



periódica, o sea oscilaciones de dilatación (oscilaciones longitudinales), cuya amplitud es grande cuando la frecuencia del campo excitador coincide con la frecuencia de una de las oscilaciones longitudinales propias del cristal (oscilaciones fundamentales o sobreoscilaciones).

En el presente invento se utilizan en contra de esto, oscilaciones de flexión (oscilaciones transversales) y oscilaciones de torsión. Los medios especiales por los que se producen estas oscilaciones constituyen el objeto del presente invento.

La característica esencial del presente invento se explicará mejor en algunas disposiciones señaladas a título de ejemplo. En estos ejemplos se supondrá como material piezoeléctrico el cuarzo y una forma geométrica lo mas sencilla posible, a saber la forma de varilla con sección transversal rectangular. Advertiremos sin embargo que la forma y la clase del cristal son sin importancia por lo que se refiere a la esencia del invento. A continuación señalamos los 3 ejes del cuarzo como sigue:

- 1). El eje óptico como dirección Z.
- 2). Los 3 ejes secundarios como ejes eléctricos y la dirección de un eje secundario como dirección X.
- 3). Los 3 ejes situados en el mismo plano como los indicados en 2) pero que cortan a estos bajo ángulos siempre iguales (véase figura 6a) como ejes neutros y la dirección de un eje neutro como dirección Y.

Las tres direcciones X Y Z forman un sistema de coordenadas rectangulares.

Para mejor inteligencia de lo siguiente describiremos primero la disposición indicada por C á d en las figuras la y lb para excitar oscilaciones longitudinales. Esencialmente re-



presenta un condensador con las armaduras generadoras de campo (electrodos) E_1 , E_2 y con la barra de cuarzo Q , cuya orientación se desprende por la cruz de ejes dibujada X , Y , Z , como dieléctrico.

La acción del campo eléctrico (piezoefecto recíproco) consiste aquí en una dilatación de la varilla en dirección Y y en una compresión simultánea en la dirección X o inversamente. El campo eléctrico en esta disposición es homogéneo, tanto en cada sección transversal individual como también sobre todo el largo de la varilla. Se originan oscilaciones longitudinales. Pero aun cuando los electrodos E_1 , E_2 son mas cortos que la longitud de la varilla, por ejemplo cubren solo una pequeña fracción de la misma longitud (véase por ejemplo las disposiciones de E. G i e b e y A. S c h e y b e, E.T. Z. 47, 380, 1926) y por lo mismo no puede hablarse de un campo homogéneo, sin embargo dentro de cada sección transversal parcial el campo eléctrico es marcadamente igual siempre por lo que toca a la intensidad y dirección y varía solo de sección a sección según la intensidad con una dirección siempre marcadamente igual. El pequeño elemento de volumen existente entre los cortos electrodos y perteneciente a la varilla se deforma por tanto uniformemente en cada punto y por lo mismo solo pueden originarse oscilaciones longitudinales.

1). Una disposición señalada a título de ejemplo para la excitación piezoeléctrica de oscilaciones transversales según el presente invento se representa en las figs. 2a y 2b. La orientación de la varilla de cuarzo respecto a los ejes del cristal es la misma que en las conocidas disposiciones de las figs. 1a y 1b. En lugar de dos electrodos como en

Las figs. 1a y 1b se utilizan aquí cuatro electrodos E_1 á E_4 , los cuales se unen de dos en dos en la forma indicada por los signos de polaridad + y - y se hallan situados en una tensión alterna. Gracias a esta disposición y la forma de conectar los electrodos, se origina un campo eléctrico no uniforme de manera que en una de las mitades de la sección transversal tiene dirección opuesta a la otra mitad. El campo eléctrico entre E_1 , E_2 produce en la mitad superior de la varilla una compresión en dirección X, una dilatación en dirección Y (o inversamente) y el campo entre E_3 y E_4 en el mismo momento y en la mitad inferior produce una dilatación en dirección X y una compresión en dirección Y (o inversamente). Gracias a tales deformaciones se presentan flexiones periódicas de la varilla que conducen a oscilaciones de resonancia cuando la frecuencia de la tensión alterna excitante es igual a una de las frecuencias transversales propias de la varilla. La flexión de esta tiene lugar en dirección del eje Z.

2). En grado mas débil pueden también excitarse estas oscilaciones transversales cuando se retira uno de los pares de electrodos, como por ejemplo el superior E_1 , E_2 . El campo eléctrico no posee entonces ciertamente en la mitad superior la dirección opuesta, pero si una intensidad muy pequeña casi imperceptible respecto al campo entre E_3 y E_4 . De aquí que solo se deforme la mitad inferior de la varilla, de lo cual también resulta una flexión.

3). Como según el presente invento puede excitarse una varilla orientada respecto a los ejes del cristal como en las figs. 2a, 2b en oscilaciones transversales en dirección del eje eléctrico, se indica a título de ejemplo en



la disposición según la fig. 3. También se utilizan cuatro electrodos, los cuales sin embargo no se disponen como en la fig. 2a, superpuestos en dirección Z, sino yuxtapuestos en dirección Y. Los electrodos se unen cada dos entre sí en la forma indicada por los signos de polaridad + y - y se unen a tensión alterna. Lo esencial es también aquí que gracias a la disposición y conexión de los electrodos en un elemento de volumen de la varilla situada entre ellos se produce un campo eléctrico que varía en dirección y valor y de tal desigualdad que se originan flexiones y consiguientemente oscilaciones transversales en la dirección X.

4). La orientación de la varilla no necesita en absoluto ser la admitida hasta ahora en las figs. 1 á 3, sino que según el presente invento puede también excitarse una varilla orientada de otro modo en oscilaciones transversales. Esto se indica a título de ejemplo en la fig. 4, en la que el eje longitudinal de la varilla cae en dirección X en lugar de como antes, en dirección Y. También aquí se emplean cuatro electrodos con los polos en la forma dibujada y los cuales se disponen yuxtapuestos por lo que se refiere a la dirección X. Aquí en la mitad superior de la varilla en el dibujo de la porción de la misma situada entre los electrodos se produce por los electrodos E_1 , E_2 , por ejemplo una dilatación y simultáneamente en la mitad inferior una compresión en dirección X, con lo cual también se originan oscilaciones de flexión y precisamente en la dirección Y.

5). En la disposición según la fig. 4, por el mismo motivo que en el núm. 2, se pueden también excitar oscilaciones transversales con dos electrodos E_1 , E_2 ó E_3 , E_4 en lugar



de 4, aunque algo mas difícilmente.

6). Si se hace girar la varilla en la disposición de los electrodos de la fig. 4, en 90° alrededor del eje X, mientras los electrodos permanecen en su plano, entonces el eje Z viene a caer en el plano del dibujo, mientras que el eje Y queda perpendicular a este y entonces siendo igual la conexión de los electrodos de excitación se originan oscilaciones transversales, en dirección del eje óptico.

7). Las oscilaciones de torsión puede producirse por ejemplo según la disposición dibujada en las figs. 5a y 5b para una varilla de la orientación indicada en el dibujo. Los cuatro electrodos que se disponen unos sobre otros por lo que se refiere a la dirección Z, se unen también por pares según los signos iguales. La desigualdad del campo es de tal clase que se forman torsiones alrededor del eje longitudinal del cristal.

Las disposiciones descritas se han de mirar solo como ejemplos y pueden modificarse de múltiples maneras. La característica esencial del presente invento consiste en el empleo de campos desiguales en forma y en direcciones determinadas para la producción piezoeléctrica de deformaciones, que provoquen flexiones o torsiones. En lugar del cuarzo pueden también emplearse otros cristales piezoeléctricos. La disposición, el número y la conexión de los electrodos debe escogerse entonces en conformidad con las especiales propiedades piezoeléctricas de la clase de cristal empleada en cada caso. En lugar de varillas pueden también utilizarse otras formas geométricas, como, por ejemplo placas o anillos, etc.

8). En la fig. 6a, se ilustra por ejemplo una disposición para excitar en oscilaciones transversales un anillo de



cuarzo. El eje óptico se halla vertical al plano del anillo, o sea al plano del dibujo. Los ejes eléctricos se señalan por su signo. En un tal anillo el vector piezoeléctrico varía en valor y dirección a lo largo de la periferia y a ambos lados de un eje neutro posee un signo opuesto. Aquí por consiguiente se puede también mediante dos electrodos E_1 , E_2 , dispuestos en un eje neutro, como en la fig. 6a lo indica, producir las deformaciones desiguales necesarias para las oscilaciones transversales en el plano del anillo. El anillo puede también excitarse en un eje eléctrico. Entonces se emplean con preferencia cuatro electrodos, como indica la fig. 6b y cuya unión por pares se ha de realizar según signos iguales.

Mediante disposiciones de los electrodos análogas a las de las varillas se pueden también excitar anillos en oscilaciones de torsión o en oscilaciones transversales perpendicularmente al plano del anillo.

9). La fig. 7, presenta una forma completamente distinta del trozo de cristal y la disposición de los electrodos aquí conveniente para las oscilaciones transversales.

10). En las disposiciones anteriormente dibujadas se emplean dos o cuatro electrodos; para excitar con mas energía las oscilaciones se pueden con frecuencia utilizar ventajosamente mayor número de electrodos, cuyos campos actúen en diversos puntos de la varilla y uniéndolos debidamente los polos se favorezcan recíprocamente en su acción.

11). La presencia de la resonancia entre la frecuencia de las oscilaciones transversales o de torsión de la varilla y la frecuencia del campo alterno unido y el número de orden de la sobreesoscilación momentánea puede reconocerse por originarse fenómenos luminosos en la varilla de cristal que



oscila en el vacío o bien en la figura luminosa. El vacío contribuye al mismo tiempo a reducir la amortiguación de la varilla.

Sobre la utilidad técnica del presente invento diremos lo siguiente:

- 1). Los cristales que realizan oscilaciones transversales o de torsión pueden emplearse para todos los fines, para los que hasta ahora se han utilizado oscilaciones longitudinales.
- 2). Las oscilaciones transversales y de torsión, cuya excitación piezoeléctrica es posible por el presente invento, ofrecen respecto a las oscilaciones longitudinales la ventaja de que se abarca un campo de frecuencia mucho mayor de oscilaciones elásticas propio. Es sabido que por efecto de la limitación natural de las magnitudes del cristal no pueden fabricarse practicamente varillas de cuarzo de mas de 10 á 15 cm de longitud. Las frecuencias propias longitudinales mínimas de estas varillas se encuentran entre 20.000 á 30.000 Hertz. Frente a esto las frecuencias propias transversales mínimas o mas bajas de varillas de igual longitud, se encuentran entre 1000 y 3000 Hertz, o sea en el campo de frecuencia acústico.
- 3). Con oscilaciones de torsión y transversales se puede fijando pesos en los trozos de cristal (por ejemplo varillas de cristal), actuar sobre las frecuencias de resonancia y rebajarla, especialmente hasta números muy bajos de oscilación, lo que no se consigue tratándose de oscilaciones longitudinales.
- 4). Las varillas de cuarzo de frecuencia propia baja pueden utilizarse para las mismas aplicaciones que los diapasones,



y por tanto excitadas piezoeléctricamente ofrecen normas de tono muy precisas.

5). Para el campo de alta frecuencia de la telegrafía sin hilos se ha reconocido ser ventajoso el que las frecuencias propias transversales por efecto de sus números de orden muy elevados caigan en este campo mucho mas juntas que las frecuencias propias longitudinales. Por consiguiente sirviéndose de oscilaciones transversales se dispone en el mismo campo de muchas mas frecuencias normales que tratándose de oscilaciones longitudinales.

N O T A.-

Descrito suficientemente el presente invento lo que se declara como de novedad e invención propia, son las siguientes reivindicaciones:

1.- ^a Un procedimiento para la excitación piezoeléctrica de oscilaciones elásticas transversales (oscilaciones de flexión) de cristales piezoeléctricos para resonadores y osciladores destinados a aplicaciones eléctricas, a determinar la frecuencia y similares, caracterizado porque en el cristal, por efecto de la disposición, modo de conexión y forma de una multitud de electrodos, a los que se une una tensión alterna, se produce en ciertas direcciones determinadas por la posición de los ejes del correspondiente cristal un campo eléctrico alterno que varía localmente por lo que respecta a la intensidad o a la dirección o en ambos sentidos y cuya desigualdad es de tal clase que las deformaciones elásticas provocadas por el piezoeffecto reciproco dan por resultado flexiones periódicas del cristal.



2^a. Un procedimiento para la excitación piezo - eléctrica de oscilaciones elásticas de torsión de cristales piezoeléctricos para resonadores y osciladores destinados a aplicaciones eléctricas, determinaciones de frecuencia y similares, caracterizado porque en el cristal por efecto de la disposición, modo de conexión y forma de una multitud de electrodos a los que se une una tensión alterna se produce en ciertas direcciones determinadas por la posición de los ejes del cristal un campo eléctrico alterno que varía localmente respecto a la intensidad o dirección o en ambos sentidos y cuya desigualdad es de tal clase que las deformaciones elásticas provocadas por el piezoefecto recíproco dan por resultados torsiones periódicas del cristal.

3^a. Disposiciones según lo reivindicado en los puntos 1 y 2, caracterizadas porque los cristales se montan en el vacío con el fin de reducir la amortiguación del aire o eliminarla totalmente.

4^a. Una disposición según lo reivindicado en los puntos 1 y 2, caracterizada porque los cristales se montan en el vacío con el fin de hacer visibles por fenómenos luminosos las oscilaciones elásticas de flexión y torsión.

5^a. Una disposición según lo reivindicado en los puntos 1 y 2, caracterizada porque fijando pesos en el cristal, por ejemplo en una varilla de cristal, se puede influir sobre las frecuencias propias de la misma.

6^a. Procedimiento para la excitación piezoeléctrica de oscilaciones elásticas transversales y de torsión.- Según se describe y reivindica en la presente memoria descriptiva y se ilustra con los dibujos que a la misma se



acompañan.

Consta esta memoria de once páginas foliadas y escritas por una sola cara.

Madrid, 27 de enero de 1928.

Leocadio López y López.-

P. P. /

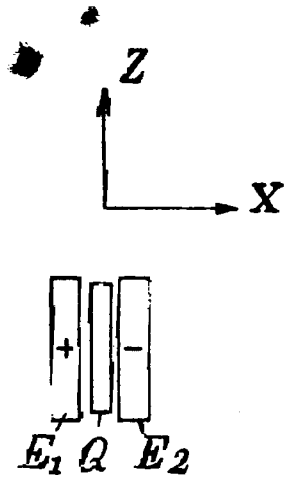


Fig. 1a.

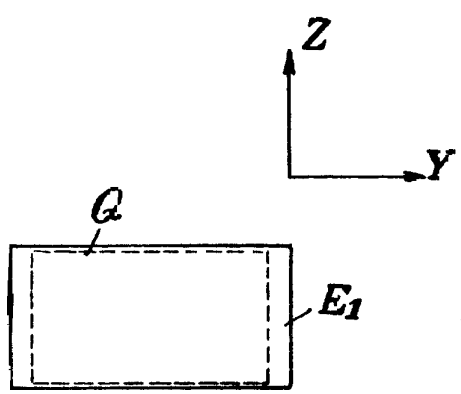


Fig. 1b.

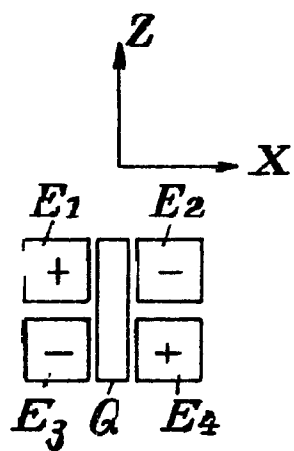


Fig. 2a.

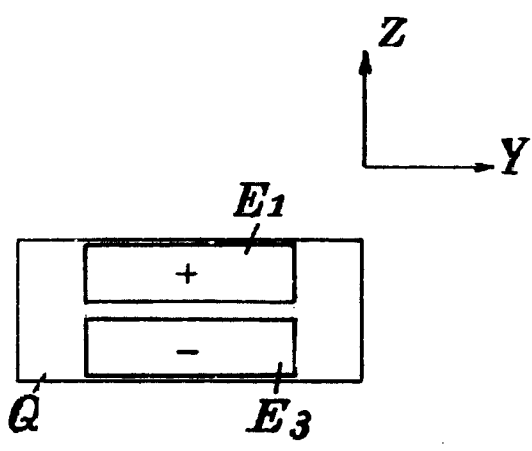


Fig. 2b.

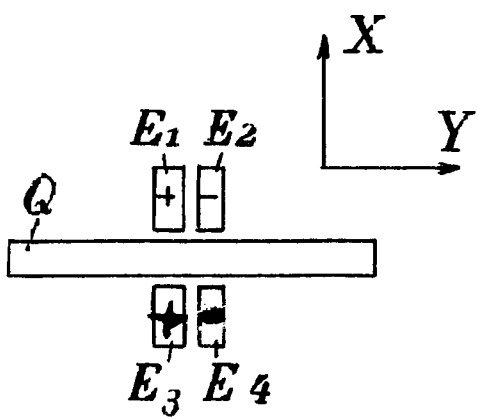


Fig. 3.

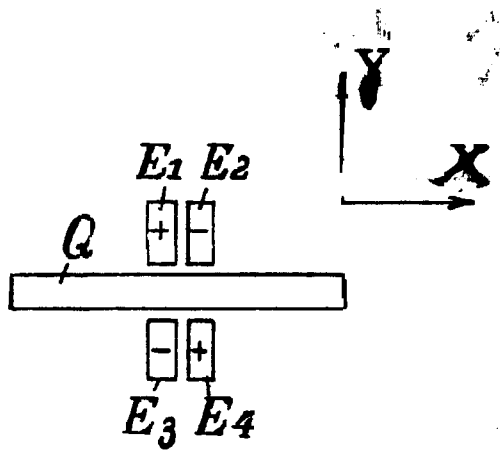


Fig. 4.

ESCALA VARIABLE
 LEOCADIO LÓPEZ
 P. P. *Lopez*

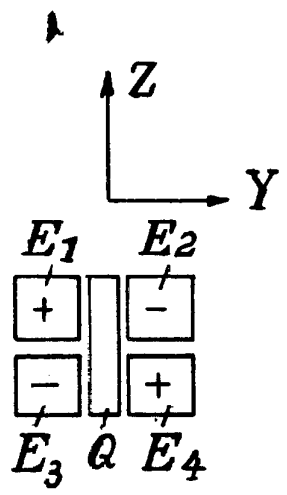


Fig. 5a.

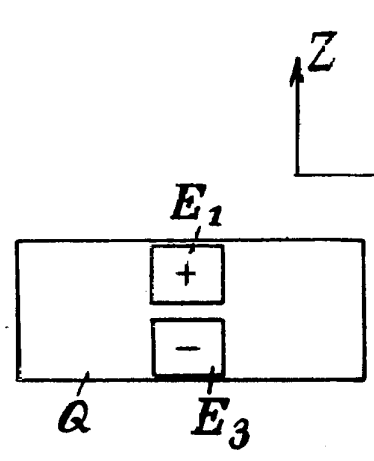


Fig. 5b.

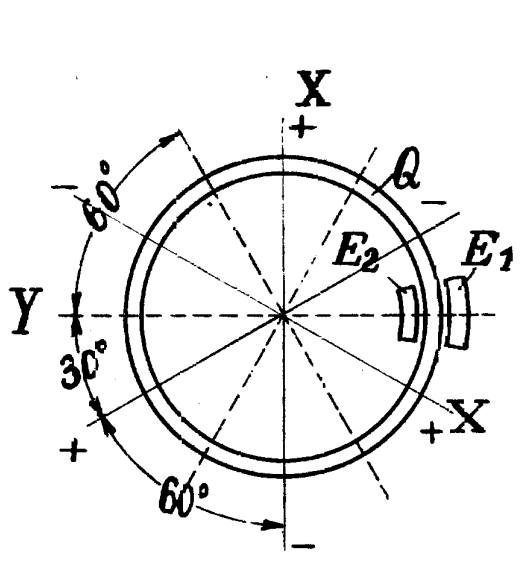


Fig. 6a.

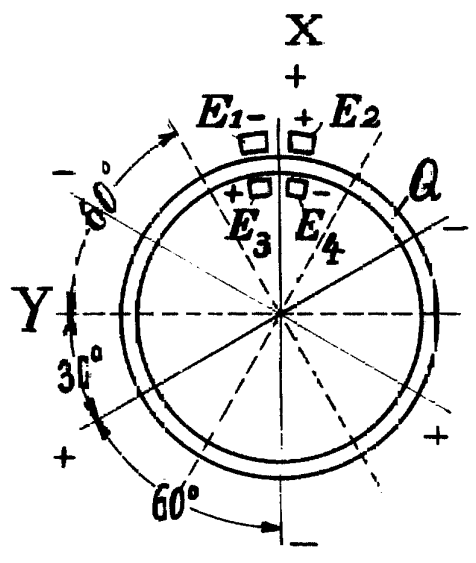


Fig. 6b.

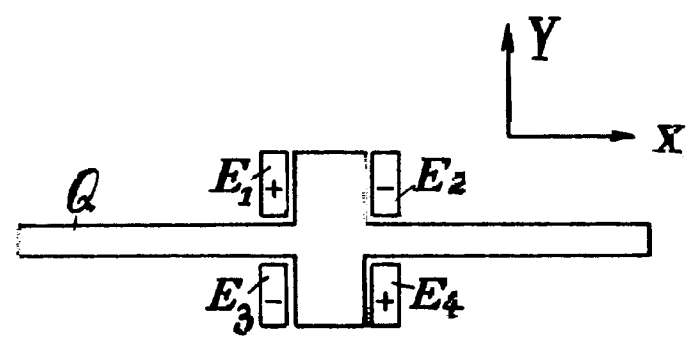


Fig. 7.

ESCALA VARIABLE
LEOCADIO LOPEZ
P. P.

Uranus