

-8 ENE. 1975

430875

MEMORIA DESCRIPTIVA

H03H

para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de N.V. PHILIPS'GLOEILAMPENFABRIEKEN

entidad holandesa

establecida en Emmasingel 29, Eindhoven, Holanda

por: "UN METODO DE FABRICAR UN DISPOSITIVO DE ONDA
SUPERFICIAL ACUSTICA"

(Clase Internacional Ho1p)

La presente invención se refiere a mejoras en, o con relación a, filtros de paso de banda de ondas acústicas de superficie y/o dispositivos de retardo que emplean ondas acústicas de superficie de la clase en que la amplitud de la onda disminuye rápidamente con la distancia existente desde la superficie de propagación, tal como, por ejemplo, ondas de Rayleigh u ondas de Rayleigh generalizadas.

El empleo de ondas acústicas de superficie ha permitido que se fabriquen filtros selectivos de frecuencia y/o dispositivos de retardo, en una forma que es pequeña y robusta, utilizando técnicas que son similares a la fabricación de circuitos integrados y compatibles con las mismas. Dichos dispositivos permiten evitar dificultades tales como el volumen y costo de fabricación, conjuntamente con la posibilidad de disponer de inductores discretos.

En tal dispositivo, una onda acústica de superficie es lanzada sobre una superficie plana de propagación de onda acústica de superficie, de un cuerpo piezoeléctrico, mediante un grupo o conjunto ordenado interdigital de electrodos que forma un transductor de lanzamiento o emisión. En el camino de las ondas acústicas de superficie que se propagan desde el transductor de emisión, se dispone otro conjunto ordenado interdigital de elec-

trodos, y éste forma un transductor receptor que convierte la onda acústica de superficie recibida en una señal eléctrica correspondiente. Los conjuntos o grupos interdigitales tienen cada uno de ellos una estructura periódica que, juntamente con la velocidad de propagación de la onda acústica de superficie, da lugar a una respuesta global selectiva de frecuencia para el dispositivo. Esta respuesta puede modificarse a voluntad disponiendo en forma adecuada la separación, anchura y magnitud de velocidad de los elementos electrodos contiguos del conjunto ordenado, para proporcionar cualquier respuesta de una gran variedad de respuestas de paso de banda deseadas.

Sin embargo, la distribución del campo eléctrico en un sistema directivo interdigital de electrodos es tal que, además de la onda acústica de superficie deseada, pueden producirse también ondas desordenadas o masivas no deseadas en modos longitudinal y de corte, que se propagan a través del cuerpo a velocidades que difieren, en general, de la velocidad de la onda acústica de superficie y pueden ser recibidas por el transductor de recepción para dar lugar a una consiguiente señal de salida no deseada. En el diseño de un filtro de frecuencia intermedia para utilizar en un receptor de televisión, se requieren normas muy exigentes en cuanto a la eliminación de señales, para frecuencias contiguas y que están justamente

por encima del paso de banda, y es en esta zona, y cerca de ella, donde las correspondientes ondas masivas tienden a ser excitadas por los transductores interdigitales a frecuencias que dependen de la velocidad de propagación de la onda masiva afectada. En el caso de un dispositivo cuya finalidad principal es proporcionar un retardo de tiempo, la presencia de tales ondas masivas puede dar lugar a señales indeseables que tengan un retardo inadecuado. Las ondas masivas pueden ser emitidas por un transductor interdigital y con ángulos variables con respecto a la superficie de propagación de la onda de superficie, y las dirigidas hacia la superficie opuesta de la lámina pueden ser absorbidas y/o dispersadas utilizando medios adecuados. Sin embargo, se ha comprobado que, incluso cuando ésto se ha llevado a cabo en forma eficaz, puede aparecer en la salida del filtro una apreciable componente indeseable e imprevisible.

Un objeto de la presente invención es proporcionar un dispositivo mejorado para onda acústica de superficie, el cual puede reducir o superar esta dificultad.

De acuerdo con la presente invención, se dispone de un método para fabricar un dispositivo de onda acústica de superficie en el cual se forma en un cuerpo monocristalino de una sustancia piezoeléctrica seleccionada una superficie de propagación de onda acústica de super-

ficie, como aquí se define, orientado en una forma elegi-
da con respecto a los ejes cristalográficos de dicho mono-
cristal; a dicha superficie de propagación de onda acús-
tica de superficie se aplican conjuntos de electrodos in-
5 terdigitales de emisión y recepción, respectivamente, pa-
ra lanzar y recibir ondas acústicas de superficie a lo
largo de un eje elegido de propagación de ondas acústicas
de superficie, sobre dicha superficie, con el fin de pro-
porcionar una respuesta deseada de amplitud y frecuencia,
10 y dicho cuerpo está dotado de medios dispuestos para dis-
persar y/o absorber ondas masivas que se propagan en di-
cho cuerpo a lo largo de caminos que no son paralelos ni
contiguos al camino de propagación de las ondas acústicas
de superficie, en el cual dicha materia piezoeléctrica y
15 la orientación de dicha superficie respectiva de propaga-
ción de ondas acústicas de superficie y la dirección axial
con respecto a los ejes cristalográficos de dicho cuerpo
monocristalino, se seleccionan para proporcionar un aco-
plamiento piezoeléctrico sensiblemente cero, entre dichos
20 conjuntos de electrodos interdigitales, y por lo menos
uno del grupo de ondas masivas axiales, como aquí se defi-
nen, consistiendo dicho grupo en la onda masiva axial lon-
gitudinal y una de las dos ondas masivas axiales de corte,
cuando dicha onda masiva axial de corte no tiene sensible-
25 mente ninguna componente de movimiento de partículas for-

mando ángulo recto con dicha superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie, y las ondas masivas axiales de corte, o cada una de ellas, para las cuales existe una magnitud apreciable de acoplamiento piezoeléctrico con dichos conjuntos de electrodos interdigitales, tiene un movimiento de partículas que contiene una componente perpendicular a la superficie de propagación de la onda acústica de superficie, de forma que la respectiva citada onda masiva axial de corte es sensiblemente incapaz de propagarse en una dirección paralela a la superficie, y el acoplamiento piezoeléctrico entre un respectivo conjunto de electrodos interdigitales citados y dichas ondas masivas axiales que son generadas por el mismo, son suficientemente pequeñas como para evitar una apreciable perturbación de la respuesta deseada de amplitud y frecuencia del dispositivo.

La invención está limitada aquí a dispositivos que emplean ondas acústicas de superficie de la clase en que la amplitud de desplazamiento disminuye rápidamente con la distancia recorrida desde la superficie de propagación de la onda acústica de superficie, en el cuerpo sobre el cual se forma la superficie, tal como, por ejemplo, ondas de Rayleigh u ondas de Rayleigh generalizadas.

Una superficie de propagación de ondas acústicas de superficie se define aquí como una superficie sen

siblemente plana, formada por un cuerpo de material monocristalino piezoeléctrico, a una orientación predeterminada con respecto a los ejes cristalográficos, de tal manera que cuando se forma un conjunto ordenado de electrodos interdigitales sobre dicha superficie plana para transmitir o recibir una onda acústica de superficie que se desplaza en una dirección de propagación predeterminada, sobre dicha superficie, existe un grado útil de acoplamiento electromecánico entre dicho conjunto de electrodos interdigitales y dicho cuerpo piezoeléctrico con respecto a dicha onda acústica de superficie. A los efectos de su descripción, la superficie de propagación de ondas acústicas de superficie se definirá mediante las direcciones x_1 , x_2 de un conjunto ortogonal arbitrario de ejes x_1 , x_2 , x_3 , y la dirección del camino de propagación de la onda acústica de superficie, sobre dicha superficie, se supondrá que es paralela al eje x_1 .

Los términos ondas masivas axiales, onda masiva axial longitudinal y ondas masivas axiales de corte se emplean en esta memoria para significar, respectivamente, ondas masivas, una onda masiva longitudinal y las ondas masivas de corte que, en condiciones favorables de acoplamiento piezoeléctrico tenderían a generarse en una dirección paralela al eje de propagación de la onda acústica de superficie mediante un conjunto ordenado de electrodos

interdigitales de transductor a frecuencias respectivas que dependen de la periodicidad espacial del conjunto interdigital y la correspondiente velocidad de la onda. En general, las ondas masivas de un cuerpo monocristalino comprenden una onda masiva longitudinal con un movimiento de partículas dirigido generalmente a lo largo de la dirección de propagación y dos ondas masivas de corte que tienen movimientos de partículas dirigidos generalmente en forma transversal a la dirección de propagación y formando entre sí ángulos rectos.

La onda masiva axial longitudinal, una vez generada, se propagará libremente en forma paralela y contigua a la superficie. Sin embargo, en el caso de las ondas masivas axiales de corte, cuando las condiciones son favorables para que se genere una onda de una determinada frecuencia, en una dirección paralela al eje de propagación de la onda acústica de superficie, tal onda masiva de corte unicamente se propagará libremente en forma paralela y contigua a la superficie si el movimiento de partículas de la misma no contiene sensiblemente ninguna componente perpendicular a la superficie. Si la onda masiva de corte tiene una componente de movimiento apreciable perpendicular a la superficie, las condiciones de límite en la superficie harán que tal onda se vuelva evanescente, tendiendo a disminuir la amplitud con el aumento de la dis-

tancia desde el transductor de emisión.

La presente invención está limitada a orientaciones para las cuales las dos ondas masivas axiales de corte se propagan a velocidades sensiblemente distintas, ya que, cuando la velocidad de propagación es la misma para las dos ondas masivas de corte, se forma una onda de corte resultante con una dirección de movimiento de partículas que puede resultar incierta, como resultado de cambios casuales en la fase relativa de las dos ondas generadas.

Además, de acuerdo con la presente invención, se proporciona un dispositivo de onda acústica de superficie que comprende un cuerpo monocristalino de una sustancia piezoeléctrica, que tiene una superficie de propagación de onda acústica de superficie, como aquí se define, formada en el mismo y los respectivos conjuntos de electrodos interdigitales de emisión y recepción, aplicados al mismo, respectivamente, para emitir y recibir ondas acústicas de superficie a lo largo de un eje de propagación predeterminado sobre dicha superficie, con el fin de proporcionar una respuesta deseada de amplitud y frecuencia, estando dispuesto dicho cuerpo de forma que las ondas masivas dirigidas hacia fuera de dicha superficie de propagación de ondas acústicas de superficie son dispersadas y/o absorbidas, con lo que dicha sustancia

piezoeléctrica y la orientación de dicha superficie respectiva de propagación de onda acústica de superficie y la dirección axial relativa a los ejes cristalográficos de dicho cuerpo monocristalino, se seleccionan para proporcionar un acoplamiento piezoeléctrico, sensiblemente
5 cero, entre dichos conjuntos de electrodos interdigitales y, por lo menos, uno de los grupos de ondas masivas axiales, como aquí se definen, consistiendo dichos grupos en la onda masiva axial longitudinal y una de las dos ondas
10 masivas axiales de corte, cuando dicha onda masiva axial de corte no tiene sensiblemente ninguna componente de movimiento de partículas formando ángulo recto con dicha superficie de propagación de onda acústica de superficie, y las ondas masivas axiales de corte, o cada una de
15 ellas, para las cuales existe una magnitud apreciable de acoplamiento piezoeléctrico con dichos conjuntos de electrodos interdigitales, tiene un movimiento de partículas que contiene una componente perpendicular a la superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie, de
20 forma que la respectiva onda masiva axial de corte citada es sensiblemente incapaz de propagarse en una dirección paralela a la superficie, y el acoplamiento piezoeléctrico entre un respectivo conjunto de electrodos interdigitales citados y las citadas ondas masivas axiales que se ge-
25 nerarán por ello, son suficientemente pequeñas como para im-

pedir una apreciable perturbación de la respuesta de amplitud y frecuencia deseadas del dispositivo.

En una forma de la invención el cuerpo monocristalino de la materia piezoeléctrica se selecciona y corta de forma que se satisfacen las siguientes relaciones:

$$d_{11} + \frac{1}{2}d_{16} \tan \phi = 0 \quad (1)$$

$$d_{31} + \frac{1}{2}d_{36} \tan \phi = 0$$

en donde ϕ es el ángulo, medido entre el plano de propagación x_1, x_2 , que el movimiento de partículas de dicha onda masiva axial longitudinal, si se generase, formaría con la dirección x_1 , y d_{11}, d_{12}, d_{16} y d_{36} son las respectivas constantes piezoeléctricas que guardan relación con la superficie x_1, x_2 , utilizando los índices reducidos descritos, como, por ejemplo, en las págs. 113-115 de "Physical Properties of Crystals" (Propiedades Físicas de los Cristales), por J.F. Nye, 1ª edición, 1957 (Oxford University Press).

En una realización práctica de esta forma de la invención, en la cual ambas ondas masivas axiales de corte son generadas por dicho conjunto de electrodos interdigitales, la orientación cristalográfica está dispuesta de forma que la dirección de movimiento de partículas para cada onda masiva axial de corte citada, está inclinada

por lo menos 5 grados con respecto a la superficie de propagación de la onda acústica de superficie, y el transductor está distanciado del transductor de emisión en la dirección de propagación de las ondas acústicas de superficie, de forma que el efecto en dicho transductor receptor de dichas ondas masivas axiales de corte generadas por dicho transductor de emisión, se hace inteligible en comparación con el de las ondas acústicas de superficie deseadas. En esta realización práctica, puede emplearse un cuerpo monocristalino formado de niobato de litio, óxido de silicio de bismuto u óxido de germanio de bismuto.

Como alternativa de la primera forma de la presente invención, o en combinación con ella, algunas veces la sustancia piezoeléctrica y la orientación relativa con respecto a los ejes de cristal del mismo del plano de propagación x_1 x_2 de la onda acústica de superficie y la dirección de propagación x_1 de la onda acústica de superficie, pueden seleccionarse algunas veces de forma que el movimiento de partículas de una de dichas ondas masivas axiales de corte es sensiblemente paralelo a dicha superficie de propagación de onda acústica de superficie, y el acoplamiento piezoeléctrico entre dicha onda masiva axial de corte y un transductor interdigital, es cero. En el caso en que el movimiento de partículas en la

onda de corte forma un ángulo recto con la dirección de propagación x_1 de la onda acústica de superficie, es decir, equivalente al caso en que $\theta = 0$ para la onda longitudinal, el acoplamiento es cero cuando d_{16} y d_{36} son cero. Puede derivarse la correspondiente relación para el caso en que el movimiento de partículas de la onda de corte no forma ángulo recto con la dirección x_1 .

Pueden hallarse orientaciones para las cuales una de las ondas masivas axiales de corte tiene un movimiento de partículas paralelo a la superficie $x_1 x_2$ y los acoplamientos piezoeléctricos entre un conjunto de electrodos de transductor interdigital, y tanto la onda masiva axial longitudinal como la citada onda masiva axial de corte son cero, de forma que tales ondas no son generadas ni recibidas por el mismo. Las sustancias para las cuales esto es posible, incluyen ciertos monocristales piezoeléctricos pertenecientes a las clases de cristal 23 ó $\bar{4}3m$, tales como, por ejemplo, óxido de silicio de bismuto u óxido de germanio de bismuto. Por lo tanto, dicha sustancia piezoeléctrica puede ser un cristal cúbico piezoeléctrico orientado de forma que la superficie de propagación de la onda acústica de superficie se encuentra paralela al plano reticular (110) ó a un plano cristalográficamente equivalente, como aquí se define, y dicha dirección de propagación está orientada paralela a la dirección $[001]$ ó a

una correspondiente dirección equivalente en dicho plano
cristalográficamente equivalente. Por lo tanto, considera
ciones de simetría indican para un cristal cúbico que el
plano (110) es equivalente no solamente a los planos reti
5 culares $(\bar{1}10)$, $(1\bar{1}0)$ y $(\bar{1}\bar{1}0)$, pero sino también, debido a
que los ejes de cristal XYZ son intercambiables, también
a los planos (101) ó (011) y las correspondientes permuta
ciones negativas. En forma similar, la dirección $[001]$
en el plano (110) tendrá los correspondientes equivalentes
10 en los otros planos.

Algunas veces puede ser conveniente seleccionar
una orientación para la cual una de las dos ondas masivas
axiales de corte tiene un movimiento de partículas parale
lo a la superficie x_1, x_2 y acoplamiento piezoeléctrico
15 cero a un conjunto ordenado de electrodos interdigitales
de transductor, pero para el cual la onda masiva axial
longitudinal se genera con una amplitud relativamente pe
queña en comparación con la de la onda acústica de super
ficie. Esto puede ser ventajoso cuando tal orientación
20 proporciona un factor de acoplamiento relativamente gran
de para la generación de ondas acústicas de superficie.
Tal orientación es proporcionada por un cristal piezoeléct
trico cúbico dispuesto de forma que la superficie de pro
pagación de la onda acústica de superficie se encuentra
25 paralela al plano reticular (100), o un plano cristalográ

ficamente equivalente, y la dirección de propagación de
 la onda acústica de superficie es paralela a la dirección
 $[0\bar{1}\bar{1}]$ ó $[011]$, o a una correspondiente dirección
 equivalente en dicho plano cristalográficamente equivalente.
 5 Consideraciones de simetría concernientes a cristales
 cúbicos indican que estas direcciones del plano (100) pue-
 den considerarse equivalentes a las siguientes:

las direcciones $[0\bar{1}\bar{1}]$ ó $[01\bar{1}]$ en el plano $(\bar{1}00)$
 10 $[101]$ $[\bar{1}0\bar{1}]$ (010)
 $[\bar{1}01]$ $[10\bar{1}]$ (0 $\bar{1}$ 0)
 $[110]$ $[\bar{1}\bar{1}0]$ (001)
 $[\bar{1}10]$ $[1\bar{1}0]$ (00 $\bar{1}$)

15 El óxido de silicio de bismuto y el óxido de
 germanio de bismuto forman adecuados cristales cúbicos
 piezoeléctricos.

Esta orientación tiene una ventaja en el senti-
 do de que la onda masiva axial de corte, cuyo movimiento
 20 de partículas es paralelo a la superficie de propagación
 de onda acústica de superficie, tiene la velocidad de pro-
 pagación más baja de las tres posibles ondas masivas axia-
 les y, caso de existir, causaría una perturbación a la
 respuesta de amplitud y frecuencia en una zona muy próxi-
 25 ma a la banda de paso de un filtro de paso de banda en que,

por ejemplo en un filtro de frecuencia intermedia de tele-
visión en color, se requiere una gran cantidad de atenua-
ción.

5 En esta orientación existe cierto acoplamiento
entre un conjunto de electrodos interdigitales y tanto la
onda masiva axial longitudinal como la onda masiva axial
de corte, cuyo movimiento de partículas es perpendicular
a la superficie de propagación, pero si bien las condicio-
nes de acoplamiento piezoeléctrico y la configuración del
10 conjunto de electrodos interdigitales son tales que pudie-
ra generarse una onda masiva axial de corte citada, una
onda con tal movimiento de partículas resultaría sensib-
lemente incapaz de propagarse a lo largo de un camino conti-
guo y paralelo a la superficie. La onda sería evanescente
15 y, separando adecuadamente los transductores de emisión y
recepción, la amplitud recibida puede hacerse desprecia-
ble comparada con la amplitud de señal de la onda acústica
de superficie deseada. La orientación existente en es-
ta realización práctica de la presente invención propor-
20 ciona un factor de acoplamiento piezoeléctrico (k^2) para
ondas acústicas de superficie que, en el caso de óxido de
silicio de bismuto, por ejemplo, es suficientemente gran-
de en comparación con la magnitud de la correspondiente
constante piezoeléctrica que acopla el campo del transduc-
25 tor a la onda masiva axial longitudinal, para hacer que

la magnitud de la señal de salida indeseada resultante de la onda masiva axial longitudinal sea suficientemente pequeña para permitir que pueda fabricarse un satisfactorio filtro de frecuencia intermedia de televisión.

5 Si bien dispositivos de ondas acústicas de superficie que incorporan la presente invención pueden utilizarse como líneas de retardo en forma ventajosa, es especialmente ventajoso cuando la invención se incorpora en un filtro de onda acústica de superficie, ya que esto permite obtener una realización más aproximada de la respuesta del filtro de onda acústica diseñado para funcionar como filtro de onda acústica.

10 La presente invención se basa en la consideración de que mientras las respuestas espurias en un dispositivo de retardo o filtro de onda acústica de superficie, resultantes de las ondas masivas que se desplazan hacia fuera desde la superficie de propagación de onda acústica de superficie, en general, pueden atenuarse o eliminarse mediante absorción y/o dispersión dentro del medio de propagación, o en un límite del mismo, siendo el medio de propagación distinto a la superficie de propagación de la onda acústica de superficie, por ejemplo, utilizando el medio que se describe y preconiza en la Solicitud de Patente holandesa 41479/73, las apreciables respuestas espurias que, sin embargo, permanecen, son debidas a ondas

masivas longitudinales y ondas masivas de corte, especialmente cuando estas últimas tienen un movimiento de partículas transversal paralelo a la superficie de propagación, que se generan en una dirección paralela al eje de propagación de la onda acústica de superficie y contiguo a la superficie de propagación y que el efecto de estas ondas masivas axiales puede reducirse o eliminarse empleando un material monocristalino piezoeléctrico en el cual puede formarse, y se forma, una superficie de propagación de onda acústica de superficie, para la cual la combinación de factores de acoplamiento piezoeléctrico y condiciones de propagación existentes en la dirección de propagación de la onda acústica de superficie seleccionada, impiden sensiblemente la transmisión de energía desde el conjunto de electrodos interdigitales de transmisión al correspondiente conjunto de electrodos interdigitales de recepción, mediante la citada componente de onda masiva axial longitudinal y/o de corte, que tiene un movimiento de partículas que se encuentra en una dirección paralela a la superficie de propagación de la onda acústica de superficie, o en el punto más próximo a la misma.

El efecto de la componente de la onda masiva axial longitudinal de la perturbación de onda espuria dirigida a lo largo de la dirección de propagación de la onda acústica de superficie, se elimina sensiblemente impi-

diendo la generación de esta onda masiva. Los módulos piezoeléctricos d_{ij} , que hacen principalmente que se propague una onda masiva axial longitudinal a lo largo del camino de propagación de la onda acústica de superficie (x_1), cuando se emplea un transductor de emisión interdigital, y el movimiento de partícula se dirige paralelo a dicho camino, son los módulos d_{11} y d_{31} . Sin embargo, en general, la naturaleza del retículo de cristal y la orientación de los ejes cristalográficos X, Y y Z con respecto a los ejes de propagación x_1, x_2, x_3 , darán como resultado un movimiento de partículas que está inclinado un ángulo ϕ con la dirección x_1 , como resultado de un campo eléctrico que actúa mediante los respectivos módulos d_{11} y d_{31} .

Con el fin de reducir a cero el movimiento resultante de partículas a lo largo de la dirección de propagación de la onda acústica de superficie, cuando el ángulo ϕ es cero, basta con seleccionar un material y una orientación cristalográfica en ese material para la cual d_{11} y d_{31} son cero para la superficie de propagación de ondas acústicas de superficie (x_1, x_2). Como se describirá aquí más adelante, esta condición es cierta para cristales piezoeléctricos cúbicos de la Clase 23, tales como óxido de silicio de bismuto y óxido de germanio de bismuto, y los de la Clase $\bar{4}3m$ para ciertas direcciones de simetría,

algunos de los cuales pueden emplearse en la presente invención.

Cuando el ángulo \varnothing no es cero, la condición para la generación de nulo de una onda masiva longitudinal dirigida a lo largo de la dirección de propagación de onda acústica de superficie, al igual que anteriormente, viene dada por la expresión (1), a saber

$$d_{11} + \frac{1}{2}d_{16} \tan \varnothing = 0$$

$$d_{31} + \frac{1}{2}d_{36} \tan \varnothing = 0.$$

El efecto de las componentes de onda masiva axial de corte de la perturbación de onda espuria dirigida a lo largo de la dirección de propagación de la onda acústica de superficie, se suprime sensiblemente, en cualquiera de dos formas.

En algunos materiales cristalinos piezoeléctricos, tales como, por ejemplo, los pertenecientes a las clases cúbicas anteriormente mencionadas, pueden seleccionarse orientaciones de las direcciones de propagación de onda acústica de superficie con respecto a los ejes cristalográficos, para las cuales las ondas masivas axiales de corte susceptibles de ser dirigidas por un transductor interdigital en una dirección paralela a la dirección de propagación de la onda acústica de superficie, tienen movimiento de partículas que son respectivamente paralelos

y perpendiculares a la superficie de propagación y existe un acoplamiento piezoeléctrico efectivo cero entre el conjunto de electrodos interdigitales y la citada onda masiva axial de corte, que tiene un movimiento de partículas paralelo a la superficie de propagación x_1 x_2 y que, si se generase, se propagaría a lo largo del eje de propagación x_1 . Cuando el movimiento de las partículas de esta onda de corte es también perpendicular al eje de propagación x_1 , condición equivalente al caso en que $\theta = 0$, este criterio se cumple cuando los módulos piezoeléctricos d_{16} y d_{36} son sensiblemente cero. Por ejemplo, en el caso de un monocristal cúbico piezoeléctrico perteneciente a las clases cúbicas 23 y $\bar{4}3m$, es posible seleccionar una orientación para la cual el acoplamiento a la onda masiva axial longitudinal es también cero, cuando es cero el acoplamiento a dicha onda masiva axial de corte.

Sin embargo, algunas veces es posible hallar una orientación para la cual el acoplamiento piezoeléctrico entre un conjunto de electrodos interdigitales y la onda masiva axial de corte con movimiento de partículas paralelo a la superficie x_1 x_2 , es efectivamente cero, pero existe una cierta magnitud de acoplamiento entre el conjunto de electrodos interdigitales y la onda masiva axial longitudinal y cuando tal orientación proporciona también un factor de acoplamiento piezoeléctrico relati-

vamente grande entre el conjunto de electrodos interdigitales y el cuerpo piezoeléctrico con respecto a ondas acústicas de superficie, por ejemplo, como en el caso de óxido de silicio de bismuto, puede ser ventajoso en un dispositivo de filtro de frecuencia intermedia, como se ha mencionado anteriormente.

Alternativamente, si existen orientaciones para las cuales los módulos d_{11} y d_{13} son cero cuando $\theta = 0$, o satisfacen la ecuación (1) cuando $\theta \neq 0$, pero los correspondientes acoplamientos piezoeléctricos para las ondas masivas axiales de corte no son cero, se selecciona una orientación de la superficie de propagación $x_1 x_2$ de la onda acústica de superficie, de forma que las ondas masivas axiales de corte, aunque generadas por el conjunto de electrodos interdigitales en la dirección del eje de propagación x_1 de la onda acústica de superficie, se ven sin embargo sensiblemente incapaces de propagarse en una dirección paralela a la superficie $x_1 x_2$. Esta situación tendrá lugar, como se ha mencionado anteriormente, cuando cada una de las ondas masivas axiales de corte tiene una apreciable componente de movimiento perpendicular a la superficie. Las condiciones de límite en la superficie serán entonces tales que, cada onda tenderá a disminuir de amplitud a medida que se aumenta la distancia desde el transductor de emisión.

Con el fin de que pueda comprenderse claramente la invención y llevarse a efecto en forma fácil, se describirán ahora, a título de ejemplo, las realizaciones prácticas de la misma con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

5

La fig. 1 ilustra una realización en la cual un filtro de onda acústica de superficie que emplea ondas del tipo de Rayleigh generalizadas, está formado de óxido de silicio de bismuto,

10

La fig. 2 es un detalle esquemático, en corte longitudinal de la fig. 1, que ilustra la propagación de las ondas masivas,

15

La fig. 3 comprende una serie de diagramas que ilustran la orientación del cristal en el caso de niobato de litio,

Las figs. 4A y B son gráficos que indican los valores de χ_0 y α para la generación de onda masiva longitudinal cero a lo largo de x_1 ,

20

Las figs. 5A y B son gráficos que indican la variación de γ , ξ y k^2 con θ ,

La fig. 6 ilustra la propagación de una onda de corte masiva en un filtro de onda acústica de superficie que emplea un monocristal de niobato de litio y que ha sido realizado de acuerdo con la presente invención,

25

La fig. 7 ilustra, en perspectiva, un filtro

de onda acústica de superficie en otra realización práctica de la invención,

La fig. 8 es un detalle en corte longitudinal con respecto a la fig. 7 y,

5 La fig. 9 es un gráfico que representa la respuesta con respecto a la frecuencia, en relación con el filtro que se muestra en la fig. 7,

10 Un filtro de onda acústica de superficie que incorpora la presente invención, se fabrica desarrollando un monocristal de óxido de silicio de bismuto, utilizando técnicas de crecimiento o desarrollo de cristal normales. El cristal se examina después utilizando técnicas de difracción de rayos X, con el fin de determinar la orientación de los ejes cristalográficos con respecto a la superficie de referencia sobre el cristal. Después se corta
15 el cristal paralelamente a un plano (110) para formar una diversidad de rodajas o rebanadas.

Cada una de las rodajas se somete después a un proceso normal de pulido, limpieza y la aplicación, mediante fotolitografía, de una matriz de pares de conjuntos ordenados de electrodos interdigitales orientados de forma que el camino de propagación de la onda acústica de superficie desde cada transductor de emisión al correspondiente transductor de recepción del par, es dirigida
20 paralelamente a un eje de zona definido por el símbolo de
25

zona [001] . La rebanada se corta después en pedazos, cada uno de los cuales contiene un transductor de emisión y el correspondiente transductor de recepción para formar un elemento de filtro de onda acústica de superficie, que se ilustra en la fig. 1, en el cual el cuerpo de óxido de silicio de bismuto se indica mediante la referencia 1 y los números de referencia 2 y 3, indican, respectivamente, los transductores interdigitales de emisión y recepción.

La respuesta a la frecuencia de los transductores 2 y 3 se define por factores, tales como la separación de los electrodos contiguos, la relativa superposición de electrodos contiguos de polaridad opuesta y el ancho de los electrodos, como es bien conocido en la técnica. Puesto que el transductor interdigital normalmente da lugar a dos ondas acústicas de superficie que se desplazan en sentidos opuestos, es necesario aplicar material absorbente acústico 4, 5 en cada extremo del dispositivo. Como alternativa, o preferiblemente como adición, los extremos pueden cortarse oblicuamente de forma que no están en ángulo recto con la dirección de propagación de la onda acústica de superficie y, por lo tanto, las ondas reflejadas son dirigidas y dispersadas de forma que no producen sensiblemente ningún efecto en la salida del transductor de recepción. La superficie inferior del dispositi

vo es tratada con el fin de dispersar y atenuar las ondas masivas que se dirigen a la misma, por parte del transductor de transmisión. Ejemplos de tal tratamiento incluyen la formación de hendiduras 10 en la superficie inferior 12 para dispersar las ondas masivas como se describe y reivindica en nuestra solicitud de patente holandesa 41479/73 y la aplicación de un medio atenuador acústico 11 a la superficie inferior 12 que se muestra en la fig. 2.

10 Las conexiones eléctricas se efectúan entre los electrodos y las espigas de soporte y conexión exteriores, en una forma convencional, y el dispositivo está protegido mediante una encapsulación adecuada, teniendo en cuenta que la superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie, sobre la cual están situados los transductores, y el camino de propagación de las ondas acústicas de superficie existente entre los mismos, no deberá estar en contacto con ninguna sustancia que probablemente absorba o modifique la propagación deseada de las ondas de superficie.

15 La selección inicial de óxido de silicio de bismuto, como sustancia cristalina adecuada para utilizar en una realización práctica de la presente invención, se llevó a cabo en la siguiente forma:

25 Se programó un ordenador para calcular las

constantes piezoeléctricas que relacionaban la polarización eléctrica con el esfuerzo d_{ij} (los índices reducidos descritos en Nye, a que se ha hecho referencia anteriormente), en donde $i = 1, 2, 3$ y $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$, para un conjunto ortogonal y arbitrario de ejes x_1, x_2, x_3 , a partir de diversos parámetros medidos de óxido de silicio de bismuto. Se realizó el cálculo para diversas orientaciones del conjunto de ejes x_1, x_2, x_3 , con respecto a los ejes cristalográficos X, Y y Z, hasta que se halló una orientación para la cual $d_{11}, d_{31}, d_{16}, d_{36}$ eran simultáneamente prácticamente cero, pero que otras constantes piezoeléctricas necesarias para que una onda acústica de superficie fuese emitida y recibida en la dirección x_1 , del plano x_1, x_2 mediante un conjunto de electrodos interdigitales, sean de suficiente magnitud.

Este procedimiento indica que la superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie debería estar orientada paralelamente al plano reticular (100) del cristal, con el fin de satisfacer este criterio. Puesto que el óxido de silicio de bismuto es un cristal cúbico, consideraciones de simetría indican que éste es equivalente también a los planos $(\bar{1}10)$, $(1\bar{1}0)$ y $(\bar{1}\bar{1}0)$. Además, puesto que en el cristal cúbico, son intercambiables los ejes de cristal (ortogonales) X Y Z, la superficie de propagación puede disponerse alternativamente paralela al

plano (101), o el plano (011) y las correspondientes permutaciones negativas de los mismos, como anteriormente, tales como ($\bar{1}01$), ($0\bar{1}1$). Por lo tanto, cuando se forma un conjunto de electrodos interdigitales, sobre la superficie, paralelo al plano (110), para dirigir una onda acústica de superficie a lo largo de la dirección [001], se propaga una onda de Rayleigh.

Otra sustancia cristalina en la misma clase de cristal cúbico 23 que el óxido de silicio de bismuto es el óxido de germanio de bismuto para el cual son de aplicación las mismas orientaciones. En realidad, cualquier sustancia cristalina satisfactoria y piezoeléctricamente activa, en la clase cúbica 23 ó $\bar{4}3m$, proporcionará el mismo resultado cuando se oriente en las direcciones indicadas anteriormente.

En una forma alternativa de la presente invención, se seleccionan un material monocristalino y una orientación para los cuales, como anteriormente, el coeficiente de acoplamiento entre el conjunto de transductor interdigital y la onda masiva longitudinal dirigida a lo largo de x, son cero, pero, o bien no hay ninguna orientación como la indicada para la cual exista un correspondiente acoplamiento cero, para una onda masiva de corte dirigida a lo largo de x, que tiene un movimiento de partículas paralelo a la superficie de propagación

x_1 x_2 , como en el caso, por ejemplo, del niobato de litio, o si bien existe dicha orientación que proporciona un acoplamiento de onda masiva de corte cero, se desea, a causa de otras consideraciones, emplear otra de dichas orientaciones, y ésto puede tener lugar en el caso de óxido de silicio de bismuto u óxido de germanio de bismuto.

Una realización práctica de esta forma de la presente invención que comprende un filtro de ondas acústicas de superficie que emplea un cuerpo monocristalino de niobato de litio, se describirá ahora haciendo referencia a las figs. 3, 4, 5 y 6.

Se desarrolla un monocristal de niobato de litio en un campo de polarización utilizando técnicas de crecimiento de cristal normales. El monocristal es sometido después a un análisis de difracción por rayos X, al objeto de determinar la orientación de una superficie de referencia formada sobre el cristal con respecto a los ejes cristalográficos normales X, Y, Z, como en la primera realización práctica.

Posteriormente, el cristal es cortado en rebanadas a lo largo de un plano, cuya orientación, con respecto a los ejes cristalográficos, es la que se describe aquí posteriormente, para formar una diversidad de láminas o pastillas. Se forman parejas de conjunto de elec-

trodos interdigitales en la forma descrita con respecto a la primera realización sobre una superficie de cada lámina o pastilla de un diseño matriz, de modo que el camino de propagación de la onda acústica de superficie para cada pareja, se dirija paralelo a la dirección x_1 que se describe aquí más adelante. Como en la primera realización práctica, la lámina se corta en porciones, cada una de las cuales contiene un conjunto de electrodos de emisión y recepción, y se trata de forma que, en la medida de lo posible, las perturbaciones indeseables de ondas masivas y ondas acústicas sean dispersadas o absorbidas, y después se encapsula como se ha descrito al hacer referencia a la primera realización.

La orientación del plano de propagación x_1 x_2 de la onda acústica de superficie, y la dirección de propagación x_1 con respecto a las direcciones cristalográficas X Y Z, se determina nuevamente a partir de parámetros cristalográficos medidos, mediante un programa de ordenador adecuado.

En este caso se determina primeramente una gama de orientaciones para las cuales

$$d_{11} + \frac{1}{2}d_{16} \quad \tan \phi = 0$$

$$d_{31} + \frac{1}{2}d_{36} \quad \tan \phi = 0$$

siendo este el criterio para la no generación o detección de ondas masivas axiales longitudinales que se desplazan directamente desde el transductor de emisión al transductor de recepción, en una dirección x_1 paralela a la superficie de propagación.

5

Dentro del margen anteriormente mencionado, se calculan los ángulos respectivos formados entre la superficie de propagación x_1 x_2 y el movimiento transversal de partículas de cada onda masiva axial de corte que se desplaza a lo largo de la dirección x_1 , juntamente con sus velocidades en relación unas con otras. Después se selecciona una orientación de esa parte del margen para la cual el movimiento de partículas de cada una de las ondas masivas axiales de corte está inclinada por lo menos 5 grados con respecto a la superficie de propagación y las velocidades son diferentes, y que permite también obtener un buen grado de acoplamiento entre un conjunto de electrodos interdigitales dispuesto para emitir o recibir una onda de superficie acústica en la dirección x_1 y el cuerpo piezoeléctrico formado del monocristal. De acuerdo con la práctica normal de cálculo, se calculan valores espaciados discretos o individuales dentro del margen, pero la continuidad de la relación funcional determinante se prueba de acuerdo con la práctica matemática normal, para indicar donde pueden emplearse métodos

10

15

20

25

de interpolación para conseguir una orientación que se encuentra entre dos valores calculados, si se desea, la orientación obtenida de esta forma para las direcciones x_1 x_2 , con respecto a los ejes de cristal, se utiliza después para fijar la dirección del corte de cristal en la operación de corte en rebanadas mencionada anteriormente y para determinar la orientación de los conjuntos de electrodos interdigitales aplicados, con respecto a la rebanada formada de este modo.

Con el fin de ilustrar la relación existente entre el conjunto ortogonal de ejes de referencia x_1 x_2 x_3 , que define la dirección de propagación x_1 y la superficie de propagación x_1 x_2 de la onda acústica de superficie, y los ejes cristalográficos X Y Z del cristal de niobato de litio, se hará ahora referencia a la fig. 3. En la descripción que sigue se definen las direcciones positivas de los ejes cristalográficos X Y Z, de forma que si el cristal se somete a una dilatación a lo largo de un eje respectivo, aparece una carga positiva sobre una cara del cristal dirigida hacia fuera, a lo largo de la dirección positiva de ese eje.

La orientación del conjunto de ejes de referencia x_1 , x_2 , x_3 , con respecto a los ejes cristalográficos X Y Z, que en el caso de niobato de litio son también ortogonales, se definirá en términos de tres desplazamien-

5 tos angulares γ , α y θ , que se aplican sucesivamente al conjunto de ejes de referencia, comenzando a partir de una condición inicial en la cual los ejes x_1 x_2 x_3 , están dispuestos respectivamente paralelos a los correspondientes ejes cristalográficos X Y Z, como se ilustra en el diagrama A de la fig. 3. En la siguiente descripción, se supondrá que existe un origen común para los ejes X Y Z y x_1 x_2 x_3 , si bien los diagramas están separados para una mayor claridad.

10 El primer desplazamiento angular de los ejes x_1 , x_2 , x_3 a la posición x'_1 x'_2 x'_3 , se efectúa alrededor del eje cristalográfico Z mediante un ángulo γ' , siendo el desplazamiento angular positivo cuando se realiza en el sentido de las agujas del reloj mirando en una dirección positiva a lo largo del eje Z. Esto se ilustra en
15 la fig. 3, diagrama A, mediante los ejes x'_1 y x'_2 .

 En el diagrama B, el sistema de ejes ha sido transformado mediante una rotación en sentido contrario que se representa mediante líneas de trazos, igual a γ' ,
20 alrededor del eje Z, para hacer retornar los ejes de referencia x_1 x_2 x_3 a su orientación original, indicándose la orientación transformada de los ejes del cristal X Y Z mediante las líneas de trazo continuo que hay en el diagrama de la izquierda. El segundo desplazamiento angular
25 α , se efectúa alrededor de un nuevo eje Y, que es para-

lelo a la dirección del eje x_2 después del primer desplazamiento angular, y se indica mediante Y' en el diagrama B. Este desplazamiento angular se toma también como positivo en el sentido de las agujas del reloj, visto a lo largo del eje Y' , y el efecto de ésto sobre los ejes de referencia se ilustra mediante los ejes x_1'' y x_3'' .

En el diagrama C, los ejes de referencia se han hecho retornar a su orientación original, efectuando un desplazamiento angular inverso α que se representa mediante líneas de trazo, alrededor del eje Y' . El tercer desplazamiento angular θ se efectúa entonces alrededor de un nuevo eje X , que es paralelo a la dirección del eje x_1 , después del segundo desplazamiento angular, y se indica mediante X' en el diagrama C. En el presente ejemplo, el sentido positivo de este desplazamiento se considera que se realiza en sentido contrario a las agujas del reloj, visto a lo largo del eje X' .

Al completarse el tercer desplazamiento angular θ , la superficie de propagación $x_1 x_2$ de la onda acústica de superficie deseada y la dirección de propagación x_1 se orientan con respecto al cuerpo del cristal de acuerdo con los parámetros angulares de desplazamiento γ , α , θ y ésto se ilustra en el diagrama D, después de un correspondiente desplazamiento angular inverso θ de los ejes de cristal $X Y Z$ alrededor del eje X' . Sin embargo, se resal

ta que los desplazamientos angulares deben aplicarse al sistema en el orden descrito.

5 La serie de orientaciones para las cuales no existe sensiblemente ningún acoplamiento entre el transductor interdigital de emisión o recepción y la onda ma-
siva axial longitudinal dirigida a lo largo de x_1 , se ha calculado para niobato de litio para cada uno de una se-
cuencia apropiada de valores del ángulo θ y los corres-
pondientes valores de γ y α se tabulan más adelante. Pa-
10 ra una relación completa de todas las posibles orientaciones, deberá abarcarse la gama total de 0 a 360 grados para cada uno de los ángulos γ , α y θ . Sin embargo, por razones de simetría del cristal, se produce una repetición
cíclica a intervalos de 120 grados en la rotación γ alrededor del eje Z, un eje de simetría triple, y la rota-
15 ción final θ que equivale a girar el plano $x_1 x_2$ alrededor de la dirección x_1 , presenta una repetición de 195 grados, ya que las superficies opuestas del plano $x_1 x_2$ serán equivalentes entre sí.

20 El lugar geométrico de la dirección cero para la excitación de las ondas masivas axiales longitudinales, por un transductor interdigital, se ilustra en la fig. 4a como una representación bidimensional en γ y θ , siendo el ángulo α perpendicular al papel. En la fig. 4b
25 se muestra un ciclo de la figura característica y se ob-

servará que uno de los lugares geométricos traza un camino que está 180° por encima del otro en α . Esto es nuevamente el resultado de invertir el plano $x_1 x_2$, en este caso alrededor del nuevo eje Y.

5 Las siguientes tablas I, II, III y IV se refieren a las correspondientes ramas I, II, III y IV indicadas en la fig. 4b. En cada una de las tablas, deberá leerse la columna del centro juntamente con cualquiera de las dos primeras columnas, o las dos últimas columnas, ya que los valores de α se repiten con los valores complementarios de θ y γ alrededor del centro del margen respectivo.

Tabla I

15 Primera rama para la cual γ varía de 0 grados a 60 grados y α varía alrededor del valor de 164 grados.

	θ	$\gamma (= \gamma_1)$	α	$\gamma (= 60 - \gamma_1)$	θ
	0	-	-	-	180
	2.5	18.401	165.726	41.599	177.5
	3.0	21.855	164.419	38.145	177.0
20	5.0	25.463	163.597	34.537	175.0
	10.0	27.385	163.437	32.615	170.0
	30.0	28.777	163.609	31.223	150.0
	60.0	29.471	163.810	30.529	120.0
	90.0	30.000	163.936		

25

Tabla II

Segunda rama para la cual γ varía de 60 a 120 grados y α varía alrededor del valor de 196 grados.

	θ	$\gamma(=\delta_1)$	α	$\gamma(=180-\delta_1)$	θ
5	0	-	-	-	180
	2.5	101.599	194.274	78.401	177.5
	3.0	98.145	195.581	81.855	177.0
	5.0	94.537	196.403	85.463	175.0
	10.0	92.615	196.563	87.385	170.0
10	30.0	91.223	196.391	88.777	150.0
	60.0	90.529	196.191	89.471	120.0
	90.0	90.000	196.066		

Tabla III

Tercera rama para la cual δ varía de 0 grados a 60 grados y α varía alrededor del valor de 344 grados.

	θ	$\delta(=\delta_1)$	α	$\delta(=60-\delta_1)$	θ
15	0	-	-	-	180.0
	2.5	41.599	345.726	18.401	177.5
	3.0	38.145	344.419	21.855	177.0
	5.0	34.537	343.597	25.463	175.0
	10.0	32.615	343.437	27.385	170.0
20	30.0	31.223	343.609	28.777	150.0
	60.0	30.529	343.810	29.471	120.0
	90.0	30.000	343.936		

Tabla IV

Cuarta rama, para la cual δ varía de 60 a 120 grados y α varía alrededor del valor de 16 grados.

	θ	$\delta (= \delta_1)$	α	$\delta (= 180 - \delta_1)$	θ'
5	0	-	-	-	180.0
	2.5	78.401	14.274	101.599	177.5
	3.0	81.855	15.581	98.145	177.0
	5.0	85.463	16.403	94.537	175.0
	10.0	87.385	16.563	92.615	170.0
10	30.0	88.777	16.391	91.223	150.0
	60.0	89.471	16.191	90.529	120.0
	90.0	90.000	16.066		

Los valores que se muestran en las tablas guardan relación con los diversos valores individuales de una θ que representan puntos situados en las líneas de trazo continuo del espacio δ, α, θ que se muestran en la fig. 4, y cualquier punto situado sobre una de estas líneas proporciona la condición para acoplamiento cero de un transductor interdigital con respecto a la onda masiva longitudinal dirigida a lo largo de x_1 .

Después se llevó a cabo el cálculo para determinar los valores para el acoplamiento entre el conjunto de electrodos interdigitales de emisión y las ondas masivas axiales de corte emitidas por el mismo a lo largo de

la dirección x_1 . Mediante ello, se efectuó la determinación de factores tales como el ángulo entre el movimiento transversal de partículas de cada una de las ondas masivas axiales de corte y la superficie $x_1 x_2$, el factor de acoplamiento k^2 entre el conjunto de electrodos interdigitales y la onda acústica de superficie deseada, así como la velocidad de la onda de superficie. La tabla V indica los correspondientes valores en el margen abarcado por la primera rama que se facilita en la Tabla I y que se muestra en la fig. 4B.

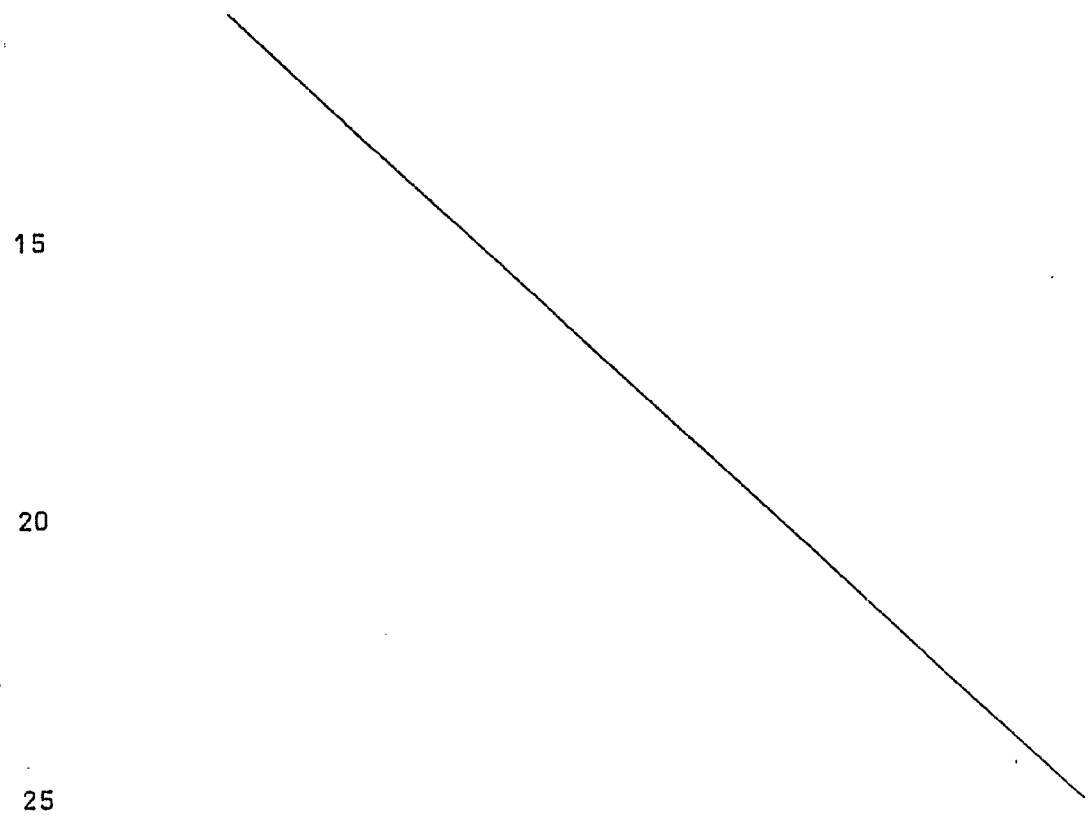


Tabla V

	γ	α	θ	velocidad de la onda de superficie	k^2	ángulo de polarización de onda de corte lenta con la superficie (grados)
5	0	0	0	3.75306	0	-
	18.401	165.726	2.5	3.79848	0.0028	-
	21.855	164.419	3	3.78819	0.0014	-
	25.463	163.597	5	3.76990	0.0003	-
	27.385	163.437	10	3.76377	0.0011	-
10	28.777	163.609	30	3.72116	0.0261	28.0
	29.165	163.731	45	3.67352	0.0332	43.6
	29.471	163.810	60	3.64458	0.0356	59.2
	29.726	163.915	75	3.63082	0.0360	74.5
	30.000	163.936	90	3.62629	0.03595	90.0

15

Pueden calcularse conjuntos similares de valores para las demás ramas de curvas que se muestran en la fig. 4B y, por lo tanto, para la totalidad del campo de orientaciones que se muestran en la fig. 4A. La fig. 5A es un gráfico que representa la variación del ángulo que el movimiento transversal de partículas de cada una de las ondas masivas axiales de corte forma con la superficie $x_1 \times x_2$. Las ondas masivas axiales de corte lenta y rápida tienen movimientos de partículas que son sensiblemente perpendiculares entre sí y los valores para la onda masiva axial de corte lenta han sido extrapolados para indi

25

car la variación de los mismos en el margen $\theta = 0$ a 30
grados. La variación del factor de acoplamiento de la
onda acústica de superficie k^2 , a lo largo del margen,
se muestra en la fig. 5b y de aquí podrá verse que la on
5 da acústica de superficie está bien acoplada sobre el
margen de θ que se extiende desde unos 30 a 90 grados,
si bien, en algunas circunstancias, puede considerarse
útil cualquier valor por encima de 0,02, aproximadamente.
En la fig. 5A se observará que la onda masiva axial de
10 corte lenta tiene un movimiento de partículas indicado
por la curva 61 que es paralelo a la superficie de propa-
gación $x_1 x_2$ cuando $\theta = 90$ grados y, por lo tanto, para
este valor de θ , la onda de corte lenta se desplazará pa-
ralela a la superficie de propagación en la dirección x_1
15 y alcanzará un correspondiente conjunto de transductor
interdigital situado en el camino de la misma, con el fin
de recibir ondas acústicas de superficie, situación que
no es deseable en un dispositivo de ondas acústicas de su
perficie.

20 Con el fin de fabricar la actual realización
práctica de la invención, se selecciona, por lo tanto,
una orientación del plano $x_1 x_2$ con respecto a los ejes
de cristal X Y Z, a partir de los valores de γ, α, θ
que se encuentran en cualquiera de las curvas representa
25 das en la Figura 4A, para la cual el ángulo γ, ϵ en-

tre los movimientos de partículas de cada una de las res-
pectivas ondas masivas axiales de corte y la superficie
de propagación x_1 x_2 , son mayores que unos 5 grados, y
el factor de acoplamiento k^2 para la onda acústica de su-
5 perficie es mayor que 0,02 aproximadamente.

La fig. 6 es un diagrama en perspectiva de una
porción del filtro de onda acústica de superficie que
comprende la presente realización práctica en la cual se
forma un cuerpo 41, en la forma descrita aquí anterior-
mente, a partir de una lámina de un monocristal de nioba-
10 to de litio, cortando en rebanadas paralelas al plano
 x_1 x_2 , cuya orientación se dispone con respecto a los ejes
X Y Z del monocristal dentro de los márgenes que satisfac-
cen las condiciones precedentes, como se describe con res-
pecto a las figs. 4 y 5. Un conjunto interdigital 42 de
15 transductor de emisión emite una onda acústica de superfi-
cie a lo largo de la dirección 45 hacia un correspondien-
te transductor de recepción 43, y también en dirección
opuesta, si bien esta última onda es dispersada y/o absor-
bida, bien sea cortando el extremo de la lámina en un án-
gulo de unos 70 grados y/o mediante la aplicación del me-
20 dio absorbedor de onda de superficie en los extremos de
la lámina. La fig. 6 ilustra la propagación de las ondas
masivas axiales de corte S_1 S_2 , también generadas por el
conjunto ordenado 42. En un margen de frecuencias que de-
25

pende de la velocidad de propagación de la respectiva on
da masiva de corte y la periodicidad espacial del conjun
to de transductor, se generará una onda masiva axial de
corte en una dirección paralela a la dirección 45. Tanto
5 las ondas masivas axiales de corte rápidas como lentas
tienen velocidades que son ligeramente superiores a las
de las ondas acústicas de superficie y, por lo tanto, las
frecuencias a las cuales las respectivas ondas de corte
son dirigidas paralelamente a la superficie, se encontra
10 rán por encima de la banda de paso del filtro de ondas
acústicas de superficie, pero en una zona en la que, para
muchas finalidades, se requiere una gran magnitud de ate-
nuación.

Las ondas masivas axiales de corte S_1 S_2 tienen
15 movimientos de partículas transversales inclinados respeg
tivamente formando ángulos γ , ϵ con respecto a la su-
perficie de propagación de ondas acústicas de superficie
(x_1 x_2) representadas con la referencia 44. Cuando el án-
gulo entre el movimiento de partículas de una onda masiva
20 de corte y la superficie no es igual a cero, la onda de
corte es incapaz de propagarse junto a la superficie y se
vuelve evanescente, desvaneciéndose a medida que aumenta
la distancia desde el conjunto 42. Sin embargo, puesto
que los movimientos de partículas de las dos ondas masi-
25 vas axiales de corte forman sensiblemente ángulo recto en

tre sí, cuando el movimiento de partículas de una onda es perpendicular a la superficie, el de la otra onda masiva axial de corte será paralelo a la superficie y, por lo tanto, no experimentará deflexión, dando como resultado una salida máxima no deseada del transductor de recepción 43. A condición de que γ y ϵ sean mayores de unos 5 grados, la correspondiente onda masiva axial de corte se hará evanescente en un grado que permita disponer una separación adecuada de los transductores 42 y 43 para un grado apropiado de atenuación de la salida no deseada. Preferiblemente, tanto γ como ϵ se disponen para encontrarse en el margen de 30 a 60 grados. Sin embargo, las velocidades de las ondas masivas axiales de corte S_1 S_2 , deben ser diferentes, ya que, de lo contrario, pudiera formarse un movimiento de partículas resultante paralelo a la superficie 44 y la correspondiente perturbación de onda masiva se propagaría paralela a la superficie y llegaría al transductor de recepción 43.

Se observará en la fig. 4 que por encima de un margen de valores de aproximadamente 30 grados $\langle \theta \langle$ 150 grados y por encima del correspondiente margen de 210 grados $\langle \theta \langle$ 330 grados, los valores de γ y α varían solamente en una pequeña magnitud. Por ejemplo, en una rama γ varía alrededor del valor de 270 grados en $\pm 1,2$ grados y α varía alrededor del valor 343,9 grados en 0,3

grados, y esta parte de la curva puede aproximarse median
te $\gamma = 270$ grados, $\alpha = 344$ grados, con θ variando entre
30 grados \rightarrow 150 grados. Utilizando esta rama, el corte
del cristal deseado que forma la superficie de propaga
5 ción x_1, x_2 de la onda acústica de superficie, puede con
siderarse que gira alrededor de la dirección x_1 definida
por $\gamma = 30$ grados y $\alpha = 344$ grados, y esta dirección
se encuentra en el plano X y se gira 16 grados desde el
eje -Y al eje Z. Por lo tanto, las orientaciones varia
bles correspondientes a los valores permitidos de θ de 30
10 grados \rightarrow 85 grados y 95 grados \rightarrow 150 grados, son cor
tes X girados alrededor de dicha dirección, dicho de otra
forma, una serie de cortes de bola. Puesto que existen
tres direcciones X separadas 120 grados con respecto al
15 eje Z, puede utilizarse en cualquiera de éstas para este
fin.

Por lo tanto, al proceder a fabricar la presen
te realización, primeramente se corta el cristal para
formar un plano X con un borde de referencia dirigido a
20 lo largo de la dirección $\gamma = 270$ grados, $\alpha = 344$ gra
dos. Después se hace girar el cristal alrededor del bor
de de referencia para cortar la superficie que tenga el
valor deseado de θ dentro de dicho margen, teniendo en
cuenta que el borde de referencia se encuentra en el pla
25 no X y se representa mediante el punto $\theta = 90$ grados so

bre la curva de la fig. 4. Esto significa que el sentido de giro alrededor del borde de referencia no tiene importancia, ya que las propiedades piezoeléctricas son simétricas alrededor de $\theta = 90$ grados.

5 La superficie inferior de la lámina o pastilla debe tratarse, como en la primera realización práctica, de forma que las ondas masivas sean dispersadas y/o absorbidas en forma efectiva y, por lo tanto, se impida que pasen de un transductor al otro por ser reflejadas en la
10 superficie inferior de la lámina. En la solicitud de patente holandesa Núm. 41479/73, se describe una disposición adecuada en la que existe una diversidad de rebajos 47 distribuidos sobre la superficie principal 48 de la lámina, la cual no forma la superficie de propagación de
15 la onda acústica de superficie.

 Se describirá ahora otra realización práctica de la invención con referencia a las figs. 7, 8 y 9, de las cuales las figs. 7 y 8 ilustran, en perspectiva y en corte longitudinal parcial, un filtro de frecuencia inter
20 media para televisión de onda acústica de superficie, para una frecuencia intermedia de 37 MHz. Una lámina 71 se corta de un monocristal de un cristal cúbico piezoeléctrico adecuado, en este ejemplo óxido de silicio de bismuto ($\text{Bi}_{12}\text{SiO}_{20}$), de forma que una superficie de propagación
25 72 de onda acústica de superficie, que comprende una de

las superficies principales de la lámina, está orientada paralelamente al plano cristalográfico (100) del monocristal. Con el fin de lograr esto, los ejes cristalográficos del monocristal se determinan en la forma conocida
5 utilizando la difracción de rayos X y, después de cortar en rebanadas, se forman los transductores interdigitales de emisión y recepción 74, 75 sobre la superficie 72, convenientemente a partir de una capa de oro, utilizando, por ejemplo, las técnicas de fotolitografía, de forma
10 que la dirección de propagación 73 de la onda acústica de superficie, para una onda acústica de superficie emitida por el transductor 74 y recibida por el transductor 75, se dirige a lo largo del eje de zona $[011]$ o en la dirección opuesta $[0\bar{1}\bar{1}]$. En la producción normal, se
15 forma un modelo matriz de pares de transductores 74, 75 sobre una rebanada o rodaja con la citada orientación y la rodaja posteriormente dividida en láminas individuales.

La forma, separación y compensación de los
20 electrodos 76 de los transductores interdigitales 74 y 75, se diseña en la manera convencional para proporcionar el paso de banda deseado para el filtro. Con el fin de simplificar el procedimiento de diseño, los electrodos de uno de los transductores, a saber, 74, se construyen de longitud y anchura uniformes, confinándose la com
25

5 pensación a la del transductor 75. Se introducen porciones de falsos electrodos 77 para llenar el espacio entre los elementos de electrodos contiguos conectados a la misma conexión terminal en que se ha acortado el elemento de electrodo interpuesto, con el fin de mantener constante la velocidad de la onda acústica de superficie a través del conjunto y, de esta forma evitar la dispersión indeseable del haz. Los extremos 78 de la lámina 71 se cortan formando un ángulo de unos 70 grados con respecto a la dirección de propagación de la onda acústica de superficie, para dispersar el haz indeseable radiado por el transductor 74 hacia fuera del transductor 75 y por el transductor 75 hacia fuera del transductor 74 y se aplica material de absorción acústica 79 en los extremos 78 de la lámina.

10 La otra superficie principal 80 de la lámina se trata de forma que las perturbaciones de ondas masivas dirigidas a la misma por los transductores 74 y 75, son absorbidas y/o dispersadas en forma eficaz y no llegan al otro transductor, causando una salida indeseable. Un método de tratamiento consiste en formar una diversidad de rebajos discretos en la superficie inferior que se extiende hasta dentro de algunas longitudes de ondas acústicas de superficie de la superficie de propagación 72, como se describe y reivindica en la solicitud de patente

holandesa número 41479/73.

Con referencia al gráfico que se muestra en la fig. 9, que representa la magnitud de señal de salida con respecto a la frecuencia para una magnitud de señal de entrada constante, la línea 82 representa la respuesta de banda de paso del filtro deseado que debe ser proporcionada por el filtro de onda acústica de superficie. La zona 83 contigua al paso de banda es una banda de detención relativamente profunda, que es necesaria con el fin de eliminar interferencias de la portadora de sonido de un canal de televisión próximo. Eligiendo la orientación cristalográfica en óxido de silicio de bismuto que materialice la presente invención, una onda de corte polarizada horizontalmente, es decir, una onda de corte que tenga un movimiento de partículas paralelo a la superficie de propagación, no puede ser emitida en la dirección 73 por un transductor interdigital 74, ya que los correspondientes coeficientes de acoplamiento piezoeléctrico son efectivamente cero. Si esto no fuese así, la onda de corte resultante sería generada por señales aplicadas al transductor 74, que se encuentran en la banda indicada aproximadamente por la línea de trazos 84 y daría lugar a una correspondiente salida no deseada. En la orientación que materializa la presente invención, ondas de corte polarizadas verticalmente, es decir, que

5 tienen un movimiento de partículas perpendicular a la su-
perficie de propagación, son lanzadas por el transdùctor
74 en la dirección 73 paralela a la superficie de propa-
gación dentro de la banda de frecuencias indicada aproxi-
madamente por la línea de trazos 85. Sin embargo, una on-
da de corte con un movimiento de partículas perpendicu-
lar a la superficie es incapaz de propagarse en una di-
rección paralela a la superficie 72 y se ve atenuada a
medida que aumenta la distancia recorrida desde el trans-
10 ductor 74. Los transductores 74 y 75 están espaciados en
una distancia que asegura que la energía no deseada en
la forma de una onda de corte vertical sea suficientemen-
te atenuada y se impida eficazmente que dé lugar a una
señal de salida no deseada. El transductor 74 lanza una
15 onda longitudinal y se propaga en la dirección 73 parale-
la a la superficie, para llegar al transductor 75. Sin
embargo, en la orientación que materializa la presente
invención, los valores de los coeficientes piezoeléctri-
cos que hacen que esta onda masiva sea lanzada por un
20 transductor interdigital, son tales, en relación con la
magnitud del factor de acoplamiento para las ondas acús-
ticas de superficie, que la salida de onda masiva no de-
seada, representada por la línea de trazos 86 en la fig.
9, tiene una amplitud inferior al nivel de rechazo desea-
do para el filtro, dentro de la correspondiente gama de
25

frecuencias, y por lo tanto, es aceptable.

5 Otras orientaciones cristalográficas equivalentes y planos cristalográficos equivalentes, como aquí se definen, pueden utilizarse igualmente bien y la presente invención puede aplicarse también ventajosamente a dispositivos cuya función es principalmente la de proporcionar un retardo de señal, ya que las ondas masivas no deseadas se desplazan a velocidades distintas a la de la onda acústica de superficie.

10 La presente solicitud, que corresponde a la presentada en Gran Bretaña, el 12 de Octubre de 1973, bajo el Nº 47743-73 y el 12 de Octubre de 1973, con el Nº 47744-73, se acoge a los beneficios del Artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Industrial.

15

REIVINDICACIONES

20

Los puntos de invención propia y nueva, que se presentan para que sean objeto de esta solicitud de Patente de Invención en España, por VEINTE años, son los que se recogen en las reivindicaciones siguientes:

25

1ª.- Un método de fabricar un dispositivo de

onda superficial acústica, en el cual un cuerpo monocristalino de una sustancia piezoeléctrica seleccionada está formado con una superficie de propagación de onda acústica de superficie, como aquí se define, orientado en una

5 forma seleccionada con respecto a los ejes cristalográficos de dicho monocristal, se aplican conjuntos ordenados de electrodos interdigitales de emisión y recepción a dicha superficie de propagación de onda acústica de superficie, para emitir y recibir, respectivamente, ondas acústicas de superficie a lo largo de un eje de propagación de

10 onda acústica de superficie seleccionado sobre dicha superficie, con el fin de proporcionar una respuesta de amplitud y frecuencia deseada, y dicho cuerpo es dotado de medios para dispersar y/o absorber ondas masivas, que se propagan en dicho cuerpo a lo largo de caminos que no son

15 paralelos ni contiguos al camino de propagación de la onda acústica de superficie, en el cual dicha sustancia piezoeléctrica y la orientación de dicha superficie de propagación respectiva de onda acústica de superficie y dirección axial con respecto a los ejes cristalográficos de dicho

20 cuerpo monocristalino, se seleccionan para proporcionar un acoplamiento piezoeléctrico sensiblemente cero entre dichos conjuntos ordenados de electrodos interdigitales y, por lo menos, una del grupo de ondas masivas axiales, como se definen en la memoria, consistiendo dicho

25

grupo en la onda masiva axial longitudinal y una de las
dos ondas masivas axiales de corte cuando dicha onda ma-
siva axial de corte no tiene sensiblemente ningún movi-
5 miento de partículas formando ángulo recto con dicha su-
perficie de propagación de onda acústica de superficie y
la onda, o cada una de las ondas masivas axiales de cor-
te para las cuales existe una sensible magnitud de aco-
plamiento piezoeléctrico con dichos conjuntos ordenados
de electrodos interdigitales, tiene un movimiento de par-
10 tículas que contiene una componente perpendicular a la
superficie de propagación de la onda acústica de superfi-
cie, de forma que la respectiva onda masiva axial de cor-
te indicada es sensiblemente incapaz de propagarse en
una dirección paralela a la superficie, el acoplamiento
15 piezoeléctrico entre un respectivo conjunto ordenado de
electrodos interdigitales citado y dichas ondas masivas
axiales que se generan así son suficientemente pequeñas
como para evitar una sensible perturbación de la deseada
respuesta de frecuencia y amplitud del dispositivo.

20 2ª.- Un método según la reivindicación 1ª, en
el cual la sustancia piezoeléctrica, la superficie de
propagación de onda acústica de superficie representada
por las coordenadas x_1 x_2 y el eje de propagación de on-
da acústica de superficie representado por la dirección
25 de la coordenada x_1 , son seleccionados de forma que

$$d_{11} + \frac{1}{2} d_{16} \tan \varnothing = 0$$

y

$$d_{31} + \frac{1}{2} d_{36} \tan \varnothing = 0$$

5 en donde \varnothing es el ángulo medido en el plano x_1, x_2 , que el movimiento de partículas de dicha onda masiva axial longitudinal, si se generase, formaría con dicha dirección x_1 , y d_{11} , d_{12} , d_{16} y d_{36} son las respectivas constantes piezoeléctricas que utilizan índices reducidos,
10 los cuales guardan relación con la superficie x_1, x_2 .

3ª.- Un método según la reivindicación 2ª, en la cual dicha sustancia piezoeléctrica es niobato de litio e incluye la operación de cortar un monocristal de niobato de litio para formar un plano cristalográfico X
15 con un borde de referencia dirigido a lo largo de la dirección formada por una rotación, como se define en la memoria, de $\gamma = 270$ grados, $\alpha = 344$ grados o un equivalente cristalográfico de una dirección inicialmente paralela a una correspondiente del eje X cristalográfico
20 equivalente, alinear dicho plano X paralelo al plano de corte de un dispositivo de corte de cristal, girar dicho cristal alrededor del citado borde de referencia en cualquier dirección mediante un desplazamiento angular que se encuentra comprendido en el margen de 5 grados a 60
25 grados (equivalente a $\theta = 85$ grados $\rightarrow 30^\circ$ ó 95 grados

→ 150 grados, o equivalentes cristalográficos) y cortar dicho cristal para formar dicha superficie de propagación de onda acústica de superficie.

5 4ª.- Un método según la reivindicación 2ª, en el cual ambas ondas masivas axiales de corte citadas son generadas por dicho conjunto de electrodos interdigitales, siendo la orientación cristalográfica tal que la dirección del movimiento de partículas para cada una de dichas ondas masivas axiales de corte está inclinada por lo me-
10 nos 5 grados con respecto a la superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie, y el transductor de recepción está separado del transductor de emisión en la dirección de propagación de las ondas acústicas de su-
15 perficie, de forma que el efecto en dicho transductor de recepción de dichas ondas masivas axiales de corte generadas por dicho transductor de emisión resulta insignifi-
cante en comparación con el de las ondas acústicas de su-
perficie deseadas.

20 5ª.- Un método según la reivindicación 1ª o la reivindicación 2ª, en el cual la sustancia piezoeléctrica, el plano de propagación x_1 x_2 de la onda acústica de superficie y el eje de propagación x_1 de la onda acústica de superficie se seleccionan de forma que el despla-
25 zamiento de partículas de una de dichas ondas masivas axia-
les de corte es sensiblemente paralelo a dicha superfi-

cie de propagación de ondas acústicas de superficie y forma ángulo recto con la dirección x_1 , y los coeficientes piezoeléctricos reducidos d_{16} y d_{36} son sensiblemente cero.

5 6ª.- Un método según la reivindicación 5ª, cuando depende de la reivindicación 2ª, en el cual dicha sustancia piezoeléctrica es un cristal cúbico piezoeléctrico orientado de forma que la superficie de propagación de onda acústica de superficie se encuentra paralelo con
10 el plano reticular (110) o un plano cristalográficamente equivalente, como se define en la memoria, y dicha dirección de propagación está orientada paralela a la dirección $[001]$ o a la correspondiente dirección equivalente en un plano cristalográficamente equivalente citado.

15 7ª.- Un método según la reivindicación 5ª, cuando depende de la reivindicación 1ª, en el cual dicha sustancia piezoeléctrica es un cristal cúbico piezoeléctrico dispuesto de forma que la superficie de propagación de las ondas acústicas de superficie se encuentra paralela
20 al plano reticular (100) o plano cristalográficamente equivalente, como se define en la memoria, y dicha superficie de propagación de ondas acústicas de superficie es paralela a la dirección $[0\bar{1}\bar{1}]$ o $[011]$, o a una correspondiente dirección equivalente en un plano cristalográficamente
25 gráficamente equivalente citado.

8ª.- Un método de fabricar un dispositivo de onda superficial acústica.

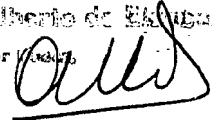
Tal y como se ha descrito en la Memoria que antecede, representado en los dibujos que se acompañan y para los fines que se han especificado.

5

Esta Memoria consta de cincuenta y siete hojas escritas a máquina por una sola cara.

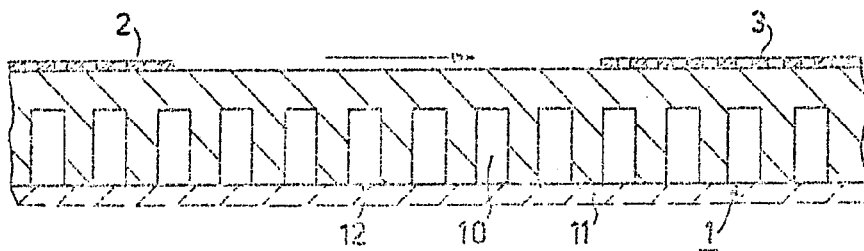
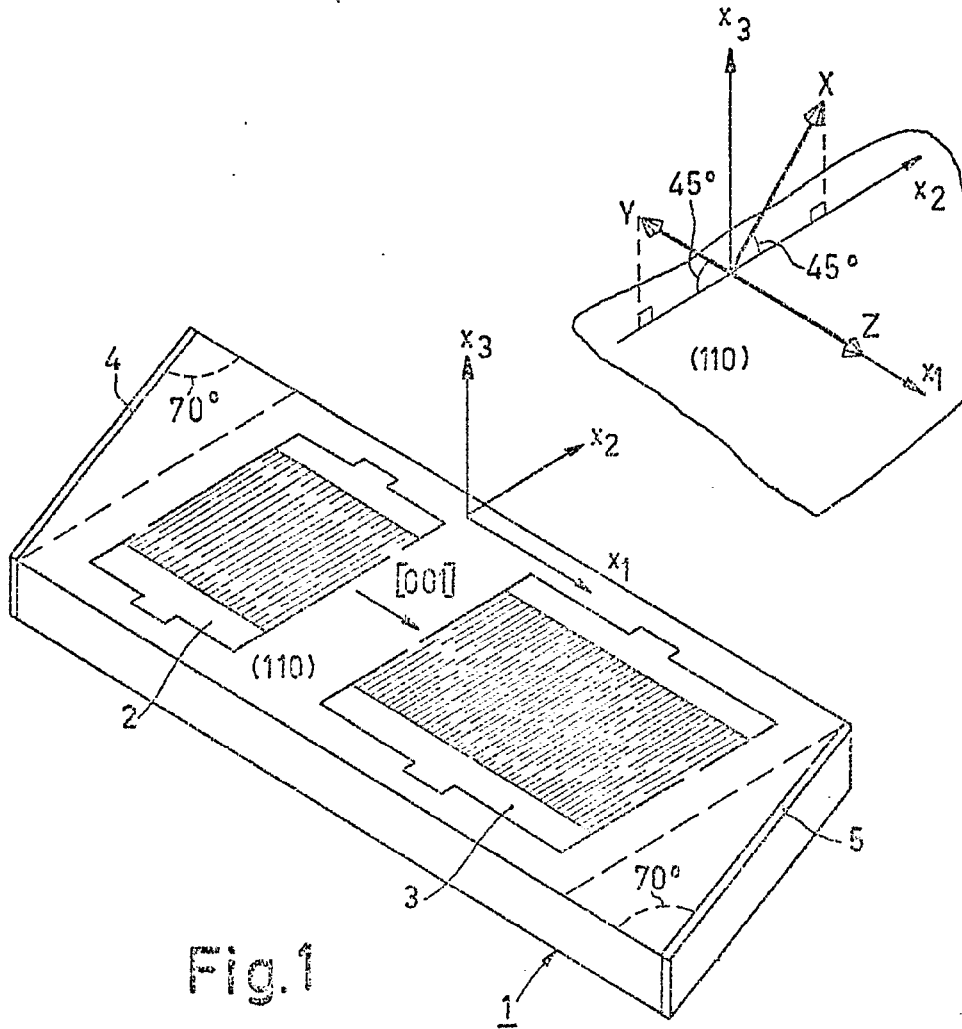
Madrid, 18 MAR. 1975.

P.A.

Alberto de Euzkano
Per Madrid


6-3-75
VGD.

- 57 -



Alberto de Eizaburu
Por Poder

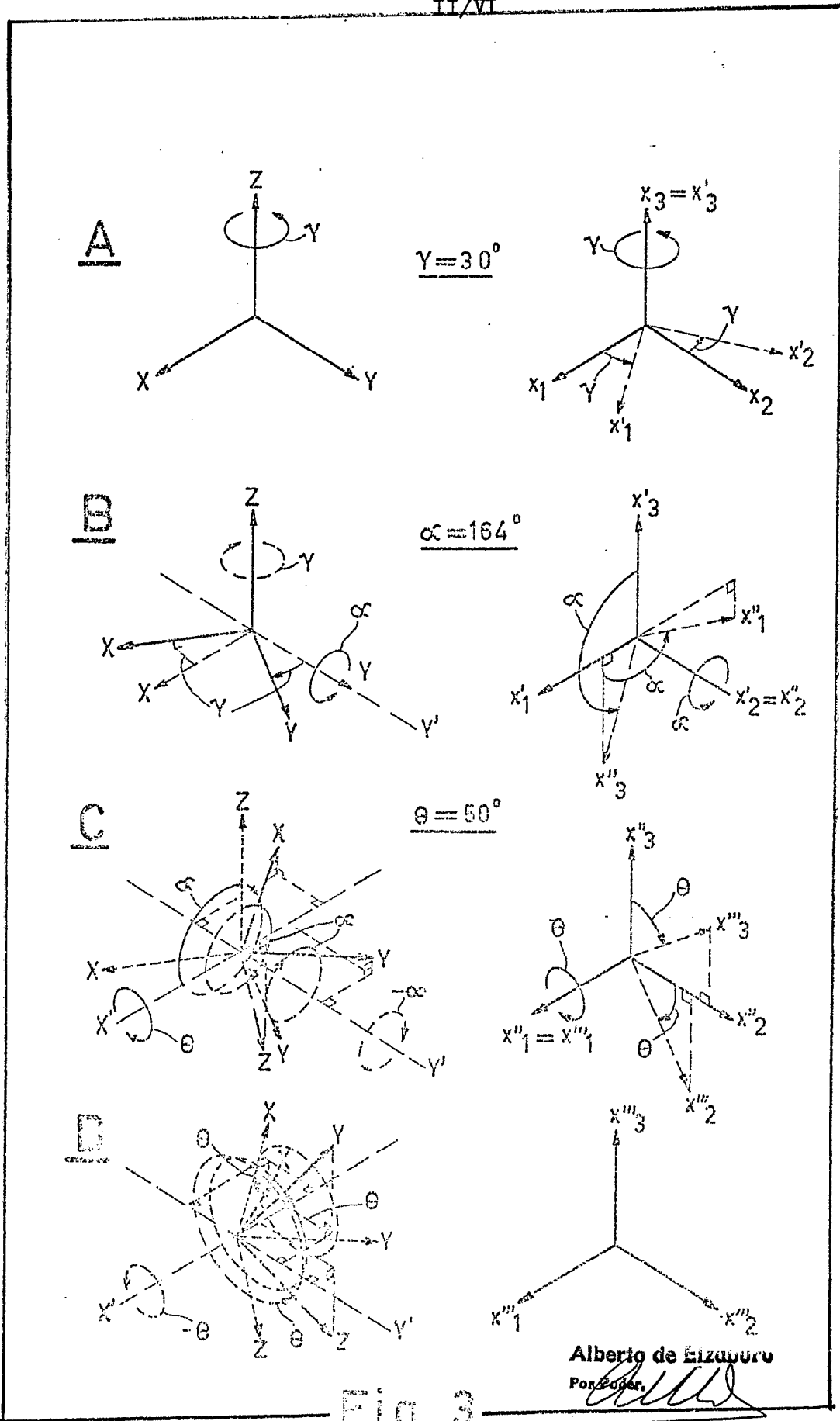


Fig. 3

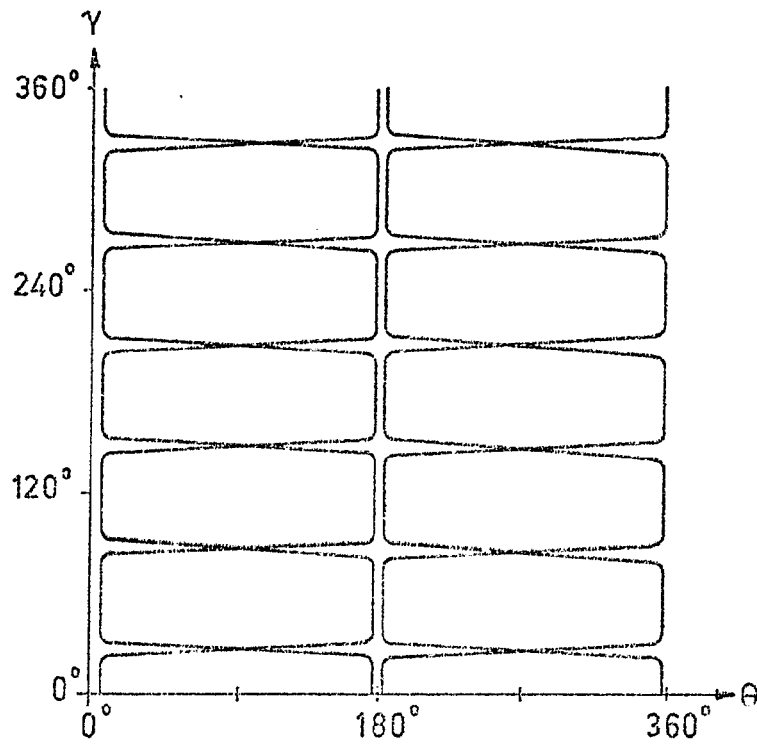


Fig. 4a

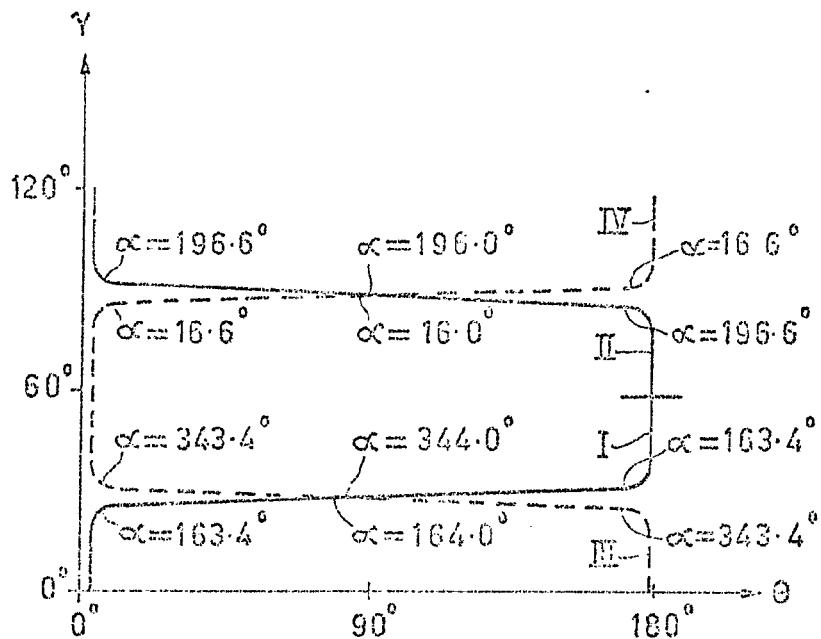


Fig. 4b

Alberto de Elzoburu

For

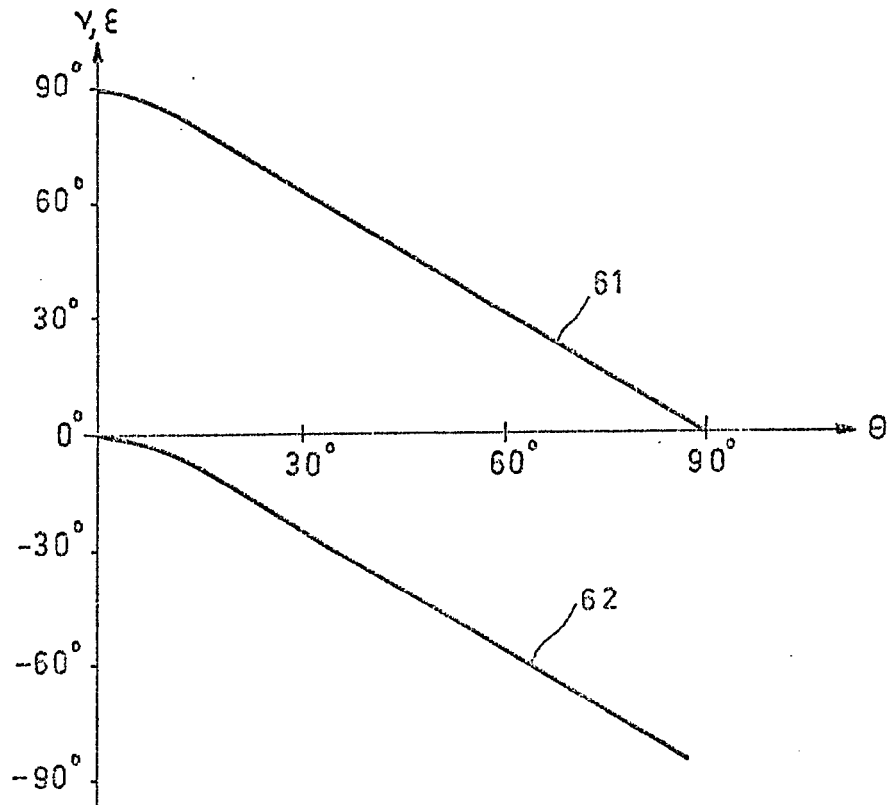


Fig. 5a

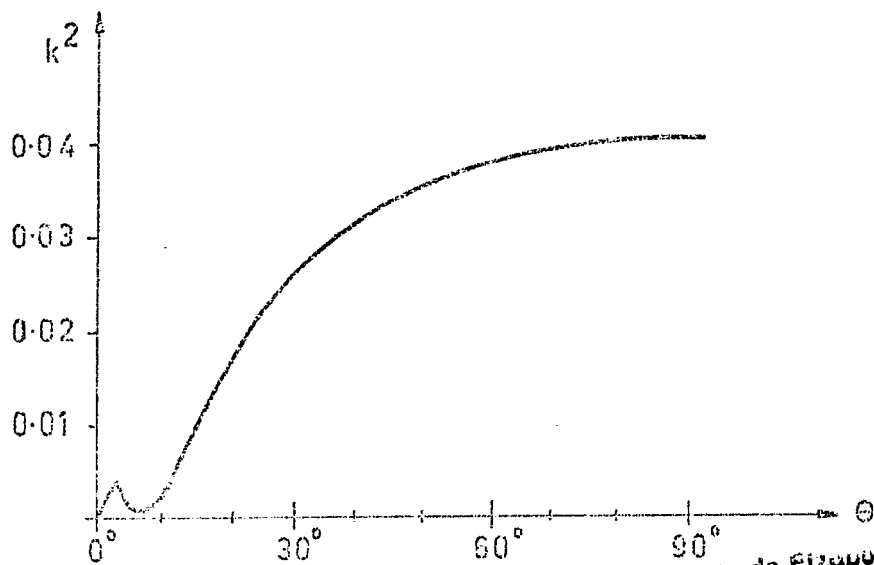


Fig. 5b

Alberto de Eizaburu
Por Poder

$\gamma = 30^\circ$
 $\alpha = 344^\circ$
 $\theta = 50^\circ$

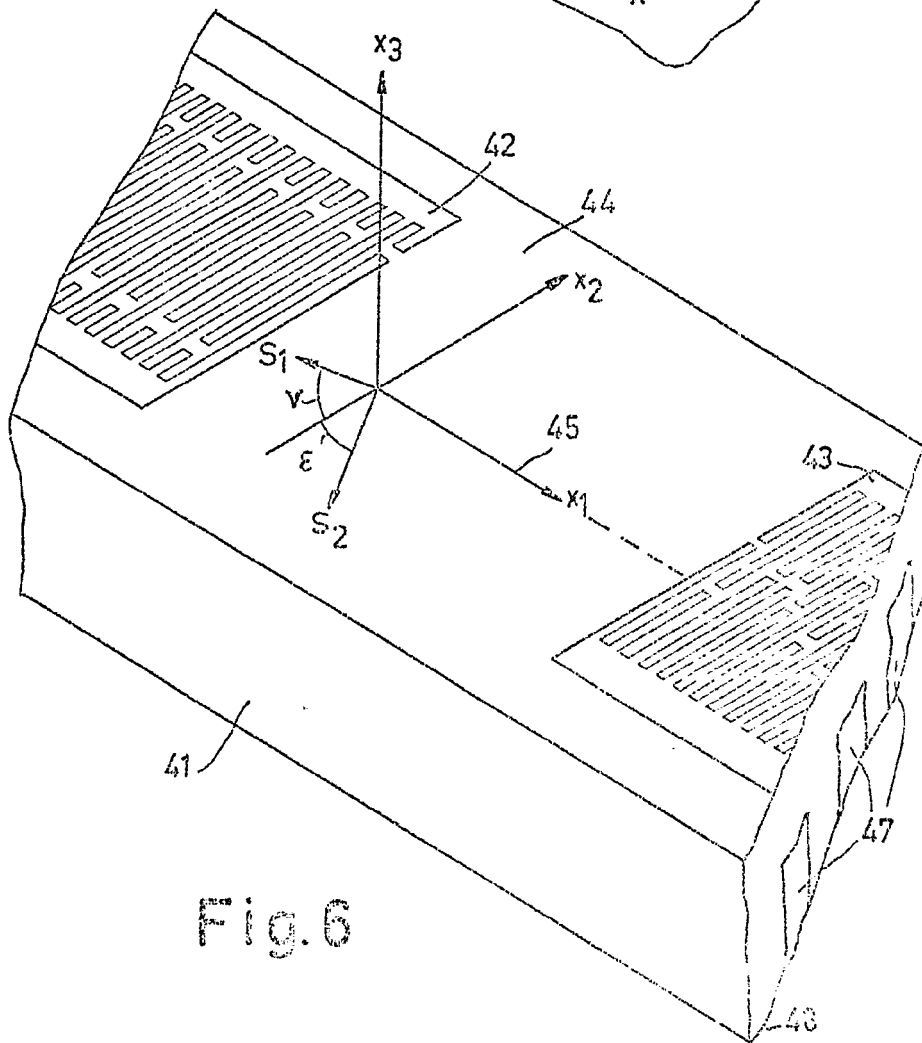
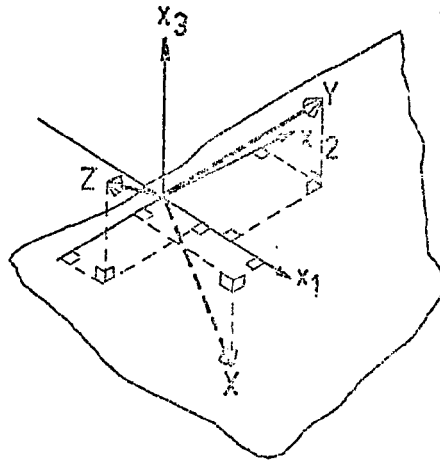


Fig. 6

Alberto de Eizoburo

Pat. K. 44

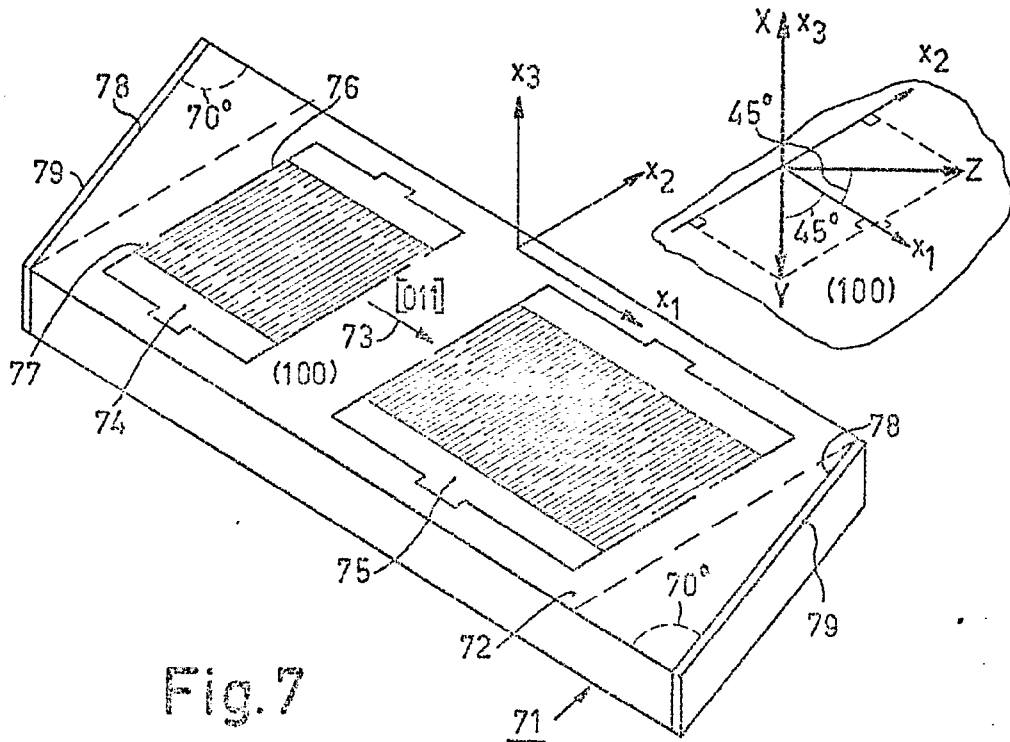


Fig. 7

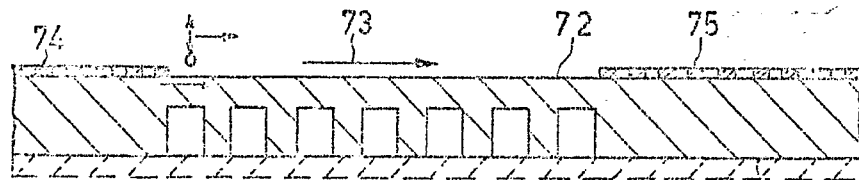


Fig. 8

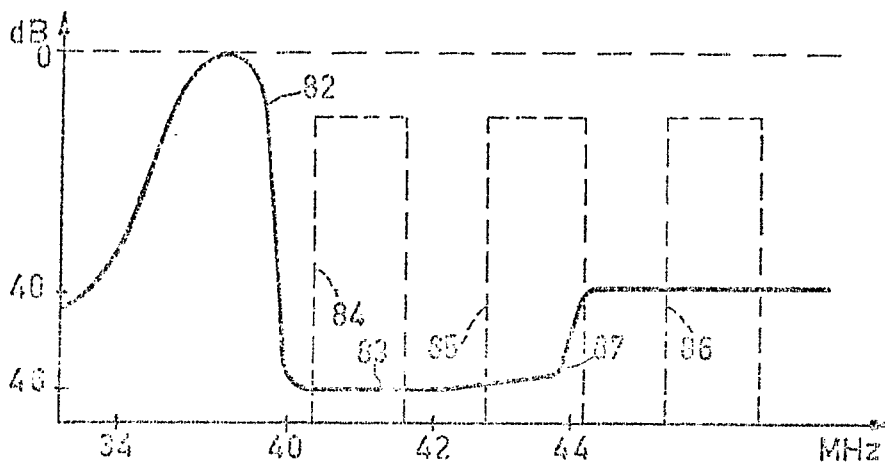


Fig. 9