



ES	11) NUMERO 454.232	A 1
	22) FECHA DE PRESENTACION 14-12-1976	

PATENTE DE INVENCION

P.- 64.659  
EA R/2 Sp.  
4618

30) PRIORIDADES: 31) NUMERO 640.604	32) FECHA 15-12-75	33) PAIS E.U.A.
-------------------------------------------	-----------------------	--------------------

47) FECHA DE PUBLICIDAD	51) CLASIFICACION INTERNACIONAL H04R; G01S	62) PATENTE DE LA QUE ES DIVISIONARIA
-------------------------	-----------------------------------------------	---------------------------------------

64) TITULO DE LA INVENCION

"UN DISPOSITIVO TRANSDUCTOR DE LENTE PARA USO EN UN SISTEMA MARINO DE SONAR DOPPLER"

71) SOLICITANTE (S)

SPERRY RAND CORPORATION

DOMICILIO DEL SOLICITANTE

1290 Avenue of the Americas, Nueva York, Nueva York 10019,  
Estados Unidos de América

72) INVENTOR (ES)

Jacob Abraham Kritz

73) TITULAR (ES)

74) REPRESENTANTE

DON ALBERTO DE ELZABURU MARQUEZ

1 El presente invento se refiere a aparatos marinos de navegación y de guía, de sonar basado en el efecto Doppler y, de modo más particular, a radiadores y receptores acústicos para tales aparatos.

5 Los equipos de sonar de Doppler usados para la medición de la velocidad y de la distancia a bordo de buques son bien conocidos en la técnica. Los transductores electroacústicos se usan para generar y recibir ondas sonoras en el agua. La energía acústica es enfocada hacia dentro del agua  
10 bajo un ángulo distinto de 90° con respecto a la dirección de la velocidad hacia delante del barco de modo que una componente de la velocidad coincida con la dirección del haz. Un ejemplo de tal orientación del haz, empleada en un "sistema Janus", en el que para mayor precisión se usan dos haces acústicos, se describe en la Memoria de la patente británica No. 1.392.005.

15 En muchas condiciones en el funcionamiento de un buque son arrastradas burbujas de aire por debajo del casco y barridas hacia popa. Las burbujas adyacentes al casco se hallan en una capa límite de la corriente que se mueve hacia más allá del barco. La velocidad de esta capa límite es  
20 apreciablemente menor que la velocidad de la corriente libre en un lugar alejado del casco del buque, que es la velocidad a medir. Las burbujas de aire representan reflectores excelentes de la energía sónica. En los transductores de la técnica anterior, es radiada energía y recibida, no sólo a lo largo del lóbulo principal deseado, sino también  
25 a lo largo de diversos lóbulos secundarios laterales dispuestos cerca del casco del buque. La energía en estos lóbulos es a menudo reflejada desde las burbujas de aire que están  
30

1        próximas a la superficie del casco y dan origen a una señal  
espúrea reflejada que es comparable a la recibida desde la  
región pretendida del lóbulo principal. Estas señales espú-  
reas no sólo causan un funcionamiento impreciso, sino que,  
5        también, dan como resultado un elevado grado de inestabili-  
dad en las lecturas del instrumento a causa de la densidad,  
continuamente variable, de las burbujas.

De acuerdo con los principios del presente inven-  
to, la energía acústica asociada con un elemento de trans-  
10        formación electro-acústico es hecha pasar a través de una  
lente de refracción construída de modo que a la energía acús-  
tica reflejada, que se origina en una zona cercana al casco  
del barco, se le impide llegar al elemento de transformación  
electro-acústico.

15        Describiremos ahora con mayor detalle un transduc-  
tor de lente para aparato marino de sonar doppler construí-  
do de acuerdo con el presente invento, a modo de ejemplo,  
haciendo referencia a los dibujos adjuntos, en los cuales:

20        La fig. 1 es una representación de un diseño tí-  
pico de radicación asociado a un transductor electro-acústico;

la Fig. 2 es un diagrama que ilustra una configu-  
ración de transductor típica de la técnica anterior;

25        la Fig. 3 es un diagrama que ilustra la configu-  
ración ilustrativa de transductor construída de acuerdo con  
el presente invento; y

la fig. 4 es un diagrama útil para la explicación  
del invento.

30        Un equipo de sonar doppler del tipo en considera-  
ción emplea elementos de transformación electro-acústica de  
la energía típicamente en forma de transductores piezoeléctricos

1 que se deforman en respuesta a una señal eléctrica aplicada,  
de modo que se produzca una señal acústica correspondiente  
a la señal eléctrica aplicada. A la inversa, tales elementos  
5 producen una señal eléctrica cuando son deformados por una  
señal acústica incidente. En la fig. 1, que ilustra la dis-  
tribución de la energía acústica radiada desde la superficie  
del transductor electro-acústico cuando es excitado por una  
señal eléctrica, se muestra un diseño típico de haz asocia-  
do con tales elementos. La mayor parte de la energía irradia  
10 dentro de un estrecho ángulo centrado en torno a un eje nor-  
mal a la cara del elemento de transformación de la energía,  
como se ha indicado por el lóbulo principal o primario 11.  
Sin embargo, se producen cantidades importantes de radiación  
a lo largo de lóbulos laterales o secundarios divergentes  
15 13 y 15. En un equipo de sonar doppler, la energía acústica  
deseada es irradiada y recibida dentro del lóbulo primario,  
al paso que la energía irradiada y recibida a lo largo de  
los lóbulos laterales representa una señal espúrea que con-  
tribuye a lecturas imprecisas e inestables. La finalidad del  
20 presente invento es la de eliminar de modo eficaz estos ló-  
bulos laterales.

La naturaleza del problema podrá comprenderse me-  
jor haciendo referencia a la fig. 2 que ilustra la manera  
usual de montar elementos para la transformación electro-  
25 acústica de energía para un sistema Janus. Los elementos 17  
y 19 de transformación piezoeléctrica de la energía están  
montados dentro de un alojamiento estanco de transductor, 21,  
insertado en una abertura del casco 23 del buque. De acuerdo  
con los principios de funcionamiento del bien conocido siste-  
30 ma Janus, los elementos 17 y 19 producen haces que miran ha-

1      cia proa y hacia popa, respectivamente. Como estos haces  
deben tener una componente paralela a la velocidad del bar  
co a fin de experimentar el desplazamiento doppler, los ele  
5      mentos 17 y 19 deben disponerse en ángulo con relación al  
fondo del casco del buque. A fin de realizar esto, los ele  
mentos 17 y 19 se montan típicamente en una superficie an  
10      gulada 25 que forma el fondo del alojamiento 21 del trans  
ductor. Los haces que miran hacia proa y hacia popa repre  
sentan los lóbulos primarios asociados con los elementos de  
transformación electro-acústica de la energía y, por tanto,  
están centrados en torno a un eje normal a las caras de los  
respectivos elementos 17, 19.

Además de la energía de los haces descados, será  
15      irradiada también energía, y recibida, a lo largo de los  
ejes de los diversos lóbulos laterales, tales como los re  
presentados por los haces 27 y 29 que pasan cercanos a la  
superficie exterior del casco del buque, donde puede exis  
tir un elevado grado de turbulencia. Aunque los elementos  
20      17 y 19 son considerablemente menos sensibles a la energía  
de los lóbulos laterales que a la energía del lóbulo prima  
rio, el elevado nivel de reflectividad de las burbujas de  
la capa turbulenta y la proximidad de estas burbujas a los  
elementos 17 y 19 pueden producir señales espúreas compara  
25      bles a las recibidas de la región considerada del haz prin  
cipal. Estas señales espúreas producen funcionamiento impre  
ciso e inestabilidad de las lecturas del instrumento, debi  
do a la densidad variable de las burbujas y a la velocidad.

Un transductor de lente construido de acuerdo con  
los principios del presente invento se ha ilustrado en la  
30      fig. 3. Los elementos 31 y 33 de transformación electro-acús

1 tica de la energía están montados sobre un elemento de len-  
te 35 dentro de un alojamiento 37 de transductor. El elemen-  
to de lente 35, que describiremos en detalle, tiene una su-  
5 perficie exterior 39 que está sustancialmente enrasada con  
la superficie exterior del casco del buque y superficies in-  
teriores 41 y 43, cada una de las cuales está dispuesta en  
ángulo con respecto a la superficie exterior 39. Para un sis-  
tema Janus, el elemento de lente 35 puede adoptar la forma  
de un cuerpo en general triangular (con preferencia isósce-  
10 les) en vista lateral y rectangular en vista en planta, es-  
tando los dos lados adyacentes 41, 43 mecanizados planos pa-  
ra acomodar a los elementos discoidales 33, 31, respectiva-  
mente, de transformación electro-acústica de la energía. Los  
haces 45 y 47 que miran hacia proa y hacia popa son produci-  
15 dos por los elementos 31 y 33, respectivamente.

Alternativamente, un par de haces que miran hacia  
proa y un par de haces que miran hacia popa pueden ser pro-  
porcionados por dos pares de elementos de transformación  
electro-acústica, estando un elemento montado a cada lado de  
20 una lente en forma de pirámide de cuatro lados adecuadamen-  
te orientada en el casco del buque.

La construcción y los principios de funcionamien-  
to del aparato de la fig. 3 pueden comprenderse mejor hacien-  
do referencia al diagrama de la fig. 4, que muestra de nue-  
vo los elementos de transformación de la energía 31 y 33 mon-  
25 tados en el elemento de lente 35.

El elemento de lente 35 está construido de un ma-  
terial en el cual la velocidad del sonido  $C_p$  es algo mayor  
que la velocidad del sonido en el agua,  $C_w$ . Se han construí-  
do lentes adecuadas a partir de poliestireno, por ejemplo,  
30

1 en el que la velocidad del sonido es de 2317 metros por se-  
gundo, en contraste con el agua de mar que, típicamente, tie-  
ne una velocidad del sonido de 1507 metros por segundo, dan-  
do así una relación  $C_p/C_w$  de aproximadamente 1,5.

5 En el diagrama,  $\psi_p$  es el ángulo de incidencia con  
respecto a la normal a la lente, y  $\psi_w$  es el ángulo refracta-  
do en el medio agua.

Por la ley de Snell, es válida la siguiente rela-  
ción:

10

$$\frac{\text{sen } \psi_w}{\text{sen } \psi_p} = \frac{C_w}{C_p} \quad (1)$$

Como el material de la lente se elige para que  
tenga una mayor velocidad de propagación del sonido que la  
15 del agua, la relación de  $C_w$  a  $C_p$  de la ecuación (1) es menor  
que la unidad. Esto causa refracción, tal que el ángulo  $\psi_w$   
es menor que  $\psi_p$  y el haz en el agua es refractado hacia el  
eje normal de la lente 35. Como  $\text{sen } \psi_p$  no puede exceder de  
la unidad, y la relación de  $C_w$  a  $C_p$  es menor que la unidad,  
20  $\text{sen } \psi_w$  debe siempre ser menos que 1 o  $\psi_w$  debe ser menor de  
90°. Así, el rayo refractado no puede aproximarse a la su-  
perficie del casco.

En este contexto, es útil definir un ángulo críti-  
co que puede calcularse por la ecuación (1) haciendo  $\psi_p = 90^\circ$   
25 y recordando que la relación de  $C_w$  a  $C_p$  es menor que la uni-  
dad. Este ángulo crítico viene dado por:

$$\psi_w \text{ crítico} = \text{arco sen } \frac{C_w}{C_p} \quad (2)$$

30 La implicación de este ángulo crítico es que los

1 rayos entrantes que superen este valor (tales como los que  
lleguen desde las proximidades de la superficie del casco)  
nunca podrán alcanzar el elemento transductor. A la inver-  
sa, ningún rayo emitido por el elemento transductor podrá  
5 posiblemente iluminar la región situada más allá del ángulo  
crítico.

Como ejemplo de esta aplicación, una lente hecha  
de polistireno, con las características antes mencionadas,  
proporcionará un ángulo crítico de  $40,57^\circ$ . Toda transmisión  
10 y recepción que hagan uso de este material de lente, por  
consiguiente, quedarán confinadas a una región cónica por  
debajo de la lente que medirá menos de  $40,57^\circ$  desde la ver-  
tical. En otras palabras, toda la región desde la horizon-  
tal (posición del casco) por debajo de  $49,43^\circ$  no podrá con-  
15 tribuir con energía acústica en una medición haciendo uso  
del efecto Doppler.

El transductor de lente del presente invento con-  
tribuye todavía a la precisión de las mediciones en un so-  
nar de doppler porque proporciona lecturas de velocidad con  
20 independencia de la salinidad del agua. En los dispositivos  
de la técnica anterior, por ejemplo, deben hacerse correc-  
ciones en cuanto al cambio de la salinidad del agua cuando  
se viaja de agua salina a agua más dulce a través de estua-  
rios. Esta ventaja del invento puede apreciarse haciendo re-  
25 ferencia a la bien conocida ecuación que relaciona el des-  
plazamiento doppler con la velocidad de un barco:

$$\Delta f = \frac{2v}{c_w} \cos \theta_w f_o \quad (3)$$

30 donde

1  $\Delta f$  es la frecuencia diferencia doppler de un haz individual

$v$  es la velocidad del barco

5  $C_w$  es la velocidad de propagación del agua en las proximidades del transductor

$\theta_w$  es el ángulo entre el vector de la velocidad del barco y el haz del transductor

$f_o$  es la frecuencia transmitida.

10 Con el uso del elemento de lente,  $\theta_w$  no viene ya fijado solamente por geometría sino que, ahora, es función de los efectos de refracción producidos por cambios en la velocidad del sonido. Reconociendo la identidad  $\cos \theta_w = \sin \theta_w$  y sustituyendo de la ecuación (1), la ecuación (3) puede escribirse:

15 
$$\Delta f = \frac{2v}{C_p} \sin \psi_p \cdot f_o \quad (4)$$

20 Así, la constante de calibración depende ahora de la velocidad de propagación del material de la lente, pero es independiente de la velocidad de propagación en el agua.

25 Como la lente proporciona una suave cara de contacto del casco con el agua y elimina la cavidad de los dispositivos de la técnica anterior, puede conseguirse un funcionamiento a mayor velocidad sin crear turbulencia ni cavitación junto al transductor.

30 Además, el uso de la lente acústica reduce la amplitud del ruido de flujo que es generado por el impacto de la corriente de agua sobre las caras del transductor en los dispositivos de la técnica anterior. Este efecto se manifiesta como ruido eléctrico en las salidas de los crista-

1 les piezoeléctricos y, así, combate la recepción de la señal  
deseada. Como la amplitud de las señales recibidas sigue el  
comportamiento bien conocido de la ley del cuadrado, el he-  
cho de apartar el impacto de flujo de los elementos piezo-  
5 eléctricos a la superficie de la lente reduce fuertemente la  
amplitud del ruido generado por el flujo.

Aunque se ha mencionado el polistireno como mate-  
rial adecuado para la lente 35, ha de comprenderse que pue-  
de emplearse una gran variedad de materiales para este ele-  
10 mento. La selección del material de la lente viene regulada  
por varias consideraciones sujetas al criterio del proyec-  
tista. Aun cuando se necesita una velocidad de propagación  
mayor que la del agua, la impedancia acústica específica,  
que es el producto de la densidad y velocidad, se mantendrá,  
15 con preferencia, cercana a la del agua para permitir la  
transferencia óptima de energía con reflexiones mínimas en  
la cara de contacto de la lente con el agua. Por esta razón,  
muchos plásticos y cauchos de baja densidad son materiales  
adecuados. También se desea baja absorción acústica para re-  
20 ducir al mínimo las pérdidas de energía en la lente. Los  
plásticos sólidos tales como los polistirenos y los acríli-  
cos, por ejemplo, muestran muchas de estas deseables propie-  
dades.

El invento ha sido descrito para su uso en un sis-  
25 tema Janus. Se comprenderá, no obstante, que los principios  
del invento pueden aplicarse a otros sistemas, tales como  
los que emplean solamente un único haz acústico.

30

1

REIVINDICACIONES

5

10

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:

15

20

25

1ª.- Un dispositivo transductor de lente para su uso en un sistema marino de sonar doppler, comprendiendo el transductor medios para la transformación electro-acústica de la energía y medios de lente acústica, siendo los medios de transformación de la energía de un tipo que tiene un diseño de haz que comprende un lóbulo primario a lo largo de un eje preferido y lóbulos secundarios a lo largo de ejes divergentes, y teniendo los medios de lente una cara externa destinada a ser montada en una abertura del casco de un barco y medios de cara interna dispuestos angularmente con respecto a la cara externa, estando los medios de transformación montados sobre los medios de cara interna de modo que un eje preferido sea esencialmente normal a los medios de cara interna, estando hechos los medios de lente de un material en el cual la velocidad del sonido es mayor que la velocidad del sonido en el agua, con lo cual el trayecto de la energía acústica, en el uso, es refractado al pasar angularmente a través de la cara de contacto lente-agua.

30

2ª.- Un dispositivo según la reivindicación 1ª, en el cual la cara externa de los medios de lente acústica

1 es esencialmente plana y está destinada a ser montada al ras con la superficie exterior del casco del barco.

5 3ª.- Un dispositivo según las reivindicaciones 1ª ó 2ª, en el cual la lente acústica está hecha de un material en el que la velocidad del sonido es al menos 1,5 veces mayor que la velocidad del sonido en el agua.

4ª.- Un dispositivo según la reivindicación 3ª, en el cual la lente acústica está hecha de polistireno.

10 5ª.- Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en el cual el sistema sonar de doppler es un sistema Janus y en el cual los medios de transformación electro-acústica de la energía incluyen primer y segundo elementos de transformación de la energía para producir haces acústicos que miran hacia delante y hacia atrás, respectivamente.

15 6ª.- Un dispositivo según la reivindicación 5ª, en el cual los medios de lente acústica son en general triangulares en vista lateral, constituyendo la base dicha cara externa y constituyendo los otros dos lados dichos medios de cara interna y teniendo montados en ellos elementos respectivos primero y segundo de transformación de la energía.

20 7ª.- Un dispositivo según la reivindicación 6ª, en el cual la lente es un triángulo isósceles en vista lateral.

25 8ª.- Un dispositivo según cualquiera de las reivindicaciones 1ª a 4ª, en el cual el sistema de sonar de doppler es un sistema Janus y en el cual los medios para la transformación electro-acústica de la energía incluyen elementos de transformación primero y segundo para producir haces que miran hacia delante y hacia atrás, respectivamente.

30



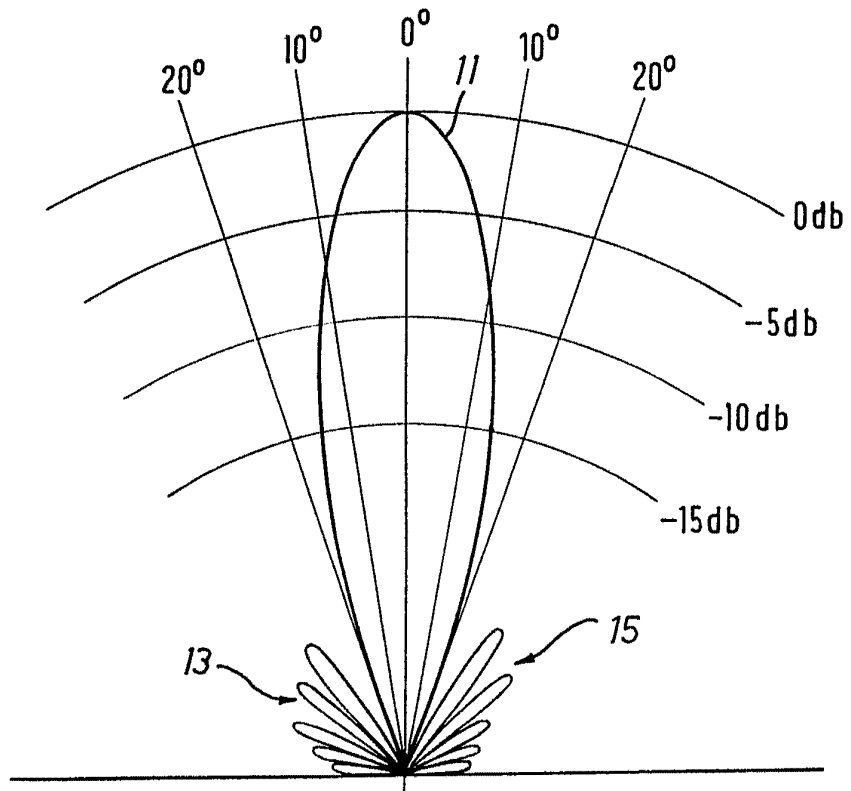


FIG. 1

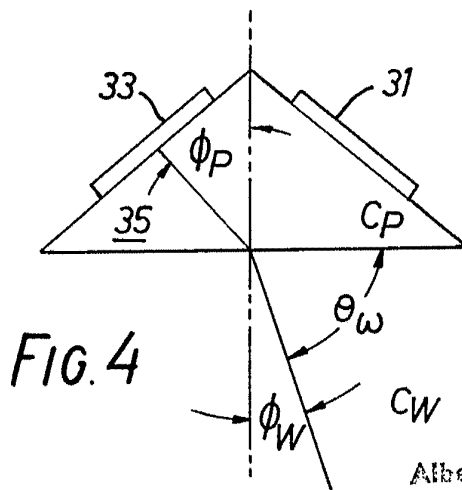


FIG. 4

Alberto de Elizaburu  
Por Poder

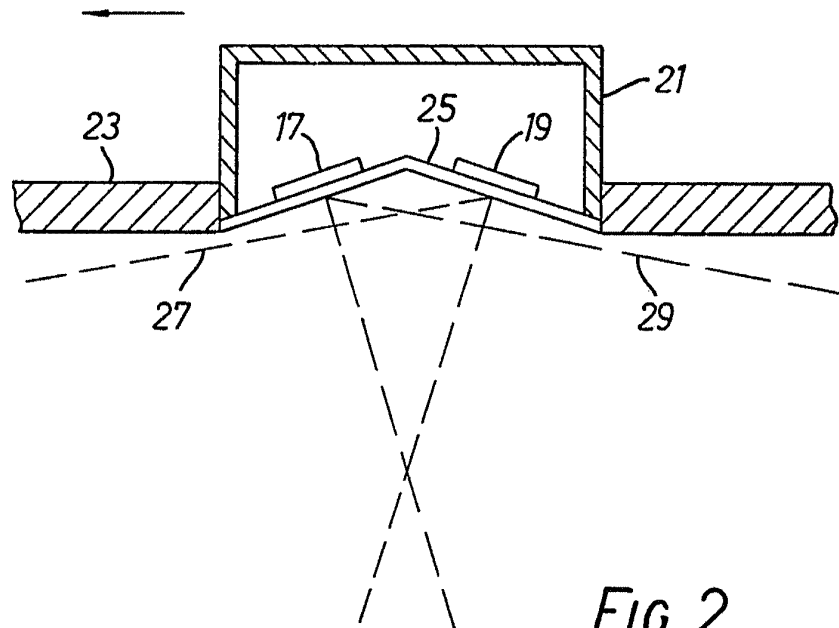


FIG. 2

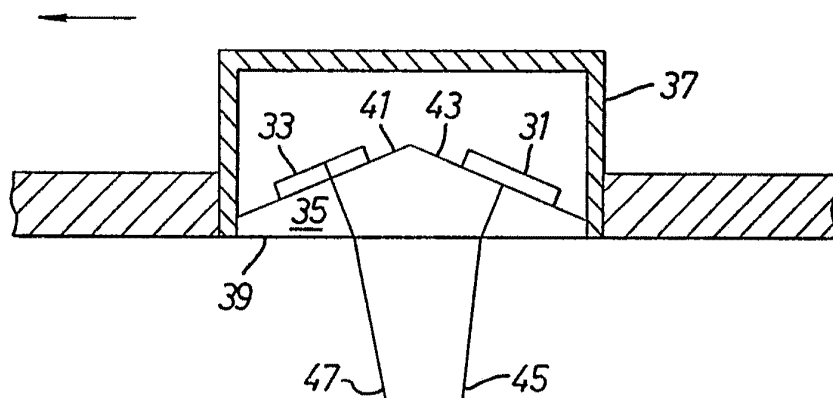


FIG. 3

Alberto de Elizaburu  
Por Poder