

MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Registro de la Propiedad Industrial

20 FEB 1979

Concedido el Registro de acuerdo con los datos que figuran en la presente descripción y según el contenido de la Memoria adjunta.

NUMERO	470.658
FECHA DE PRESENTACION	9-6-1978

ⓐ A1



ESPAÑA

PATENTE DE INVENCION

ⓐ PRIORIDADES:	ⓑ FECHA	ⓓ PAIS
ⓑ NUMERO		
77/17861	10-6-1977	Francia

ⓕ7 FECHA DE PUBLICIDAD	ⓕ1 CLASIFICACION INTERNACIONAL	ⓕ2 PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
	H04R	

ⓕ4 TITULO DE LA INVENCION

"DISPOSITIVO TRANSDUCTOR ELECTRO-ACUSTICO REVERSIBLE"

ⓕ71 SOLICITANTE (S)

THOMSON-CSF (TUF, TH, CSF 4624/HEP)

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

173 bld Haussmann, 75008 París, Francia

ⓕ72 INVENTOR (ES)

Charles MAERFELD

ⓕ73 TITULAR (ES)

ⓕ74 REPRESENTANTE

DON FERNANDO DE ELZABURU MARQUEZ (P.-69.187)

1 El presente invento se refiere a un dispositivo  
utilizado en la acústica submarina, como proyector en la  
emisión y como hidrófono en la recepción de ondas elásticas.  
Se refiere, más particularmente, a un dispositivo transduc-  
5 tor electro-acústico reversible, con característica de di-  
rectividad constante, en una amplia banda de frecuencia.

Conviene recordar aquí que la directividad de un  
transductor es la propiedad que tiene este transductor de  
repartir de una cierta manera, en el espacio, la energía  
10 que cambia con el medio de propagación.

Un buen funcionamiento de sistemas de escucha de  
vigilancia con amplia banda de señales propagadas en el agua  
sobre todo el horizonte, plantea problemas. Se muestra fá-  
cilmente que, en tales sistemas, la relación señal/ruido  
15 es mejorada, cuando el espacio a vigilar está dividido en  
sectores cubiertos, cada uno, por un conjunto electro-acús-  
tico, con característica de radiación directiva.

Sin embargo, la directividad obtenida por medios  
convencionales, es una función de la frecuencia, y esta di-  
rectividad debe ser definida para una frecuencia media en  
20 la banda de frecuencias de utilización, con los siguientes  
inconvenientes:

- para las bajas frecuencias, los sectores así de-  
finidos se recubren demasiado, puesto que los diagramas de  
25 radiación son ensanchados; y

- para frecuencias superiores, estos sectores, por  
el contrario, no se solapan ya, puesto que los diagramas  
de radiación son más estrechos.

De esto se deriva una limitación seria de la banda  
30 de frecuencias útil de estos sistemas.

1 También se deriva de ésto una necesidad de conce-  
bir conjuntos electro-acústicos, cuyas características de  
directividad siguen siendo tan constante como sea posible,  
con la frecuencia comprendida en la banda de frecuencias de  
5 utilización.

El invento se refiere, principalmente, a la reali-  
zación de los dispositivos radiantes omnidirectivos, utili-  
zados en los sistemas de goniometría de amplitud en acústi-  
ca submarina.

10 Los dispositivos propuestos son utilizables, sin  
embargo, en todos los casos en que una característica de  
directividad dada debe ser obtenida y mantenida en una am-  
plia banda de frecuencias, tanto en recepción pasiva como  
en emisión y detección activa. Se citará, por ejemplo, en  
15 esta última actividad, la emisión de amplia banda, destina-  
da a obtener una información sobre la respuesta frecuencial  
de un objeto sumergido.

En el texto que sigue, un dispositivo radiante  
con transductor electro-acústico reversible, se designará  
20 como "antena acústica", o "antena", términos utilizados co-  
rrientemente por los técnicos de acústica submarina.

Una antena acústica puede estar formada por una  
superficie vibrante de dimensiones y de formas determinadas,  
por ejemplo, un pistón circular, o bien por una red de vi-  
25 bradores idénticos, en que la disminución es pequeña respec-  
to a la longitud de onda, y por lo tanto, de característica  
de radiación omnidireccional. En estos dos casos, la función  
de directividad, que es la variación de sensibilidad en fun-  
ción de la dirección de la onda incidente, depende del pro-  
ducto frecuencia-dimensión del vibrador o de la red. Para  
30

1 la mayoría de las antenas de radiación transversal, denomi-  
nadas "broadside array", la anchura angular  $2\alpha_0$  del lóbulo  
principal de la atenuación de  $-3\text{dB}$ , denominada entonces  $2\alpha_3$ ,  
es aproximadamente inversamente proporcional a este produc-  
5 to. Así, para una antena de dimensiones dadas en una banda  
de frecuencias de un octavo, la anchura  $2\alpha_3$  disminuye en  
la mitad, entre la frecuencia más baja y la más alta.

Por consiguiente, según la técnica anterior, la  
obtención de característica de directividad constante en  
10 función de la frecuencia, consiste en mantener el producto  
frecuencia-dimensión efectiva constante. Por ejemplo, a par-  
tir de una antena formada por una red lineal de varios trans-  
ductores electro-acústicos equidistantes, y que permiten  
tener una directividad determinada a la frecuencia  $f$ , es  
15 posible obtener, a las frecuencias  $2f$  y  $4f$ , una caracterís-  
tica de directividad constante, dividiendo la red en tres  
secciones, y aumentando el número de transductores captado-  
res para formar tres redes similares (como se ilustra esque-  
máticamente en la figura 1, para el caso en que el número  
20 de transductores es de cuatro).

Otros métodos pueden ser utilizados, y se encuen-  
tran, especialmente, en un artículo de J. C. MORRIS y E.  
HANDS, "Constant-beamwidth arrays for wide frequency bands"  
publicado en la revista ACUSTICA, VOL II, 1961, páginas  
25 341-347, una exposición de las principales técnicas conoci-  
das por el especialista. Estas técnicas conducen a disposi-  
tivos que necesitan la utilización de filtros o de líneas  
de retardo, combinadas con una pluralidad de captadores.  
Además, aparecen perturbaciones en la banda de frecuencias  
de utilización, en las zonas de solape de frecuencias de dos  
30

1 sectores adyacentes.

El dispositivo descubierto por el invento, es una antena acústica de realización sencilla, en que la característica de directividad sigue siendo constante en una amplia  
5 banda de frecuencias, y que incluye un número reducido de transductores electro-acústicos.

Según una de las características del invento, un dispositivo transductor electro-acústico reversible con característica de directividad constante en una amplia banda  
10 de frecuencias, susceptible de rebasar un octavo, y que forma una antena acústica omnidirectiva, que funciona con una amplitud angular idéntica del haz en los sectores que subdividen el horizonte, está caracterizado especialmente porque dicho dispositivo incluye un solo transductor electro-acústico omnidireccional, combinado con un conjunto de superficies reflectantes de impedancia acústica nula, delimitando dicho conjunto de superficies un espacio en forma de  
15 diedro, de triedro, de pirámide o de cono y porque las distancias de dicho transductor a dichas superficies reflectantes se eligen de valor inferior a 0,4 veces la menor longitud de onda de dicha banda de frecuencias.

Otras diferentes características y ventajas del invento resaltarán de la descripción que sigue, dada a título de ejemplo, con referencia a las figuras anejas, que representan:  
25

- la figura 1: un esquema sinóptico de una agrupación de transductores en tres redes similares, según la técnica anterior;

- la figura 2: una vista en perspectiva de un dispositivo transductor, en el caso de un espacio en forma de  
30

1 diedro, según el invento;

- la figura 3: diagramas que ofren, especialmente, la curva de la amplitud angular  $2\alpha_3$  del haz en función de diferentes parámetros;

5 - la figura 4: los diagramas de radiación a 20, 30 y 40 kHz;

- la figura 5: una vista esquemática del dispositivo, en el caso de un espacio en forma de un triedro que contiene un transductor conforme al invento;

10 - la figura 6: una vista en corte de una variante de realización del caso de la figura 2, en la cual varios transductores son utilizados según el invento;

- la figura 7: una vista en corte de otra variante de realización, en la cual el espacio que contiene el transductor está realizado en la masa de un bloque; y

15 - la figura 8: otra vista en corte de una agrupación de varios dispositivos ilustrados por la figura 7, y que están unidos a un aparato de tratamiento de las señales.

20 Para conseguir el objeto perseguido por el invento, se utilizan, en combinación con, al menos, un transductor electro-acústico omnidireccional, reflectores plano o de forma que comprende geometrías lineales, cuya impedancia acústica, definida como la relación compleja de la presión dinámica a la velocidad vibratoria, es nula.

25 Por este hecho, la característica de directividad del dispositivo realizado está impuesta por la geometría de la combinación formada, independientemente de la frecuencia en una amplia banda. En efecto, la superficie de cada reflector plano utilizado en la antena acústica según el invento constituye una dioptra plana que separa dos medios,

30

1 de los cuales uno tiene una impedancia acústica nula. El  
coeficiente de reflexión de las ondas de presión en la su-  
perficie de dicha dioptra, es igual a  $-1$ , de modo que toda  
5 la presión sonora incidente se encuentra reflejada con un  
cambio de fase de  $\pi$ . La característica de directividad de  
un solo transductor electro-acústico, que se supone formado  
por puntos, colocado a una distancia  $z$  ante un reflector  
de impedancia nula, denominado también reflector "blando",  
es, pues, de hecho, la de un dipolo constituido por dos  
10 transductores distantes  $2z$  y de amplitudes respectivas  $+1$   
y  $-1$ . Se puede decir que el transductor virtual es la imagen  
del transductor real a través de la dioptra.

La superficie reflectante de esta dioptra es el  
lugar de los puntos en que la presión sonora es nula y de-  
15 fine direcciones para las cuales la sensibilidad es nula.

La realización de la antena acústica propuesta,  
consiste en combinar, según una geometría dada, un conjun-  
to de reflectores blandos con, al menos, un transductor  
electro-acústico omnidireccional. La figura 2 representa  
20 una vista en corte que esquematiza la antena que lleva al  
menos un transductor 1 colocado en el interior de un espa-  
cio 4 delimitado por dos reflectores "blandos" 2 y 3, que  
forman un diedro de ángulo en el vértice  $\alpha_D$  a lo largo de  
un eje  $XX_1$ . Para la comodidad del dibujo, el medio de fija-  
ción del transductor no está representado. Puesto que, co-  
25 mo se acaba de decir, la representación equivalente de un  
transductor colocado ante un reflector blando plano es un  
dipolo  $(+1, -1)$ , y que, por otro lado, se puede mostrar que,  
para un funcionamiento satisfactorio del conjunto, el núme-  
ro de dipolos debe ser un número entero  $n$ , el ángulo  $\alpha_D$  de-

1 be ser elegido igual a  $\frac{\pi}{n}$  donde n, que representa, además,  
 en este caso, el número de dipolos, es un número entero po-  
 sitivo. Por otro lado, el diedro tiene una abertura L, que  
 delimita una pupila de entrada (o de salida). Esta abertura,  
 5 se elige igual a varias veces la mayor longitud de onda de  
 la banda de frecuencias utilizada, de manera que la directi-  
 vidad propia de esta pupila no contribuye a modificar la  
 característica de directividad propia de la antena, a las  
 frecuencias más bajas de la gama.

10 Cuando el transductor l está colocado sobre la bi-  
 sectriz  $y_1$  del ángulo  $\alpha_D$  en el vértice del diedro, la ca-  
 racterística de directividad en amplitud es:

$$D(\alpha) = \sum_{m=0}^{m=2n-1} (-1)^m e^{i\frac{2\pi d}{\lambda} \cos(\alpha - \frac{m}{n})} \quad (1)$$

15 relación en la cual, m es un entero, d es la distancia del  
 transductor al vértice del diedro,  $\lambda$  la longitud de onda de  
 la señal, y  $\alpha$  el ángulo de la radiación, contado a partir  
 del eje  $y_1$ . La amplitud máxima se obtiene para  $\alpha = 0$ , es  
 20 decir, en el eje del diedro, y la amplitud  $2\alpha_3$ , es igual  
 a  $\frac{\pi}{2n}$ , característica de la antena según el invento.

El invento será mejor comprendido y sus caracterís-  
 ticas mejor definidas, tomando un ejemplo numérico que se  
 refiere a una realización esquematizada en la figura 2.

25 Las dos superficies reflectantes planas 2 y 3 del  
 sistema del tipo reflector "blando", hechas de un material  
 utilizado corrientemente en acústica submarina, tal como el  
 material alveolar con burbujas formadas de elastómero a ba-  
 se de cloruro de polivinilo, por ejemplo, tal como se comer-  
 30 cializa por la sociedad Kleber-Colombes, bajo la denominación

1 "KLEGECELL 250", forman entre sí un diedro de ángulo  
 $\alpha_D = 90^\circ$ . El transductor l alimentado por ll, es cilíndri-  
 co y tiene un diámetro de 1 cm, y se encuentra a la distan-  
 5 cia d de 1,5 cm de la arista del diedro. La anchura de la  
 abertura L es de 30 cm.

La amplitud de la onda acústica recibida o radiada  
 por la antena descrita, se escribe:

$$10 \quad D(\alpha) = 4 \operatorname{sen} \left[ \frac{\pi d}{\lambda} (\cos \alpha + \operatorname{sen} \alpha) \right] \times \operatorname{sen} \left[ \frac{\pi d}{\lambda} (\cos \alpha - \operatorname{sen} \alpha) \right] \quad (2)$$

permitiendo calcular:

- la amplitud máxima en el eje D (o) =  $4 \operatorname{sen}^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda} \right)$
- la anchura  $2\alpha_3$  del lóbulo principal a  $-3B$ , tal que

$$15 \quad \operatorname{sen} \left[ \frac{\pi d}{\lambda} (\cos \alpha_3 + \operatorname{sen} \alpha_3) \right] \times \operatorname{sen} \left[ \frac{\pi d}{\lambda} (\cos \alpha_3 - \operatorname{sen} \alpha_3) \right] = \frac{\sqrt{2}}{2} \operatorname{sen}^2 \frac{\pi d}{\lambda} \quad (3)$$

en que las variaciones respectivas están trazadas, en la fi-  
 gura 3, en (a) y (b), teniendo en las ordenadas la anchura  
 angular en grados y/o la amplitud D (o) y en abscisas, en  
 20 frecuencia en kHz y/o la proporción  $d/\lambda$ .

Se ve claramente, en esta figura, que la caracte-  
 rística de directividad obtenida es prácticamente constante  
 en una amplia banda de frecuencia.

25 La limitación hacia las bajas frecuencias a causa  
 de las dimensiones de la amplitud de abertura L del diedro,  
 aparecerá solamente más o menos pronto, según las dimensio-  
 nes dadas a esta anchura L. En una instalación submarina fi-  
 ja, la dimensión D puede alcanzar varios metros, permitien-  
 do reducir esta limitación hacia un espacio kHz, aproximada-  
 30 mente. En el ejemplo descrito, correspondiente a una antena

1 montada sobre un vehículo submarino, la dimensión  $L = 30$  cm, permite reducir la frecuencia de utilización a, aproximadamente, 20 kHz.

5 La limitación hacia las altas frecuencias puede ser fijada cuando, por ejemplo, la amplitud angular que corresponde en característica de directividad  $2\alpha_3$ , ha disminuido en 10%. Esto conduce, en el ejemplo de realización dado, a no rebasar la frecuencia correspondiente a  $\frac{d}{\lambda} = 0,4$ , o sea una frecuencia de 40 kHz.

10 Así, se obtiene una antena acústica cuya característica de directividad sigue siendo constante en una banda de un octavo.

15 Los rendimientos en detección de dicha antena pueden ser estimados calculando el nivel espectral de la señal  $N_S$  que pueden detectar. Si  $B_E$  es el nivel espectral de ruido electrónico llevado a la entrada del preamplificador del transductor,  $S_h$  es la sensibilidad del transductor,

$$20 \quad N_S = B_E - S_h - 20 \log \left( 4 \cdot \text{sen}^2 \frac{\pi d}{\lambda} \right)$$

con escalas en decibelios.

Se sabe realizar corrientemente transductores de  $S_h = -90$  dB con un nivel espectral de ruido electrónico de  $10^{-8}$  volt/ $\sqrt{\text{Hz}}$ .

25 En el ejemplo de realización mencionado, limitando la frecuencia baja a 20 kHz, es decir, a una frecuencia correspondiente a  $\frac{d}{\lambda} = 0,2$ , la amplitud máxima en el eje  $D(\theta) = 4 \text{sen}^2 \left( \frac{\pi d}{\lambda} \right)$  toma el valor 1, a 38 a comparar con el valor obtenido a la frecuencia correspondiente a  $\frac{d}{\lambda} = 0,5$ , que es  $D(\theta) = 4$ , valor que sería obtenido igualmente con

30

1 la ganancia de una antena convencional.

Se obtiene, pues,  $N_S = -73$  dB a la frecuencia de 20 kHz, para la antena correspondiente al ejemplo descrito.

5 Ventajosamente, un filtro compensador, del tipo pasa-bajos, está dispuesto detrás del transductor, con objeto de igualar el nivel de la señal recibida en la banda de frecuencia utilizada.

10 Las figuras 4a, 4b, 4c, muestran el diagrama de radiación obtenido a las frecuencias respectivas de 20, 30 y 40 kHz.

Según otra realización, la antena acústica lleva un conjunto de tres o cuatro reflectores "blandos" planos, que constituyen un triedro o una pirámide. La figura 5 ilustra esquemáticamente una realización según el invento, constituida por tres planos reflectores 51, 52 y 53, que delimitan un espacio 54 que forma triedro y por un transductor electro-acústico 1. Se obtiene una característica de directividad que delimita un sector de espacio simétrico, en volumen, con relación a la altura del triedro o de la pirámide.

20 Según una variante de realización, el transductor está colocado en el interior de un cono reflector "blando" y proporciona una característica de directividad análoga a la de una agrupación de hidrófonos concebida con el fin de que el máximo de sensibilidad corresponda a la característica de directividad del eje de la agrupación, es decir, según una radiación similar a la producida por una "antena de radiación longitudinal", denominada "end-fire array".

30 Según otra realización, varios transductores están dispuestos ventajosamente a distancias diferentes del vérti

1 ce de las diversas formas de reflectores posibles, con el  
fin de cubrir una amplia banda de frecuencias que incluye  
varios octavos. La figura 6 representa esquemáticamente, en  
corte, una antena, en la cual tres transductores 61, 62 y  
5 63 están distantes del vértice del diedro, formado por las  
superficies reflectoras "blandas" 2 y 3, de valores en pro-  
gresión geométrica  $d$ ,  $2d$ ,  $4d$ .

Los transductores más próximos al vértice son uti-  
lizados para las bandas de frecuencia más elevadas.

10 La figura 7 ilustra esquemáticamente, en corte,  
una antena acústica en forma de diedro, de triedro, de pira-  
mide o de cono, constituida por un vaciado 72 de esta forma,  
practicado en un bloque 71 de material reflector "blando",  
tal como el "KLEGECELL" citado.

15 El vaciado 72 puede estar en comunicación directa  
con el fluido del medio circundante en funcionamiento; en  
este caso, el espacio correspondiente está lleno de este  
fluido, y el transductor 1 debe estar protegido y mantenido.

20 Ventajosamente, como se representa en la figura 7,  
la abertura de este espacio 72 está obturada por una lámina  
delgada 73, por ejemplo de caucho  $P_0 C_0$ , y el vaciado está  
lleno de un fluido utilizado corrientemente en acústica sub-  
marina, tal como el aceite de ricino o el aceite silicona,  
que poseen características acústicas semejantes al fluido  
25 circundante.

Más ventajosamente, el vaciado 72 está lleno de un  
material visco-elástico, que tiene la transparencia acústi-  
ca del agua, tal como el poliuretano, por ejemplo, descrito  
en la patente francesa número 69 40589, publicación número  
30 2.069.875, con objeto de proteger y de mantener el/los trans

1 ductores.

Una agrupación de varias antenas acústicas, tales como las descritas anteriormente, es realizable para formar una red que permite obtener rendimientos de características de directividad interesantes con un número reducido de transductores electro-acústicos.

La figura 8 representa esquemáticamente, en corte, una agrupación de cuatro antenas elementales, tal como las ilustradas en la figura 7. El conjunto recoge especialmente las señales recibidas y las salidas de los transductores están conectadas a un circuito de tratamiento 81, con objeto de obtener las características de directividad deseadas. Dicho circuito incluye, por ejemplo, filtro y amplificadores con un circuito de adición o con un multiplexador que permiten aplicar a las señales el/los tratamientos deseados.

Por otra parte, la antena así obtenida permite efectuar goniometría de amplitud en una amplia banda de frecuencias, si las señales de salida de cada antena elemental se consideran separadamente.

20

25

30

07068

1

REIVINDICACIONES

5

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:

10

15

20

1ª.- Dispositivo transductor electro-acústico reversible con característica de directividad constante en una amplia banda de frecuencias susceptible de rebasar un octavo y que forma una antena acústica omnidirectiva, que funciona con una anchura angular idéntica del haz en los sectores que subdividen el horizonte, caracterizado porque incluye un solo transductor electro-acústico omnidireccional combinado con un conjunto de superficies reflectantes de impedancia acústica nula, delimitando dicho conjunto de superficie un espacio en forma de diedro, de triedro, de pirámide o de cono, y porque las distancias de dicho transductor a dichas superficies reflectantes se eligen de valor inferior a 0,4 veces la menor longitud de la onda de dicha banda de frecuencias.

25

2ª.- Dispositivo según la reivindicación 1ª, en el cual dicho conjunto de superficies delimita un espacio en forma de diedro, caracterizado porque el ángulo en el vértice  $\alpha_D$  de dicho diedro se elige igual a  $\frac{\pi}{n}$ , siendo n un número entero, y porque la abertura (L) de dicho diedro, se elige igual a varias veces la mayor longitud de onda de la banda de frecuencias utilizada.

30

3ª.- Dispositivo según la reivindicación 2ª, que

1 -permite obtener características de directividad constantes  
en una amplia banda de frecuencias, que incluye varios oc-  
tavos, caracterizado porque lleva varios transductores omni-  
5 direccionales dispuestos a distancias crecientes del vér-  
tice de dicho espacio, siendo dichas distancias inversamen-  
te proporcionales a la frecuencia media de la banda de fre-  
cuencias utilizada por cada uno de transductores.

4<sup>a</sup>.- Dispositivo según la reivindicación 3<sup>a</sup>,  
caracterizado porque lleva en la salida del/de los trans-  
10 ductores, un filtro pasa-bajos compensador.

5<sup>a</sup>.- Dispositivo según la reivindicación 3<sup>a</sup>,  
caracterizado porque dicho espacio está lleno de un mate-  
rial que tiene la transparencia acústica del fluido del me-  
dio circundante en funcionamiento.

6<sup>a</sup>.- Dispositivo según la reivindicación 3<sup>a</sup>,  
caracterizado porque dicha abertura de dicho espacio está  
obturada por una lámina transparente acústicamente, estan-  
do dicho espacio lleno de un fluido de impedancia acústica  
semejante a la del fluido del medio circundante en funcio-  
20 namiento.

7<sup>a</sup>.- "DISPOSITIVO TRANSDUCTOR ELECTRO-ACUSTI-  
CO REVERSIBLE".

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

1

Esta Memoria consta de quince hojas escritas  
máquina por una sola cara.

5

Madrid, 17. JUL. 1978

I.A.

**Fernando de Elizaburu**

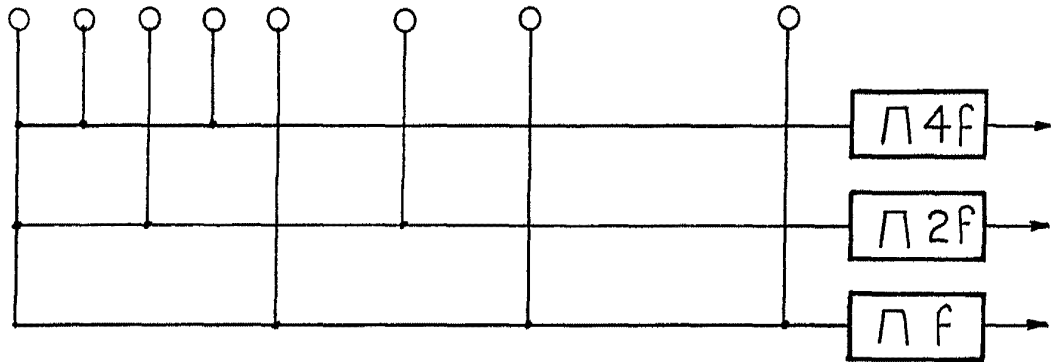
Por Poder.

10

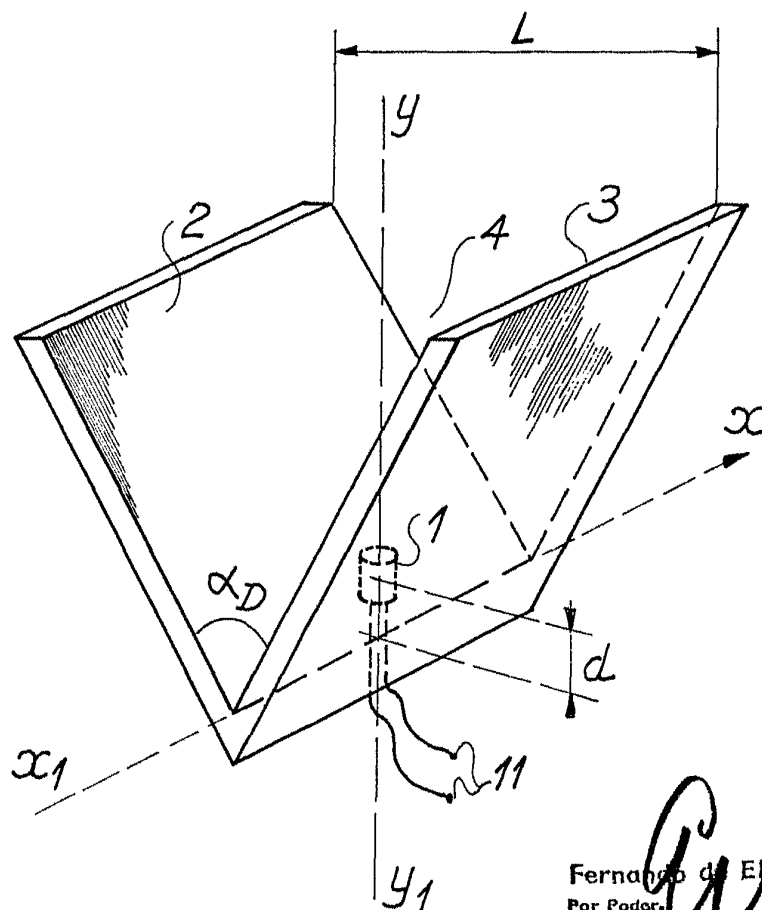
07078

JL/.

Fig\_1



Fig\_2



Ferritdo de Aluminio  
 per Power

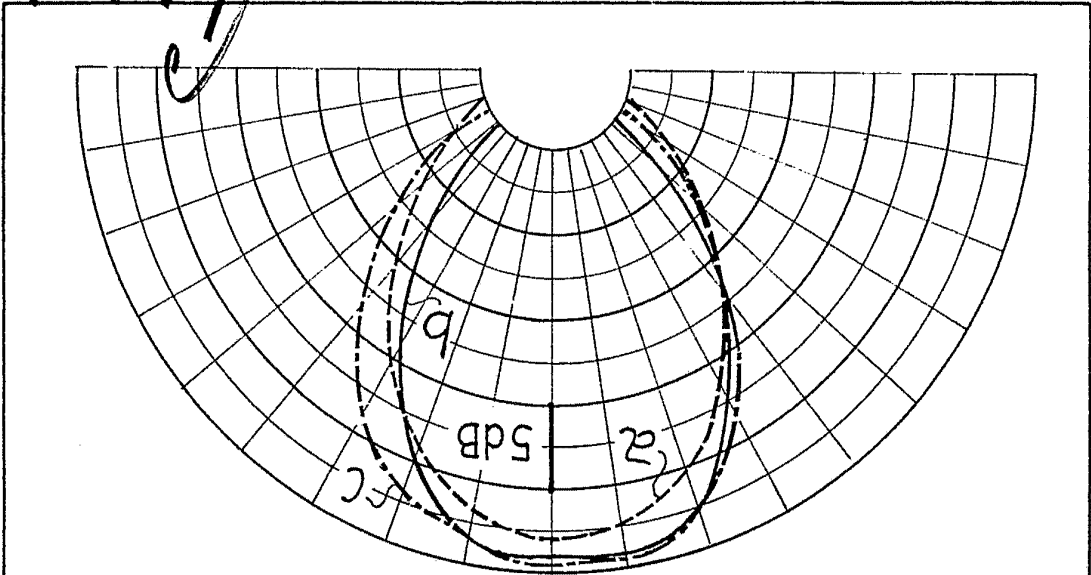


Fig-4

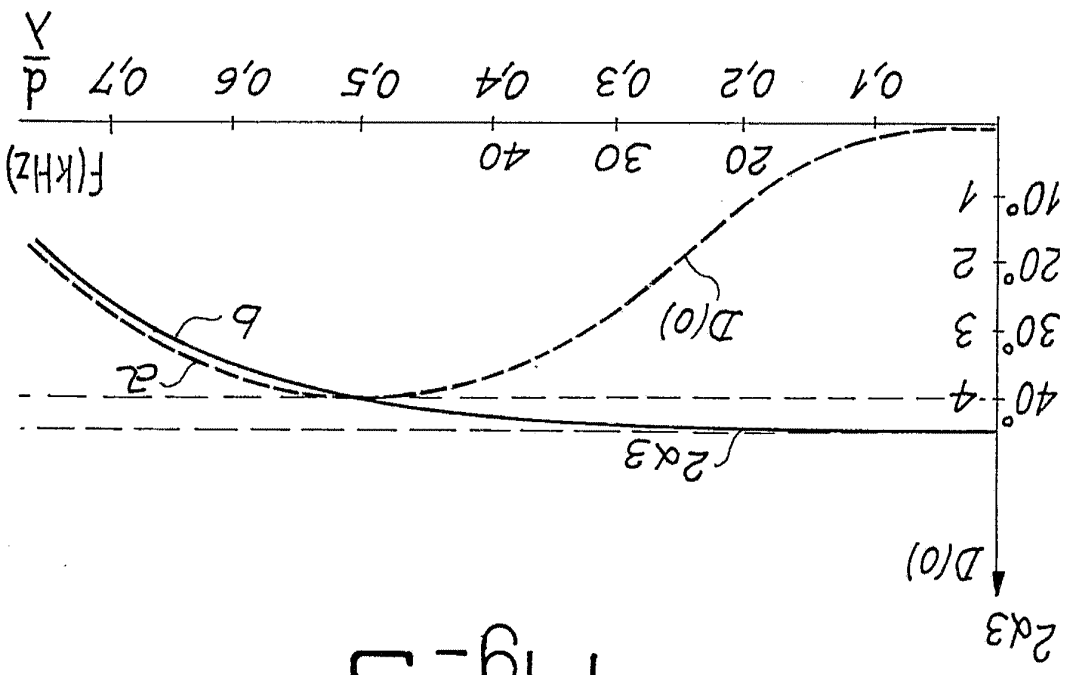
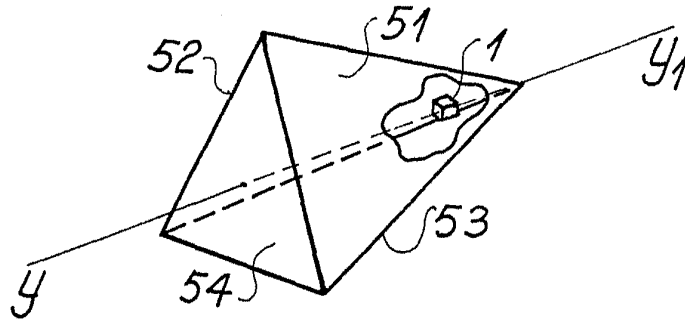
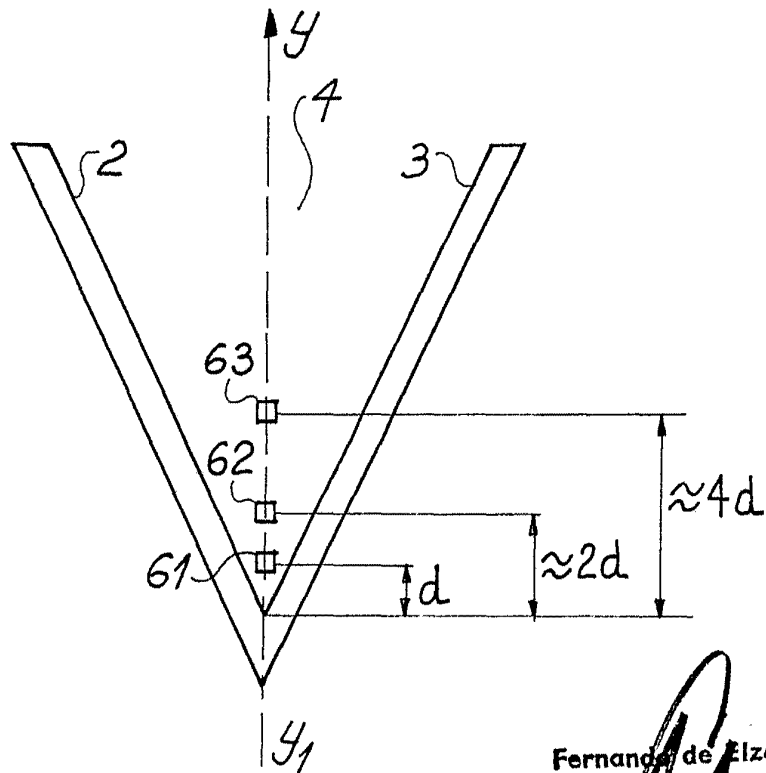


Fig-3

# Fig\_5

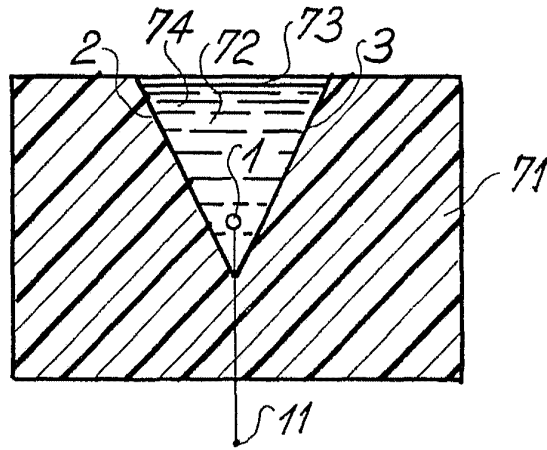


# Fig\_6

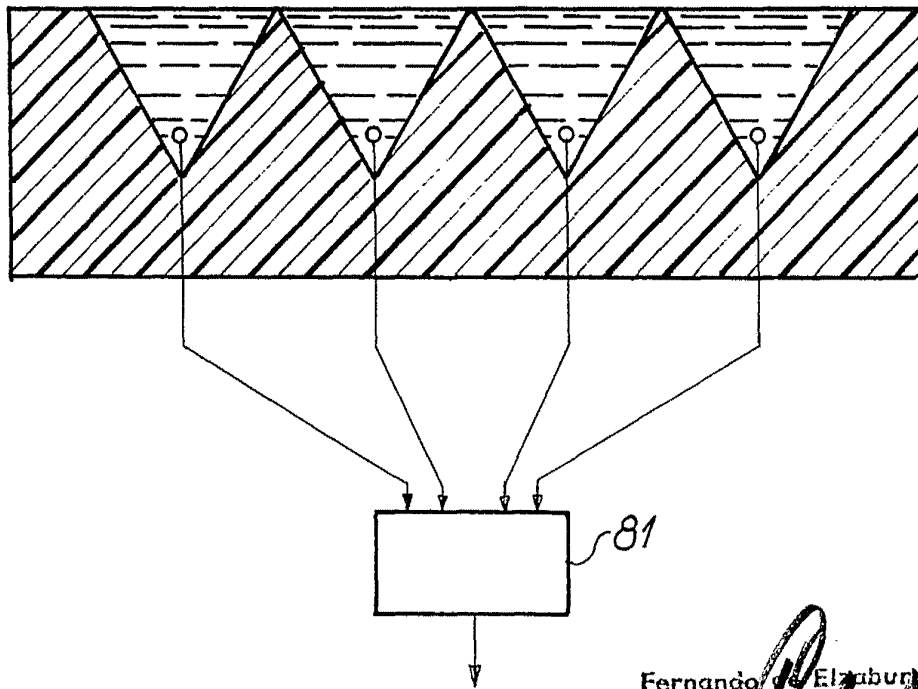


Fernando de Elizaburu  
Por Poder

Fig\_7



Fig\_8



Fernando de Elizabun  
Por Poder