont $v_a = 3500$ m/s et $v_{EM} = 4,3 \cdot 10^7$ m/s dans le cas où le matériau piézoélectrique utilisé est du Li Nb O₃. Avec ces valeurs l'inégalité 3 conduit à tenir compte des effets de propagation lorsque fT devient supérieur à 600.

En raison des effets de propagation, le signal obtenu à la sortie s est :

$$H(t) = K e^{2j\omega t} \int M(\tau) \cdot F(\tau) \cdot G(2t-\tau) d\tau....(2)$$

15 Dans cette expression le facteur $M(\tau)$, fonction de τ , est dû à la non uniformité de l'interaction et le signal $H(t)$ ne représente plus la fonction de convolution des deux signaux $F(t)$ et $G(t)$.

L'inconvénient est donc très important et cela d'autant plus qu'il n'est pratiquement pas possible de corriger le terme $M(\tau)$ a posteriori.

20 Le dispositif convoluteur suivant l'invention illustré sur la figure 2 comporte une électrode de sortie 15 munie de plusieurs contacts répartis sur toute sa longueur suivant l'axe de propagation des ondes acoustiques et reliés entre eux pour former la sortie s du convoluteur, l'intervalle maximum entre les contacts étant choisi pour obtenir une erreur d'uniformité de

25 l'interaction faible.

L'intervalle maximum entre contacts ou prises, peut être évalué par un calcul. Pour effectuer ce calcul, la plaque de sortie 15 est assimilée à une ligne de transmission électromagnétique avec pertes, la constante de propagation étant de la forme $\gamma = (-a + 2j\pi)/\lambda_{EM}$ où a est l'atténuation par longueur d'onde dans la ligne (en Neper). En se reportant à la figure 3, la

30 ligne de transmission 20, comporte n prises 21 équidistantes connectées en un point commun par des fils 22 introduisant un déphasage négligeable. On

évalue alors le courant de court-circuit I_{cc} en sortie en fonction de l'abscisse d'un générateur acoustique 23 de charge I, l'abscisse x étant repérée par rapport au milieu de l'intervalle entre deux prises, par exemple les prises 1 et 2.

La figure 4 représente les variations de I_{cc}/I en amplitude, trait plein, et en phase, trait pointillé, dans le cas où la demi-distance entre prises $l = \frac{L}{2(n-1)}$ est égale à $0,075\lambda_{EM}$ et pour 3 valeurs de l'atténuation a par λ_{EM} en Néper. Cette atténuation a est telle que $a = RCf$ si R et C sont la résistance et la capacité pour un $\frac{\lambda_{EM}}{W}$ du guide. La résistance R est donnée par $r \frac{\lambda_{EM}}{W}$ si r est la résistivité de plaque et la capacité C dépend de la distance entre les électrodes positive et négative et elle peut être ajustée.

Pour des valeurs de W, L, r et C, la perte a est connue et on peut déterminer l'espacement maximum entre prises pour obtenir l'erreur d'uniformité requise.

En pratique la valeur de a dépasse rarement 6 Nepers et en se reportant à la figure 4, la distance maximum entre prises est de l'ordre de $0,1\lambda_a$ à $0,2\lambda_a$ pour une erreur de phase et d'amplitude limitée respectivement à 10° et 1 dB.

Les contacts sur la plaque de sortie doivent être réalisés de manière à ne pas perturber la propagation des ondes acoustiques. Compte tenu des fréquences élevées de fonctionnement les dimensions sont très petites, la plaque pouvant mesurer quelques dizaines de microns en largeur, et plusieurs techniques de réalisation peuvent être employées.

Comme représenté sur les figures 5 et 6, les contacts sont réalisés par soudure ou par collage directs d'un fil conducteur 40 sur la plaque de sortie 41 placée à la surface du substrat 45. Pour éviter les effets de diffraction, et limiter la charge mécanique, les dimensions du point de soudure 42 ou du point de colle 43 ne dépassent pas le dixième de la longueur d'onde acoustique.

La soudure est réalisée soit par thermocompression, soit par ultrasons. Quant au collage il est obtenu à froid en utilisant soit de l'indium, soit de la résine époxy électriquement conductrice.

Les contacts peuvent être réalisés par soudure ou collage à côté de la

plaque de manière à pouvoir augmenter la taille du point de soudure ou du point de colle. Pour cela les contacts sont faits à une distance de la plaque telle que l'énergie des ondes acoustiques soit pratiquement nulle, cette distance étant de l'ordre de quelques longueurs d'onde.

Un exemple de réalisation est représenté sur la figure 7 dans le cas du
5 convoluteur à trois plaques de la figure 2. Plusieurs pavés de connexion 52 sont disposés le long de la plaque 55 à la surface du substrat. Ils sont reliés électriquement à la plaque par des bandes conductrices 50 dont la largeur est inférieure à $\lambda_a/5$ pour perturber le moins possible la propagation des ondes acoustiques, leur longueur étant égale à Z choisie pour éloigner
10 suffisamment les pavés de la plaque. Ces bandes sont reliées aux pavés par des bandes 51 plus larges permettant de diminuer la résistance électrique. En se reportant à la figure 7, les électrodes de masse 54 sont échancrées pour recevoir les pavés 52, cette discontinuité n'affectant pas l'uniformité de l'interaction. Ces électrodes peuvent aussi être éloignées suffisamment
15 de la plaque pour rester uniformes si la largeur du substrat le permet. Ces électrodes peuvent aussi être placées à la surface inférieure du substrat. Les points de soudure ou de colle 53 effectués sur les pavés peuvent être réalisés en utilisant toutes les techniques classiques puisqu'il n'y a plus aucune contrainte de dimensions.

20 Avec cette technique, il existe un couplage acousto-électrique des surfaces métalliques avec le substrat qui engendre des effets parasites comme en particulier une perte de sensibilité accrue au niveau des connexions.

Comme représenté sur la figure 8, chaque bande métallique 51, et
25 chaque pavé 52 sont placés sur une couche mince d'un matériau isolant électriquement 60 tel que de la résine ou du SiO_2 réduisant ainsi notablement le couplage entre le substrat et les parties métallisées. Cette technique permet de disposer de pavés de grandes dimensions et d'électrodes de masse uniformes, le cas échéant en regard des pavés.

30 Sur la figure 9 on a représenté une autre technique permettant de supprimer le couplage par les bandes conductrices de connexions 50. Chaque bande est métallisée sur un matériau qui ensuite est éliminé de manière à laisser un intervalle d'air 70 entre substrat et la bande. Notons que cette

technique est connue notamment pour la réalisation de filtre acoustique.

Pour ces réalisations le guide 55, les bandes 50 et 51 et les pavés 52 sont par exemple métallisés par dépôt, par évaporation ou pulvérisation à l'aide d'un masque réalisé par photolithographie.

Une autre forme de réalisation consiste à disposer une électrode en
5 forme de plaque en regard du guide et semblable à celle-ci. Les connexions vers le circuit de sortie sont effectuées sur cette électrode.

La figure 10 représente en coupe une réalisation par couplage capaci-
tif. Un premier substrat 85 comporte à sa surface les dispositifs de
génération des ondes acoustiques et le guide 80 ; il peut comporter aussi les
10 électrodes de masse 82. Un deuxième substrat 86 est appliqué à la surface
du premier substrat 85. Afin d'éviter les problèmes dûs aux contraintes
thermiques, les deux substrats sont de préférence constitués du même
matériau. Le substrat 86 comporte un évidement 83 muni de l'électrode de
sortie 81 placée en regard du guide 80 et à une distance h prédéterminée.
15 Cette distance h est choisie de manière à coupler capacitivement l'électrode
au guide sans diminuer le rendement du convoluteur. Pour cela la capacité C
ramenée doit être grande devant la capacité C_p du substrat piézoélectrique.
Dans le cas d'un dispositif tel que représenté sur la figure 2, la valeur de la
capacité C_p est de l'ordre de la permittivité ϵ_p du substrat, tandis que la
20 valeur de la capacité C est égale à $\epsilon_o \frac{W}{h}$ où ϵ_o est la permittivité de l'air,
ces valeurs étant comptée par unité de longueur suivant l'axe de propagation
des ondes. La condition $C \gg C_p$ s'écrit donc $h \ll \frac{W}{\epsilon_p / \epsilon_o}$. Par exemple
 $W = 50 \mu$ et $\epsilon_p / \epsilon_o = 50$ ce qui donne $h < 1 \mu$ et h sera de l'ordre de $1\ 000 \text{ \AA}$.

Suivant une variante de réalisation, le substrat 85 comporte l'évide-
25 ment tel que 83 muni du guide acoustique 80 tandis que l'autre substrat est
plan.

Les figures 11 et 12 représentent deux autres variantes de réalisation
pour lesquelles le guide n'est pas métallisé : soit il est réalisé en profilant le
substrat pour lui donner une épaisseur plus importante en regard de
30 l'électrode de sortie comme représenté sur la figure 11 en 90, soit il est
réalisé en modifiant la structure du substrat en regard de l'électrode de
sortie par une implantation ionique comme représenté sur la figure 12 en
100.

Dans ces réalisations les faces des deux substrats piézoélectriques 85 et 86 sont polies et amenées en contact puis maintenues par collage ou mécaniquement par pressage, ou encore par adhérence obtenue par joint optique.

La figure 13 représente une réalisation comportant des plots métalliques 110 réalisés entre le guide métallique et l'électrode de sortie. Pour cette réalisation, la hauteur de l'évidement 83 peut être notablement plus importante que pour les réalisations à couplage capacitif et elle est donc moins critique. Pour ne pas perturber la propagation des ondes acoustiques, la dimension latérale de chaque plot est faible devant λ_a , environ $0,1 \lambda_a$; en outre ces plots 110 sont répartis le long du guide aléatoirement pour éviter les effets cumulatifs, la distance moyenne entre plots étant de l'ordre de $100 \lambda_a$.

La réalisation des plots est effectuée au préalable soit sur le guide 80, soit sur l'électrode 81 par exemple par photogravure, les deux substrats étant ensuite assemblés suivant l'une des techniques vues précédemment.

Une réalisation par guide profilé est représentée sur la figure 14. Le guide 120 est profilé en épaisseur transversalement à l'axe de propagation des ondes pour présenter une zone centrale 121 et deux zones latérales 122. La zone centrale a une épaisseur plus grande que les deux zones latérales entraînant par effet de charge mécanique sur le substrat 125 une vitesse de propagation plus lente sous cette zone centrale et en conséquence un guidage des ondes. La vitesse dans la zone libre du substrat 123 est en outre plus grande que celle des zones latérales par effet de court-circuit électrique à la surface du substrat. Les zones latérales 122 sont réalisées de manière à présenter une conduction électrique grande.

Le profilage du guide est obtenu par exemple par usinage ionique. Il peut aussi être obtenu en rapportant un matériau conducteur ou isolant par dessus une métallisation préalable.

Les contacts électriques 124 sont effectués au niveau des bords extérieurs des zones latérales en dehors de la zone de présence de l'énergie acoustique.

Une réalisation par guide d'épaisseur homogène est représentée sur la figure 15 en vue de dessus. Le guide 130 est homogène en épaisseur et

présente une structure transversale à l'axe de propagation des ondes aboutissant à créer une zone centrale 131 guidante et deux zones latérales sur lesquelles sont effectuées les connexions électriques. La zone centrale est continue tandis que les deux zones latérales sont discontinues et réalisées en découpant le guide en bandes (132) perpendiculaires à son axe.

- 5 La zone centrale fait ainsi un court-circuit total à la surface du substrat ce qui ralentit les ondes relativement aux zones latérales qui font un court-circuit partiel.

On obtient ainsi deux zones ayant des densités de métallisation différentes. L'espacement p entre bandes (132) est choisi inférieur à $\lambda_a/2$
 10 pour éviter les effets connus de "bande d'arrêt" et ainsi conserver une grande largeur de bande B.

Cette réalisation est plus simple à mettre en oeuvre que la précédente : le guide est par exemple obtenu par photogravure ou photolithographie. Les contacts électriques sont effectués aux extrémités des bandes.

- 15 Les contacts électriques pour ces deux derniers types de réalisation peuvent être faits en bordure des zones latérales :

- soit par soudure ou par collage directement ;
- soit par métallisation de plots avec ou sans isolant.

A titre d'exemple non limitatif, on a réalisé un convoluteur à plusieurs
 20 prises de sortie ayant pour caractéristiques $f = 300$ MHz et $T = 10$ μ s. Le guide a une largeur W de 30 μ et une longueur L de 35 mm. Il comporte quatre prises équidistantes de l dont deux sont situées aux extrémités de sorte que le rapport l/λ_{EM} est voisin de 0,16, la bande de fréquence étant égale à 100 MHz.

- 25 Les figures 16 et 17 représentent schématiquement l'ensemble convoluteur et circuit de sortie. Sur la figure 16, on distingue les quatre prises de sortie 141 placées sur le substrat 144 au voisinage duquel est rapporté le circuit de sortie 140 constitué par exemple d'un circuit imprimé de quelques dixièmes de mm d'épaisseur.

- 30 La figure 17 permet de distinguer le détail des connexions au niveau d'une prise. Les plots métallisés 146 sont reliés au guide 145 et sont connectés entre eux et aux extrémités des pistes 142 du circuit de sortie par des fils d'or de quelques millimètres de longueur 148. De même les

électrodes de masse 147 sont connectées aux parties du circuit de sortie reliées à la masse en 149.

L'agencement des pistes 142 permet de relier les quatre prises au câble de sortie 143, d'impédance en général égale à 50Ω , par des connexions de longueurs identiques permettant ainsi de sommer en phase les signaux
5 issus des prises. Notons que cette réalisation est possible car la vitesse des ondes électromagnétiques dans le guide est faible devant celle des lignes de transmission classiques constituées par les pistes 142. Le circuit de sortie peut être également réalisé sur le substrat acoustique au préalable métallisé et recouvert d'une couche isolante de permittivité aussi faible que possible.

10 En accord avec le choix de l'espacement entre les contacts, une telle réalisation permet d'obtenir une uniformité de la réponse en amplitude inférieure à 1 dB et une uniformité en phase inférieure à 15° . Avec seulement les deux prises extrêmes connectées, le résultat est une uniformité en amplitude à 5 dB près et une uniformité en phase comprise entre 80° et
15 90 degrés.

REVENDICATIONS

1. Dispositif convoluteur utilisant la propagation des ondes acoustiques à la surface d'un solide piézoélectrique et comportant :

- un substrat piézoélectrique,
- des moyens d'excitation de deux ondes acoustiques contraprogressives à la fréquence f ,

5 - des moyens constitués d'au moins deux électrodes permettant de recueillir le signal à la fréquence $2f$, issu de l'interaction non linéaire des deux ondes acoustiques, caractérisé par le fait que la sortie de ce dispositif est reliée à l'une de ces électrodes par plusieurs contacts électriques disposés sur la longueur suivant l'axe de propagation des deux ondes
10 acoustiques.

2. Dispositif convoluteur selon la revendication 1, caractérisé par le fait qu'il comporte des moyens de compression spatiale des deux ondes acoustiques et que l'électrode reliée à la sortie forme un guide d'onde.

3. Dispositif convoluteur selon la revendication 2, caractérisé par le
15 fait que l'espacement entre les contacts est choisi de valeur faible devant la longueur d'onde électromagnétique λ_{EM} égale à $v_{EM}/2f$ où v_{EM} est la vitesse des ondes électromagnétiques dans le guide.

4. Dispositif convoluteur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'espacement entre les contacts est choisi pour que le produit
20 résistance, capacité des portions du guide entre deux contacts soit de valeur suffisamment faible devant la période $1/f$.

5. Dispositif convoluteur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'électrode reliée à la sortie est une métallisation de la surface du substrat.

25 6. Dispositif convoluteur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que les contacts électriques sont réalisés directement sur le guide par soudure ou par collage, la dimension du point de soudure ou de colle étant inférieure à 0,1 fois la longueur d'onde acoustique λ_a égale à $v_a/2f$ où v_a est la vitesse des ondes acoustiques.

30 7. Dispositif convoluteur selon la revendication 6, caractérisé par le

fait que le soudage est obtenu par thermocompression.

8. Dispositif convoluteur selon la revendication 6, caractérisé par le fait que le soudage est obtenu par ultrasons.

9. Dispositif convoluteur selon la revendication 6, caractérisé par le fait que le collage est réalisé avec de l'indium ou avec de la résine époxy
5 conductrice.

10. Dispositif convoluteur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que les contacts électriques s'étendent latéralement par rapport au guide.

11. Dispositif convoluteur selon la revendication 10, caractérisé par le
10 fait que des pavés métalliques longeant le guide sont déposés en retrait pour recevoir les contacts électriques et sont reliés au guide par des premières bandes métalliques de largeur inférieure à $\lambda_g/5$.

12. Dispositif convoluteur selon la revendication 11, caractérisé par le fait que les pavés de connexions sont reliés aux premières bandes par des
15 bandes présentant un évasement lorsqu'on s'écarte du guide.

13. Dispositif convoluteur selon la revendication 12, caractérisé par le fait qu'il comporte une couche mince de matériau isolant entre la surface du substrat piézoélectrique et l'ensemble des bandes évasées et des pavés.

14. Dispositif convoluteur selon la revendication 1, caractérisé par le
20 fait qu'il comporte deux électrodes de masse déposées à la surface du substrat de part et d'autre du guide.

15. Dispositif convoluteur selon l'une quelconque des revendications 11, 12, 13 et 14, caractérisé par le fait que chaque contact électrique met en oeuvre deux pavés placés de part et d'autre du guide.

25 16. Dispositif convoluteur selon l'une quelconque des revendications 11, 12 et 14, caractérisé par le fait qu'il comporte des électrodes de masse déposées à la surface du substrat ; ces électrodes de masse étant échancrées autour de chaque pavé.

17. Dispositif convoluteur selon la revendication 11, caractérisé par le
30 fait que les premières bandes sont déposées à la surface du substrat.

18. Dispositif convoluteur selon la revendication 11, caractérisé par le fait que les premières bandes sont des arceaux reposant par leurs extrémités sur la surface du substrat.

19. Dispositif convoluteur selon la revendication 10, caractérisé par le fait que les contacts sont réalisés par l'un des moyens suivants : soudage par thermocompression, soudage par ultrasons, collage à l'indium et collage par résine époxy électriquement conductrice.

20. Dispositif convoluteur selon la revendication 2, caractérisé par le fait que l'électrode reliée à la sortie est une électrode de dimensions semblables au guide et surplombant celui-ci à une distance prédéterminée.

21. Dispositif convoluteur selon la revendication 20, caractérisé par le fait qu'il comporte un deuxième substrat appliqué sur la surface du premier substrat supportant le guide et que dans ce deuxième substrat est pratiqué un évidement muni de l'électrode reliée à la sortie.

22. Dispositif convoluteur selon la revendication 21, caractérisé par le fait que la profondeur de l'évidement est choisie pour obtenir une distance h entre le guide et l'électrode reliée à la sortie très inférieure à W/ϵ_p , W étant la largeur du guide et ϵ_p la permittivité relative du substrat ; cette distance permettant de coupler capacitivement le guide et l'électrode reliée à la sortie sans nuire au rendement du convoluteur.

23. Dispositif convoluteur selon la revendication 21, caractérisé par le fait que les faces en contact du premier et du deuxième substrat sont polies puis maintenues par collage ou mécaniquement par pressage ou par adhérence obtenue par joint optique.

24. Dispositif selon la revendication 20, caractérisé par le fait qu'un évidement est pratiqué dans le premier substrat et qu'il est muni du guide ; un deuxième substrat étant appliqué sur la surface du premier substrat.

25. Dispositif convoluteur selon l'une quelconque des revendications 21 ou 24, caractérisé par le fait que le guide acoustique est réalisé par métallisation à la surface du premier substrat sur la largeur W .

26. Dispositif convoluteur selon la revendication 21 ou 24, caractérisé par le fait que le guide est réalisé par une surépaisseur du premier substrat de largeur W .

27. Dispositif convoluteur selon la revendication 21 ou 24, caractérisé par le fait que le guide est réalisé par une modification de la structure de la surface du premier substrat sur la largeur W obtenue par implantation

ionique.

28. Dispositif convoluteur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que le guide est profilé en épaisseur transversalement à l'axe de propagation des ondes acoustiques, de manière à présenter une zone centrale épaisse de largeur W et au moins une zone latérale moins épaisse, les contacts électriques étant réalisés au niveau des bords extérieurs de la ou des zones latérales.

29. Dispositif convoluteur selon la revendication 28, caractérisé par le fait que le profilage du guide est obtenu en rapportant un matériau de largeur W par-dessus une métallisation préalable.

30. Dispositif convoluteur selon la revendication 28, caractérisé par le fait que le profilage du guide est obtenu en usinant la métallisation.

31. Dispositif convoluteur selon la revendication 28, caractérisé par le fait que le guide est profilé de manière à présenter deux zones latérales de même largeur de part et d'autre de la zone centrale.

32. Dispositif convoluteur selon la revendication 5, caractérisé par le fait que le guide est formée d'une zone centrale pleine de largeur W guidant les ondes et au moins une zone latérale ajourée de même épaisseur formée de bandes s'écartant de l'axe du guide et aux extrémités desquelles sont réalisés les contacts électriques.

33. Dispositif convoluteur selon la revendication 32, caractérisé par le fait que l'écartement des bandes n'excède pas $\lambda_a/2$.

34. Dispositif convoluteur selon la revendication 32 caractérisé par le fait qu'il comporte une zone latérale de chaque côté de la zone centrale.

35. Dispositif convoluteur selon l'une quelconque des revendications 28 et 32 caractérisé par le fait que les contacts électriques sont réalisés par l'un des moyens suivants : soudage par thermocompression, soudage par ultrasons, collage à l'indium et collage par résine époxy électriquement conductrice.

36. Dispositif convoluteur selon l'une quelconque des revendications 28 et 32 caractérisé par le fait que les contacts électriques sont réalisés par pavés métallisés à la surface du substrat.

37. Dispositif selon l'une quelconque des revendications 28 et 32 caractérisé par le fait que les pavés métallisés sont séparés de la surface du

substrat par une couche mince de matériau isolant.

38. Dispositif convoluteur selon la revendication 5 caractérisé par le fait que la métallisation est obtenue par dépôt effectué par évaporation du métal.

39. Dispositif convoluteur selon la revendication 5 caractérisé par le fait que la métallisation est obtenue par dépôt effectué par pulvérisation du métal.

40. Dispositif selon la revendication 2 caractérisé par le fait que les contacts électriques sont reliés à la sortie par des longueurs égales de pistes d'un circuit imprimé placé à proximité du substrat.

FIG. 1

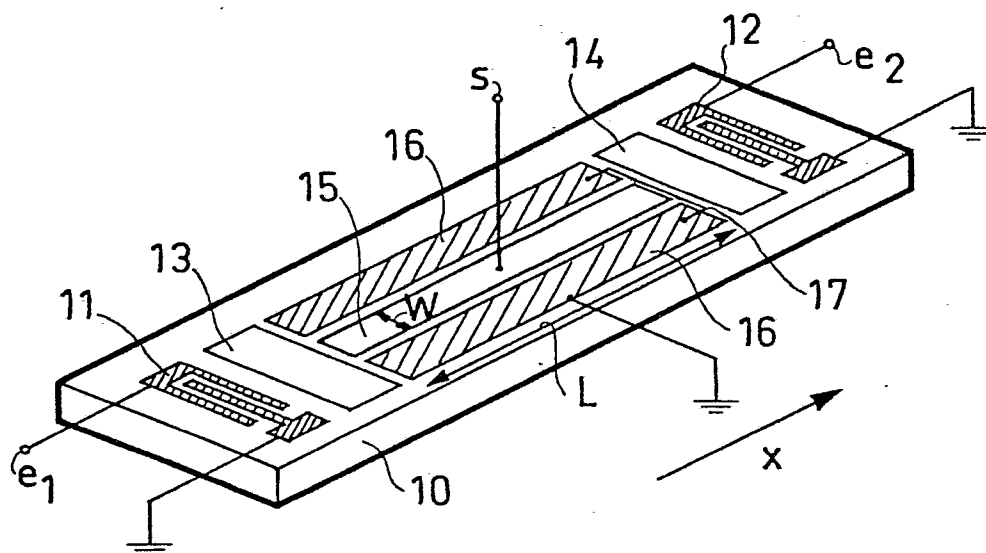
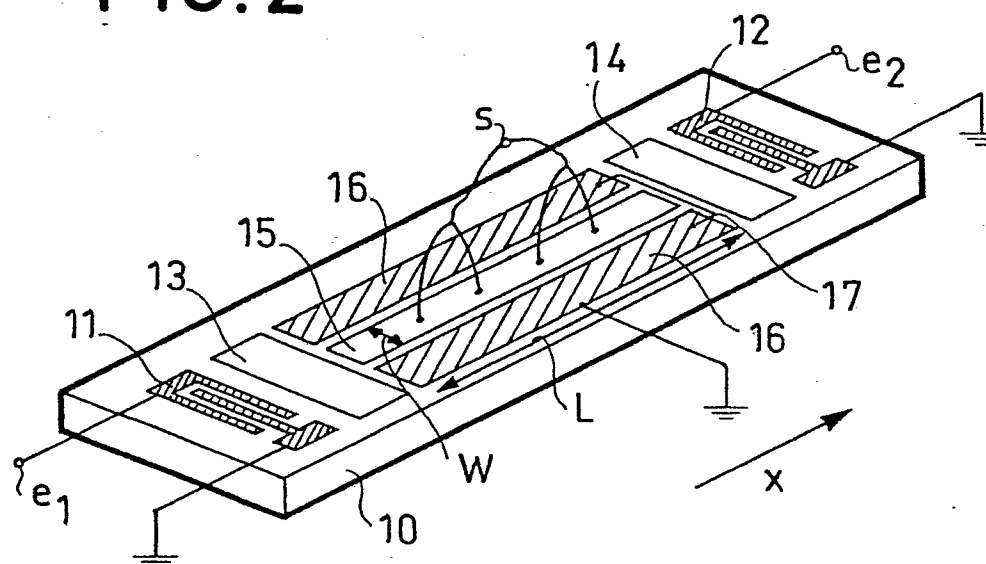


FIG. 2



2/5

FIG.3

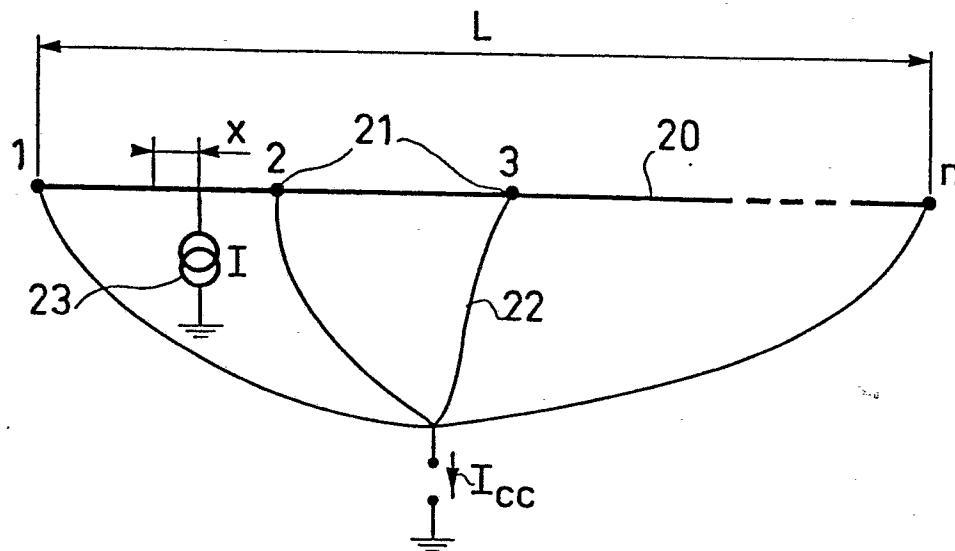
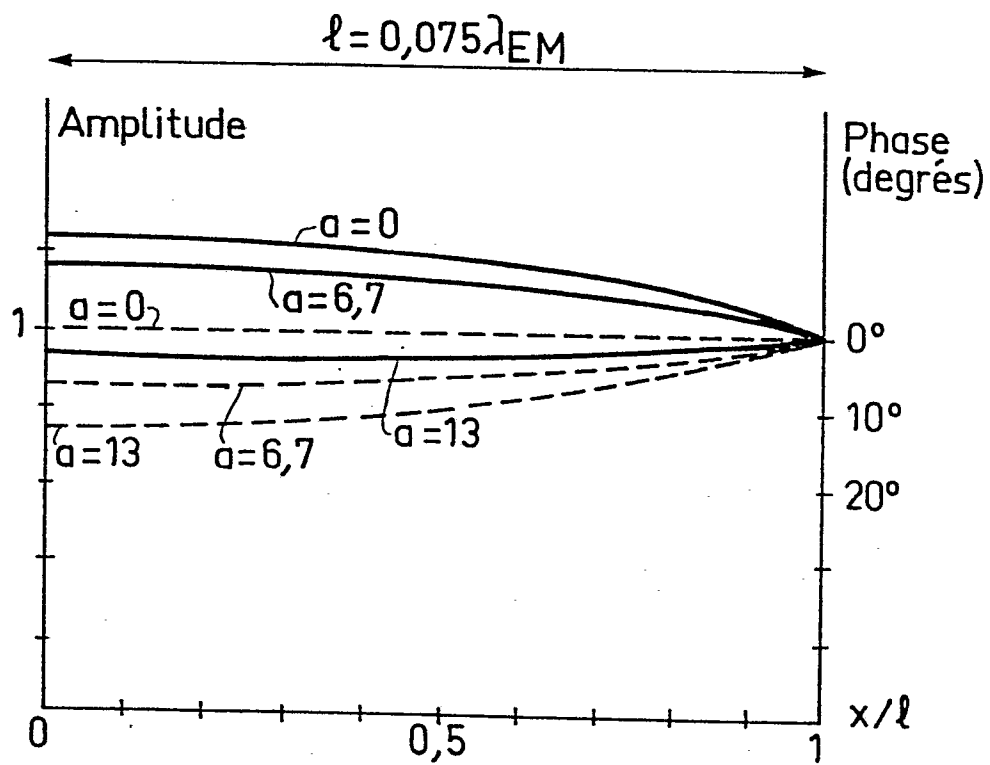


FIG.4



3/5

FIG. 5

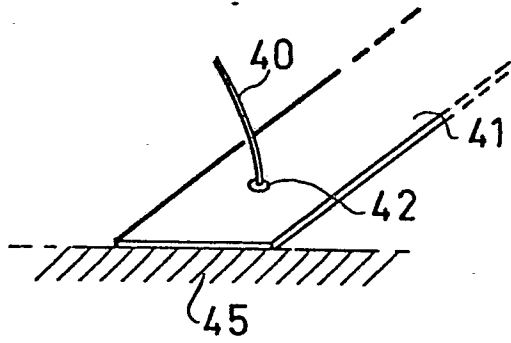


FIG. 6

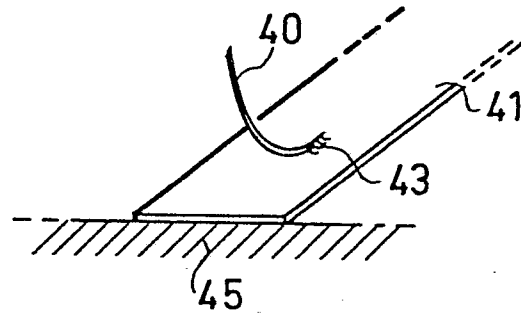


FIG. 7

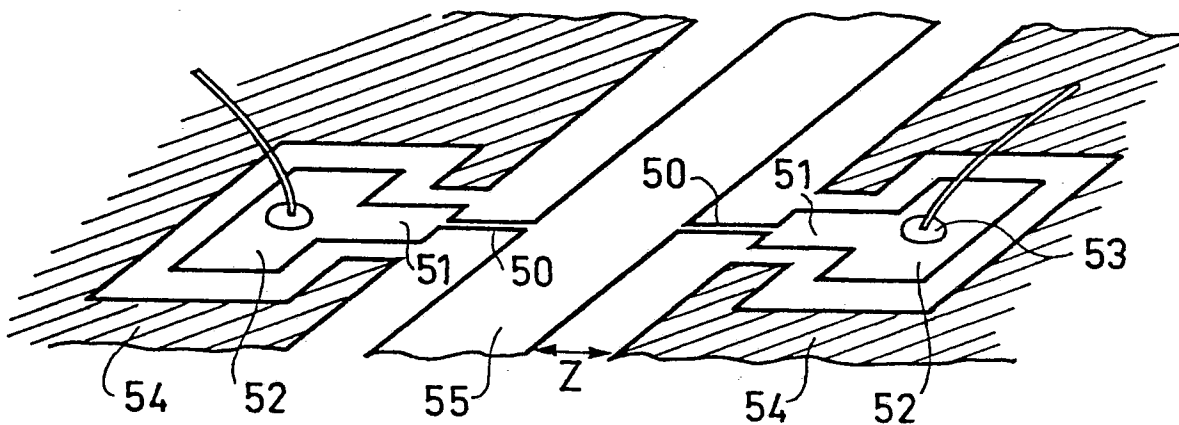
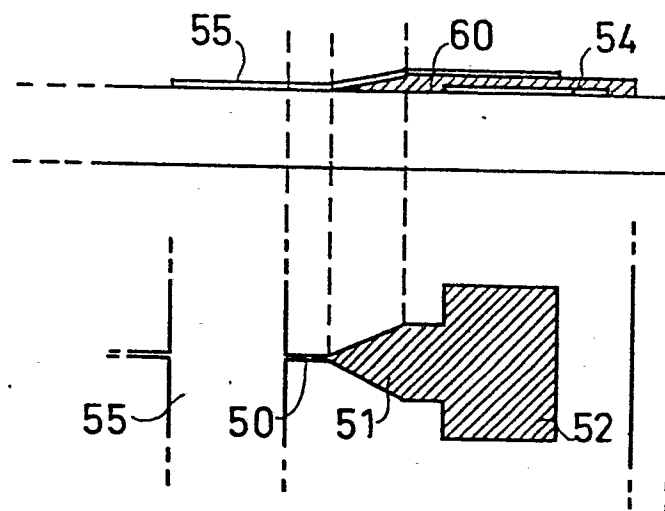


FIG. 8



4/5

FIG. 9

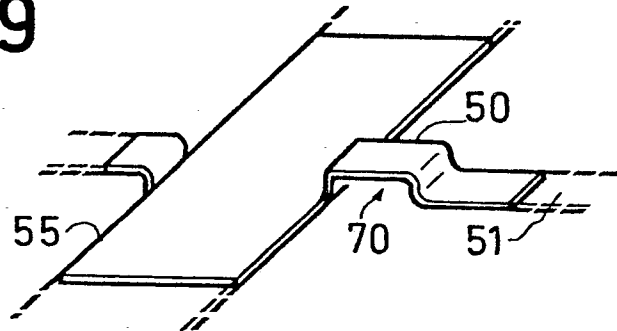


FIG. 10

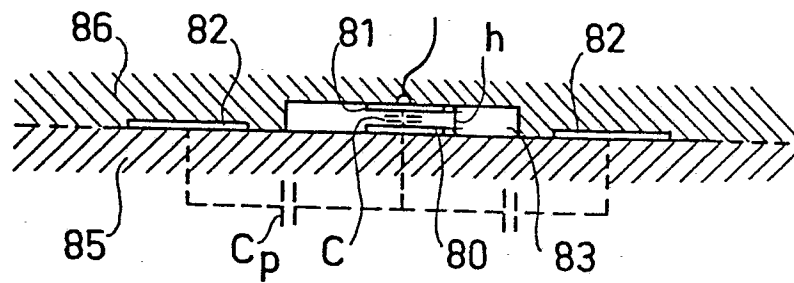


FIG. 11

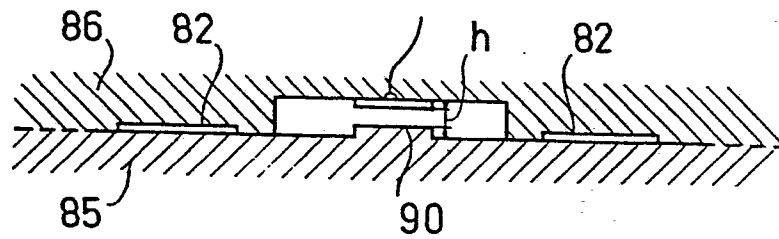


FIG. 12

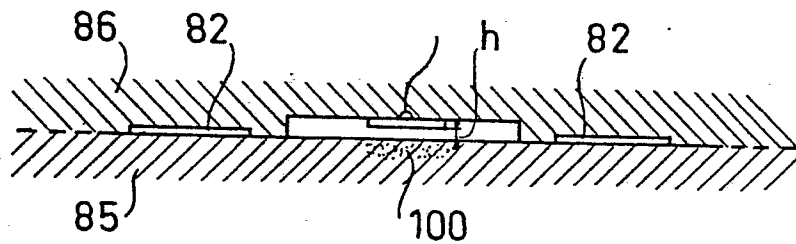
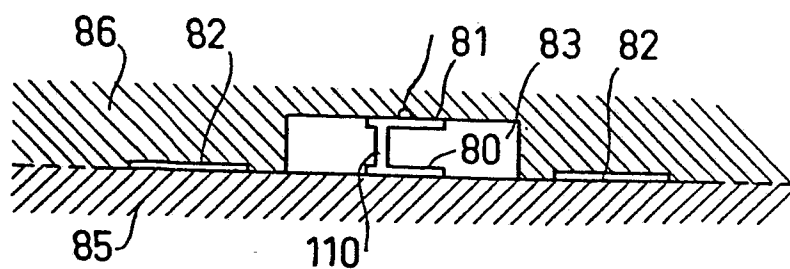


FIG. 13



5/5

FIG. 14

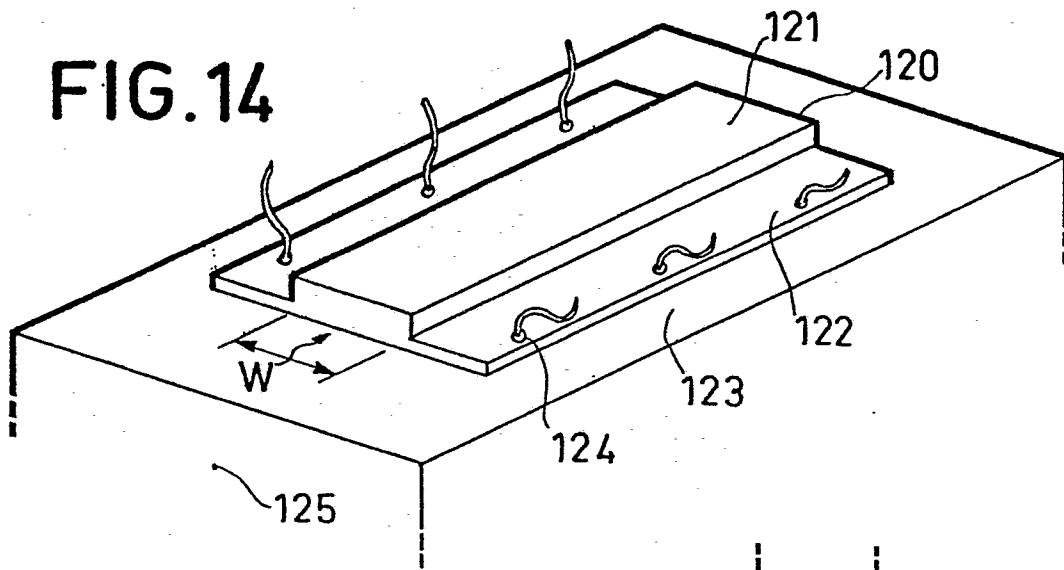


FIG. 16

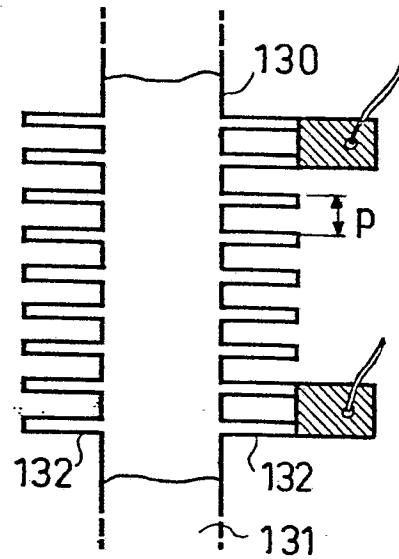
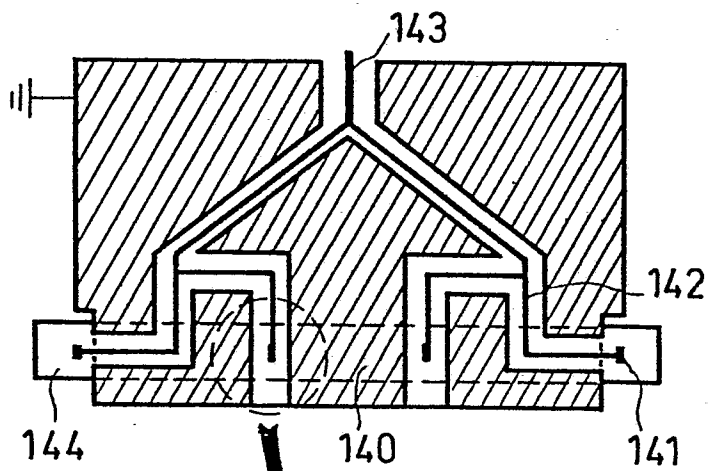
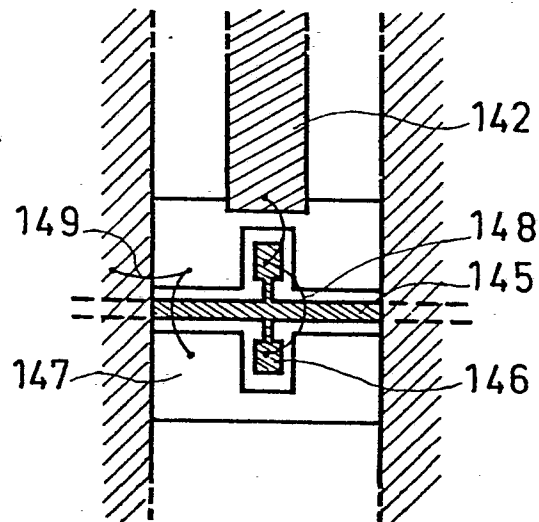


FIG. 15

FIG. 17





DOCUMENTS CONSIDERES COMME PERTINENTS			CLASSEMENT DE LA DEMANDE (Int. Cl. ³)
Catégorie	Citation du document avec indication, en cas de besoin, des parties pertinentes	Revendication concernée	
	IEEE PROCEEDINGS OF THE ULTRA-SONICS SYMPOSIUM, Monterey, 5/7-11-1973 New York, US W.R. SHREVE et al.: "Strip coupled acoustic convolvers", pages 145-147 * Page 145, colonne de gauche, 2ème alinéa * --	1	G 06 G 7/195
	IEEE PROCEEDINGS OF THE ULTRA-SONICS SYMPOSIUM, Monterey 5-7 novembre 1973 New York, US L.R. ADKINS: "Strip coupled A1N and Si on sapphire convolvers", pages 148-151 * Page 149, colonne de gauche, 3ème alinéa * --	1	DOMAINES TECHNIQUES RECHERCHES (Int. Cl. ³) G 06 G 7/195
A	PROCEEDINGS OF THE IEEE, mai 1976, vol. 64, no. 5, New York, US G.S. KINO: "Acoustoelectric interactions in acoustic-surface-wave devices", pages 724-748 --	1	
A	ELECTRONICS LETTERS, vol. 8, no. 22, 2 novembre 1972 Hitchin Herts, GB S. LUDVIK et al.: "Nonlinear interaction of acoustic surface waves in epitaxial gallium arsenide", pages 551-552 ----	1	CATEGORIE DES DOCUMENTS CITES X: particulièrement pertinent A: arrière-plan technologique O: divulgation non-écrite P: document intercalaire T: théorie ou principe à la base de l'invention E: demande faisant interférence D: document cité dans la demande L: document cité pour d'autres raisons &: membre de la même famille, document correspondant
X	Le présent rapport de recherche a été établi pour toutes les revendications		
Lieu de la recherche La Haye		Date d'achèvement de la recherche 25-08-1981	Examineur THOMAES