

RÉPUBLIQUE FRANÇAISE

INSTITUT NATIONAL
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE

PARIS

(11) N° de publication :
(A n'utiliser que pour les
commandes de reproduction).

2 484 151

A1

**DEMANDE
DE BREVET D'INVENTION**

(21) **N° 80 12870**

(54) Filtre récursif à double transfert de charges commandé par une double onde élastique de surface et procédé de réalisation.

(51) Classification internationale (Int. Cl. 3). H 01 P 1/20.

(22) Date de dépôt..... 10 juin 1980.

(33) (32) (31) Priorité revendiquée :

(41) Date de la mise à la disposition du
public de la demande B.O.P.I. — « Listes » n° 50 du 11-12-1981.

(71) Déposant : FELDMANN Michel et HENAFF Jeannine, résidant en France.

(72) Invention de : Michel Feldmann et Jeannine Henaff.

(73) Titulaire : *Idem* (71)

(74) Mandataire : Brevatome,
25, rue de Ponthieu, 75008 Paris.

La présente invention a pour objet un filtre récursif à transfert de charges. Elle trouve une application en électronique et notamment en télécommunications.

5

On connaît deux types de filtres à transfert de charges : les filtres transversaux et les filtres récursifs.

10

Les filtres transversaux à transfert de charges comprennent un substrat semiconducteur recouvert d'une ligne d'électrodes précédée d'un moyen d'injection de charges (diode p-n ou dispositif optique) et suivie d'une diode de collection de charges. Les électrodes se répartissent en électrodes de transfert et électrodes de lecture. Les premières sont reliées par des lignes de commande à des horloges délivrant des tensions variables aptes à créer, dans le substrat semiconducteur, des puits de potentiel qui se déplacent d'une électrode à l'autre. Des porteurs de charges qui sont, en l'occurrence, les porteurs minoritaires du substrat, sont retenus dans ces puits et entraînés avec eux. Les électrodes de lecture sont coupées en deux parties (ou éventuellement en plus de deux parties), en général inégales, chaque coupure définissant un coefficient de pondération, l'ensemble des coefficients déterminant une fonction de transfert pour le filtre. Les charges qui transitent sous les électrodes coupées sont lues non destructivement par un amplificateur différentiel dont la sortie constitue la sortie du filtre.

20

15

25

30

35

Un tel dispositif est décrit notamment dans l'ouvrage de Carlo H. SEQUIN et Michael F. TOMPSETT intitulé "Charge Transfer Devices", publié par Academic Press, Inc, 1975, aux pages 216 à 231.

Les filtres récursifs à transfert de charges comprennent eux aussi une ligne d'électrodes déposée

sur un substrat semi-conducteur et des moyens d'injection et de collection de charges. Mais ils comprennent en outre des moyens pour prélever des signaux en différents points de la ligne et les réinjecter en d'autres points afin de réaliser des bouclages amont et/ou aval. On trouvera une description de ces filtres dans l'ouvrage de C.H. SEQUIN et M.F. TOMPSETT cité plus haut, aux pages 209 à 216.

Plus récemment, ont été proposés des filtres récursifs à transfert de charges utilisant un canal semi-conducteur unique recouvert d'une première série d'électrodes formant une première ligne à retard et d'une deuxième série d'électrodes formant une deuxième ligne à retard. Ces électrodes sont reliées par des lignes de commande à des horloges qui délivrent des tensions variables de telle sorte que les transferts des charges soient de sens opposés dans les deux lignes. Celles-ci sont par ailleurs couplées l'une à l'autre en différents points par des électrodes de répartition qui enjambent le canal d'une ligne à l'autre. Ce sont ces électrodes qui assurent l'extraction et la réinjection des signaux en différents points des lignes.

Ces filtres récursifs particuliers à transfert de charges sont décrits dans les demandes de brevet français n° EN 78 19829 du 26 juin 1978 et n° EN 79 05108 du 21 février 1979 intitulées toutes deux "Filtres récursifs à dispositifs à transfert de charges". Le filtre de la présente invention appartient à cette dernière catégorie de filtres.

Ces filtres, s'ils possèdent de nombreuses qualités, souffrent néanmoins d'un inconvénient dû aux difficiles problèmes de connectique qu'ils soulèvent du fait qu'ils requièrent un grand nombre de connexions croisées pour relier les électrodes aux horlo-

ges de commande. Ce problème est d'autant plus ardu si l'on utilise des matériaux semiconducteurs comme GaAs, InP, HgCdTe, InSb, etc... pour lesquels la métallurgie du semiconducteur est peu compatible avec un degré élevé d'interconnexion.

La présente invention a justement pour objet un filtre récursif à transfert de charges du type à double ligne à retard qui ne présente pas cet inconvénient. A cette fin, l'invention prévoit le remplacement des moyens traditionnels de commande de transfert des charges (horloges, lignes de commande, interconnexions) par un dispositif à ondes élastiques de surface disposé à proximité immédiate du substrat semi-conducteur.

On sait, d'une manière générale, qu'une onde élastique se propageant à la surface d'un matériau piézoélectrique, engendre un champ électrique susceptible de former, dans un substrat semiconducteur placé à proximité, des puits de potentiel aptes à entraîner les porteurs minoritaires de ce substrat. On pourra se reporter, à propos de ce principe général, aux articles de :

- S.D. GAALEMA et al intitulé "Acoustic surface wave interaction charge-coupled device" publié dans Applied Physics Letters, vol. 29, n° 2, 15 juillet 1976, pages 82-83,
- R.J. SCHWARTZ et al intitulé "A surface wave interaction charge-coupled device" publié dans "1976 Ultrasonics Symposium Proceedings" IEEE Cat. 76, pages 197 à 200,
- N.A. PAPANICOLAOU et al intitulé "Charge transfer in silicon with surface acoustic waves" publié dans le même compte-rendu aux pages 201 à 204.

La présente invention a pour objet une application nouvelle de ce principe aux filtres récursifs à double transfert de charges du type évoqué plus haut.

De façon plus précise, la présente invention a pour objet un filtre récursif à transfert de charges comprenant :

- un substrat semiconducteur recouvert d'une première série d'électrodes définissant une première ligne à retard, d'une deuxième série d'électrodes définissant une seconde ligne à retard parallèle à la première, chaque ligne étant précédée d'un moyen d'injection de charges et suivie d'une diode de collecteur de charges, et d'une troisième série d'électrodes, dites de répartition, allant de la première ligne à retard à la seconde,
- un moyen de commande du transfert des charges, le sens du transfert pour la première ligne à retard étant inverse du sens de transfert pour la seconde, caractérisé en ce que ledit moyen de commande du transfert des charges est constitué par une lame de matériau susceptible de propager des ondes élastiques de surface, cette lame étant munie, à l'une de ses extrémités, d'un premier transducteur piézoélectrique réuni à un premier générateur, et à l'autre de ses extrémités, d'un second transducteur piézoélectrique réuni à un second générateur, ces deux transducteurs étant décalés transversalement l'un par rapport à l'autre et pouvant ainsi lancer deux ondes élastiques de surface dans des directions opposées selon deux pistes parallèles, la longueur d'onde de ces ondes étant égale à l'écart entre électrodes de répartition, et les deux transducteurs étant distants l'un de l'autre d'un nombre entier de longueurs d'onde, la lame ainsi constituée étant disposée à proximité immédiate du substrat semiconducteur, chaque piste à onde élastique de surface recouvrant l'une des lignes à retard et assurant le transfert des charges dans celle-ci.

De toute façon, les caractéristiques et avantages de l'invention apparaîtront mieux après la

description qui suit, d'exemples de réalisation donnés à titre explicatif et nullement limitatif. Cette description se réfère à des dessins sur lesquels :

- la figure 1 représente schématiquement un filtre récursif à transfert de charges à double ligne à retard selon l'art antérieur,
- la figure 2 représente schématiquement une variante du filtre précédent,
- la figure 3 représente schématiquement et en coupe un filtre conforme à l'invention,
- la figure 4 représente schématiquement et en vue éclatée deux sous-ensembles d'un filtre conforme à l'invention, à savoir une lame à ondes élastiques de surface à double piste (a) et un dispositif à transfert de charges à double ligne à retard (b),
- la figure 5 illustre un procédé particulier de réalisation du filtre de l'invention.

Le filtre récursif représenté sur la figure 1 est conforme à l'art antérieur (cf demande de brevet n° EN 78 19829 citée plus haut). Il comprend un substrat semi-conducteur 10 recouvert d'une première série d'électrodes E_1, E_2, \dots, E_5 définissant une première ligne à retard LR_1 et d'une deuxième série d'électrodes E_7, E_8, \dots, E_{10} définissant une seconde ligne à retard LR_2 . Chaque ligne est précédée d'une diode d'injection de charges $16_1, 16_2$ et suivie d'une diode de collection de charges $18_1, 18_2$.

Le substrat semi-conducteur comprend encore une troisième série d'électrodes P_1, P_2, P_3, P_4 dites de répartition, qui forment autant de ponts entre les deux lignes à retard LR_1 et LR_2 .

Les hauteurs des électrodes sont définies de la manière suivante. La hauteur de l'électrode E_5 est égale à h_1 et celle de l'électrode E_8 à $1-h_1$; la hauteur de l'électrode E_4 est égale à h_2 et celle de

5 E_9 à $l-h_2$; la hauteur de l'électrode E_3 est égale à h_3 et celle de E_{10} à $l-h_3$; la hauteur de l'électrode E_2 est égale à h_4 et celle de E_{11} à $l-h_4$. Enfin, la hauteur de l'électrode E_7 est égale à h_0 et celle de E_1 à h_5 . En d'autres termes, les électrodes de la première ligne à retard et celles de la seconde qui sont situées de part et d'autre d'une électrode de répartition, ont des hauteurs complémentaires.

10 Les électrodes E_1 , E_3 , E_5 de la première ligne à retard et E_8 , E_{10} de la seconde et les électrodes P_1 et P_3 de répartition sont réunies à des lignes de commande \emptyset_1 reliées à une première horloge H_1 . Les électrodes E_2 , E_4 de la première ligne à retard et E_7 , E_9 , E_{11} de la seconde ainsi que les électrodes P_2 et P_4 de répartition sont réunies à des lignes de commande \emptyset_2 reliées à une seconde horloge H_2 .

15 Dans ces conditions, et comme il est expliqué dans la demande de brevet précitée, les électrodes en pont P_1 , P_2 ,... assurent un rebouclage des signaux circulant dans les deux lignes à retard et une répartition complémentaire des charges dans ces lignes.

20 Les électrodes de répartition peuvent présenter des formes diverses. Elles peuvent être coupées, comme illustré sur la figure 2. La première ligne à retard n'y est représentée que par deux électrodes G_1 et G_2 et la seconde par deux électrodes G_3 et G_4 . L'électrode de répartition représentée comprend un élément P_1 de hauteur $l-s$, un élément P_2 et un élément P_3 , ce dernier de hauteur $l-r$. La partie P_2 jouxte l'électrode G_1 sur une hauteur s , l'électrode G_2 sur une hauteur $l-t$, l'électrode G_3 sur une hauteur r et l'électrode G_4 sur une hauteur t .

25 On a donc là encore des répartitions de charges complémentaires entre les deux lignes à retard ainsi qu'à l'intérieur d'une même ligne. Cette variante est décrite dans la seconde demande de brevet précitée.

Le dispositif représenté sur la figure 3 (en coupe) et sur la figure 4 (en vue de dessus éclatée) est un filtre récursif à transfert de charges selon l'invention. Il comprend, comme dans l'art antérieur illustré sur les figures précédentes, un substrat semi-conducteur 10 (par exemple en silicium de type P) recouvert d'une couche isolante 12 (par exemple en SiO_2), elle-même recouverte d'électrodes formant une double ligne à retard LR_1 , LR_2 . Le substrat semi-conducteur comprend deux diodes d'injection de charges 16_1 , 16_2 et deux diodes de collection de charges 18_1 et 18_2 . Les deux lignes à retard ainsi constituées possèdent des sens de transfert opposés, la ligne LR_1 voyant les charges se déplacer de la droite vers la gauche et la ligne LR_2 de la gauche vers la droite.

Conformément à l'invention, ce sous-ensemble est disposé à proximité d'un dispositif à ondes élastiques de surface constitué par une lame 22 susceptible de propager de telles ondes (par exemple une lame en niobate de lithium), cette lame étant munie à une extrémité d'un premier transducteur piézoélectrique 24_1 relié à un premier générateur de tension alternative 26_1 et à l'autre extrémité d'un second transducteur 24_2 relié à un second générateur de tension 26_2 . En face des transducteurs se trouvent des amortisseurs 28_1 et 28_2 . Une telle structure est capable d'engendrer et de propager deux ondes élastiques de surface symboliquement représentées par les flèches 30_1 et 30_2 se propageant en sens opposé le long de deux pistes p_1 et p_2 .

Lorsque le substrat semi-conducteur et la lame piézoélectrique sont accolées, la piste p_1 recouvre la ligne à retard LR_1 et la piste p_2 la ligne à retard LR_2 . Les deux ondes élastiques de surface qui se propagent sur les pistes p_1 et p_2 assurent alors le transfert des charges dans les lignes à retard LR_1 et LR_2 .

Les électrodes constituant la double ligne à retard sont conformes à l'art antérieur décrit plus haut et illustré sur les figures 1 et 2. Il s'agit donc de deux séries d'électrodes auxquelles s'ajoute une troisième série d'électrodes de répartition. Ces dernières sont distantes les unes des autres d'une longueur L . Pour que le transfert des charges s'effectue correctement, on choisit les transducteurs 24_1 et 24_2 pour que la longueur d'onde λ des ondes élastiques de surface soit égale au pas L , les deux transducteurs étant séparés l'un de l'autre par un nombre entier de longueur d'onde. De cette manière, les deux ondes 30_1 et 30_2 cheminant en sens inverse, sont en phase au-dessus des électrodes de répartition.

Pour tout ce qui concerne la technologie et les modes de réalisation du dispositif à ondes élastiques de surface, on pourra se reporter à l'ouvrage de H. MATTHEWS (Editeur, intitulé "Surface Wave Filters" John Wiley and Sons, 1977 ou à celui de A.A. OLINER (Editeur) intitulé "Acoustic Surface Waves", dans la collection "Topics in Applied Physics", vol. 24, Springer Verlag, 1978.

Le mode de réalisation qui est illustré sur les figures 3 et 4 n'est donné naturellement qu'à titre explicatif et il va de soi que des modifications peuvent y être apportées. Par exemple, au lieu d'utiliser des électrodes disposées sur un isolant, comme illustré, ce qui convient au cas du silicium, on peut former des diodes Schottky sur le semiconducteur, ce qui convient notamment au cas de GaAs.

Un procédé de réalisation du filtre qui vient d'être décrit peut consister à réaliser séparément les deux sous-ensembles tels que représentés sur la figure 4, puis à accoler ces sous-ensembles pour obtenir le dispositif de la figure 3. Pour faciliter

la mise en place du dispositif à semiconducteur sur la lame piézoélectrique, des rails de guidage isolants peuvent être déposés au préalable sur celle-ci. On peut aussi usiner dans la lame un logement adapté au dispositif semiconducteur.

L'invention prévoit un autre mode de réalisation dans lequel certaines électrodes sont déposées sur le substrat semiconducteur et d'autres sur la lame piézoélectrique.

La figure 5 illustre ce mode de réalisation en montrant une lame piézoélectrique à double piste recouverte de quelques électrodes coupées et de trois lignes, l'une centrale \emptyset_1^+ et les deux autres latérales \emptyset_1^- , auxquelles les électrodes peuvent être réunies.

Dans le filtre obtenu par ce procédé, la charge est transférée par influence des électrodes du semiconducteur aux électrodes de la lame piézoélectrique.

Ce procédé de fabrication montre bien l'avantage procuré par le filtre de l'invention en ce qui concerne la simplification des connexions et des opérations de dépôt des électrodes.

REVENDICATIONS

1. Filtre récursif à transfert de charges comprenant :
- un substrat semi-conducteur (10) recouvert d'une première série d'électrodes définissant une première ligne à retard (LR_1), d'une deuxième série d'électrodes définissant une seconde ligne à retard (LR_2) parallèle à la première, chaque ligne étant précédée d'un moyen d'injection de charges ($16_1, 16_2$) et suivie d'une diode de collection de charges ($18_1, 18_2$), et d'une troisième série d'électrodes, dites de répartition, allant de la première ligne à retard à la seconde,
 - un moyen de commande du transfert des charges, le sens du transfert pour la première ligne à retard étant inverse du sens de transfert pour la seconde, caractérisé en ce que ledit moyen de commande du transfert des charges est constitué par une lame (22) de matériau susceptible de propager des ondes élastiques de surface, cette lame étant munie à l'une de ses extrémités d'un premier transducteur piézoélectrique (24_1) réuni à un premier générateur (26_1) et à l'autre extrémité d'un second transducteur (24_2) piézoélectrique réuni à un second générateur (26_2), ces deux transducteurs étant décalés transversalement l'un par rapport à l'autre et pouvant ainsi lancer deux ondes élastiques de surface dans des directions opposées selon deux pistes parallèles (p_1, p_2), la longueur d'onde des ondes élastiques étant égale à l'écart entre électrodes de répartition et les deux transducteurs étant distants l'un de l'autre d'un nombre entier de longueurs d'onde, la lame ainsi constituée étant disposée à proximité immédiate du substrat semi-conducteur, chaque piste à onde élastique de surface recouvrant l'une des lignes à retard et assurant le transfert des charges dans celle-ci.

2. Procédé de réalisation du filtre selon la revendication 1, caractérisé en ce qu'on dépose certaines électrodes ou lignes de connexion sur le substrat semiconducteur et d'autres sur la lame à ondes élastiques de surface et en ce qu'on accolé ensuite ledit substrat et ladite lame recouverts de leurs électrodes respectives.

1/3

FIG.1

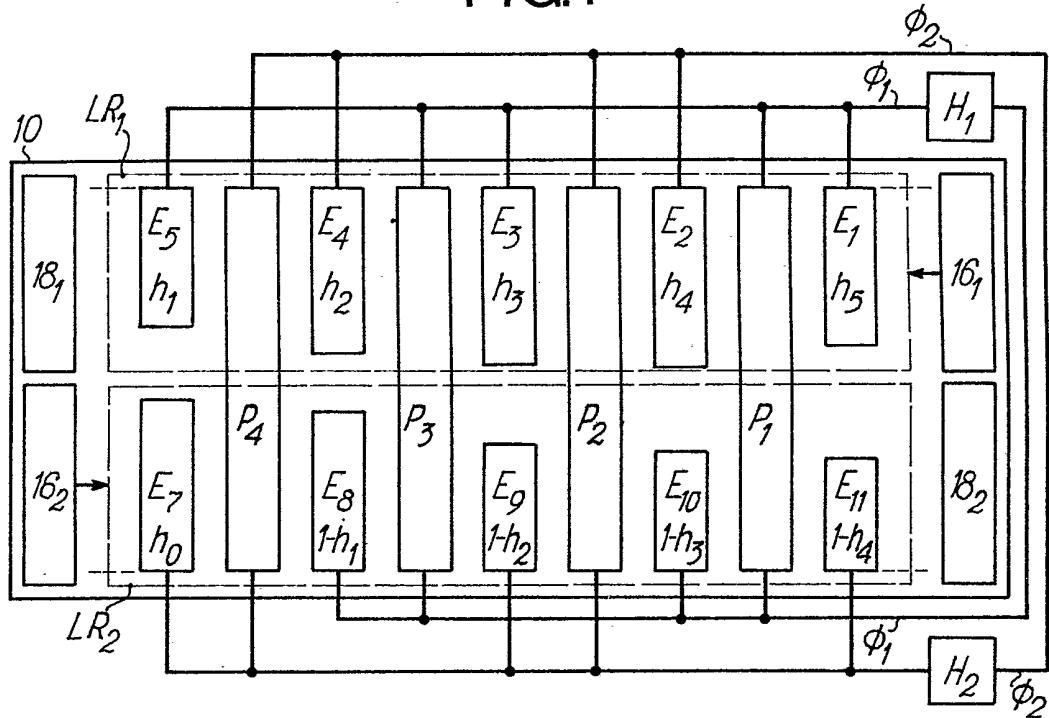
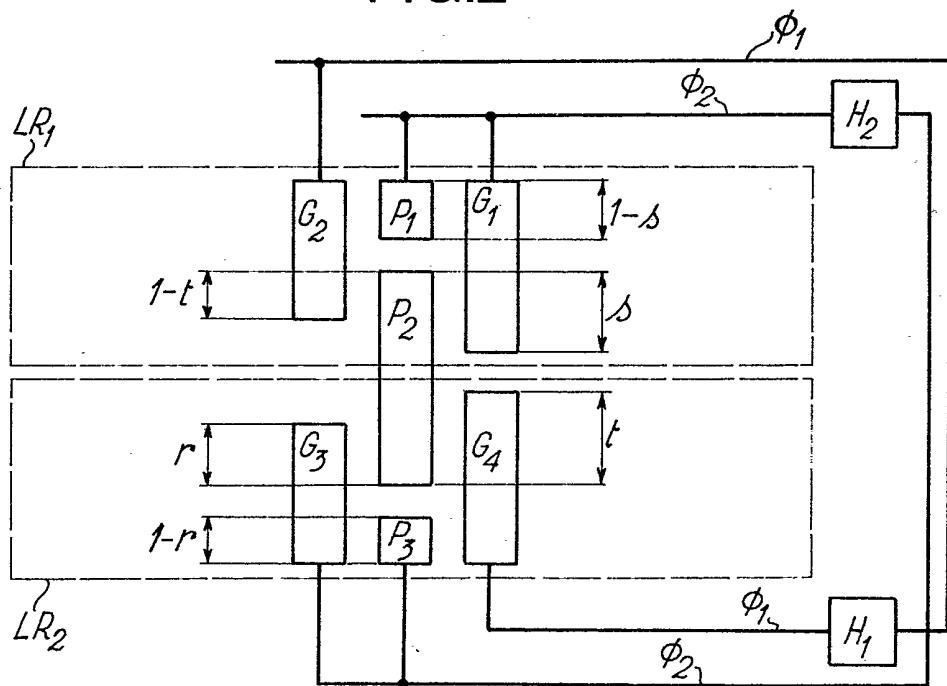


FIG.2



2/3

FIG.3

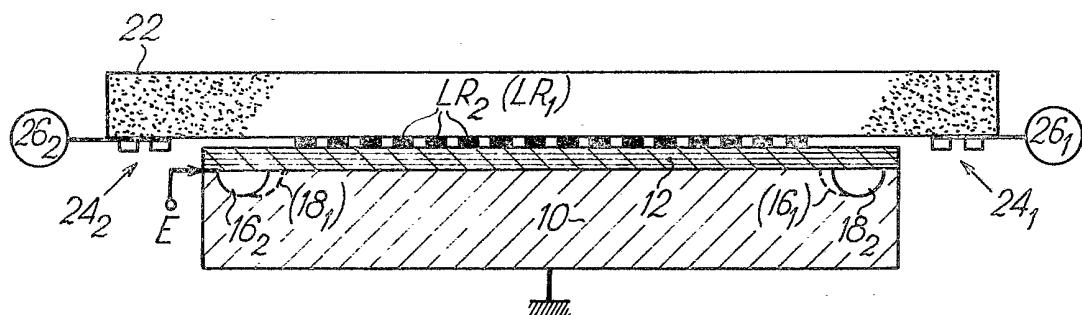
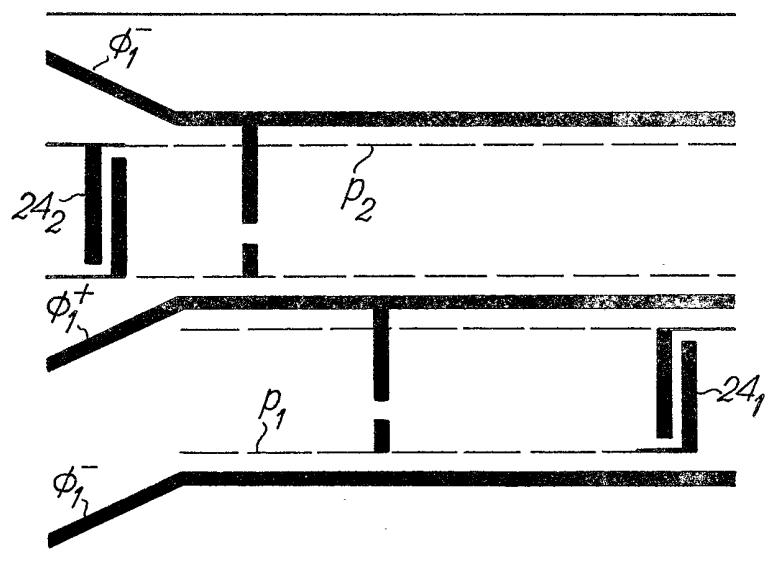


FIG.5



3/3

FIG.4

