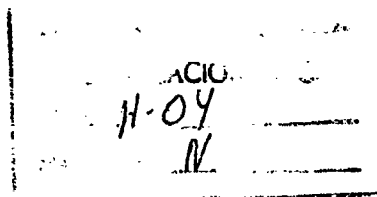


382288

P.- 44.900  
RCA 62024  
U.S.A. 847.659

**Memoria descriptiva**



para solicitar PATENTE DE INVENCION por 20 años

a nombre de RCA CORPORATION

entidad / de nacionalidad norteamericana

con domicilio en 30 Rockefeller Plaza, Nueva York, N.Y.  
Estados Unidos de América

por:

" UN METODO DE TRABAJO DE UN CRISTAL LIQUIDO  
NEMATICO "

(Clase Internacional H04n)



La presente invención está caminada a un método mejorado para hacer funcionar un cristal líquido, más particularmente con un método para lograr el enfriamiento rápido de la dispersión dinámica dentro de dichos dispositivos.

5

Los cristales líquidos nemáticos de un tipo interesante en la presente invención cuando están en el estado no excitado son relativamente transparentes a la luz y cuando se colocan en un estado excitado mediante un campo eléctrico aplicado dispersan la luz. Este fenómeno se discute en el artículo "Dispersión Dinámica: Un Nuevo Efecto Electroóptico..." por G. H. Heilmeyer, L. A. Zanoni y L. A. Bartón, Expedientes de la IEEE, volumen 56, número 7, julio de 1968. La dispersión de luz denominada "dispersión dinámica", se cree que resulta de la turbulencia desarrollada en el cristal mediante los iones en tránsito.

10

15

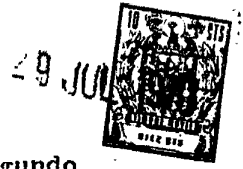
La dispersión dinámica exhibida por los cristales líquidos puede emplearse en presentaciones de panel planas de tipo de reflexión de absorción y transmisión, en obturadores de luz y en otras aplicaciones. El tiempo de recuperación del cristal (es decir, el tiempo requerido para "interrumpir" ó enfriar el cristal), es una función de tales factores como el material del cristal, la separación entre los electrodos y la temperatura del cristal.

20

25

Cuando el campo eléctrico aplicado se suprime simplemente y por lo tanto al cristal se le permite que recupere su característica transparente sin influencias externas, el tiempo de recuperación "natural" resultante es relativamente prolongado. Por ejemplo, el tiempo de interrupción a temperatura ambiente para los materiales típicos puede ser de

30



treinta a varios cientos de milisegundos (1 milisegundo =0,001 segundo). Para ciertas aplicaciones, el tiempo de interrupción es una desventaja seria. Por ejemplo, cuando la segunda información de un sistema de presentación de cristal líquido cambia rápidamente su valor, los elementos del cristal líquido de la matriz de presentación pueden no ser capaces de seguir estos cambios tan rápidamente. El resultado es una mancha objetable de objetos movibles conocida como mancha de "orilla trasera".

El tiempo de interrupción del cristal líquido puede reducirse desde el tiempo de recuperación natural aplicando al mismo una señal eléctrica de enfriamiento rápido. Esta señal puede ser un impulso de voltaje de corriente continua corto, es decir, un impulso de amplitud suficiente para alinear los dipolos del cristal líquido, pero de duración insuficiente para ocasionar una inyección de iones considerable hacia el cristal líquido o puede ser una señal de voltaje alterno de frecuencia relativamente alta.

Se ha observado que esta frecuencia relativamente alta, debe ser mayor que aquella que ocasionará que ocurra la dispersión dinámica y menor que cierto límite de frecuencia superior. Por ejemplo, para algunos cristales, una señal eléctrica de enfriamiento rápido de voltaje alterno en la escala de 2 a 20 kilociclos, se ha encontrado que reduce considerablemente el tiempo de interrupción del cristal líquido. Tanto en el caso de una señal de enfriamiento de voltaje de corriente continua como de voltaje alterno, el campo eléctrico debido a la señal "orienta instantáneamente" los dipolos del fluido turbulento

29 JUN 1970

to, sin introducir disrupción adicional debido a los iones en tránsito. En otras palabras, los campos aplicados introducen un par de torsión dieléctrico que es mucho mayor que el par de torsión inducido por conducción.

5 Aún cuando son factibles ambos métodos de interrupción de impulso de voltaje de corriente continua como de frecuencia relativamente alta, tienen ciertas desventajas. Por ejemplo, cada método impone el requisito de un circuito adicional para usarse con el dispositivo que se emplea para llevar a cabo el método. El requisito del 10 circuito adicional a su vez aumenta el costo del sistema de presentación u otro sistema en donde se interpone el dispositivo de cristal líquido.

Consecuentemente, un objeto de la presente invención es proporcionar un método para hacer funcionar un cristal líquido que autoenfrie de manera natural el cristal a una velocidad comparable a aquella obtenida anteriormente por medio de los métodos discutidos en lo que antecede, pero que no necesite un circuito de interrupción. 15 20

Este y otros objetos de la invención se logran mediante un método en donde el voltaje alterno aplicado al cristal líquido ocasiona que ocurra el autoenfriamiento de la dispersión dinámica que está caracterizado por aplicar el voltaje dentro de la escala de frecuencia, el límite inferior de la cual es aproximadamente de  $\frac{1.46}{277D}$  y el límite superior de la cual queda dentro de la escala en donde ocurre la dispersión dinámica en donde:

30  $\delta = \text{la conductividad en (ohmios-centímetros)}^{-1};$   
 $D = \xi \xi_0;$

382288



29 JUN

{ es la constante dieléctrica del material de cristal líquido; y

$\epsilon_0 = 8.85 \times 10^{-14}$  faradios/centímetro y es la constante dieléctrica del aire libre.

5 En la descripción detallada de la invención que se da a continuación, se hace referencia a los dibujos anexos y que forman parte de la especificación presente y en los cuales:

10 La FIGURA 1 es un diagrama de bloque de un circuito útil para llevar a la práctica el método de la presente invención;

la FIGURA 2 es un dibujo de formas de onda para explicar el funcionamiento del circuito de la FIGURA 1; y

15 la FIGURA 3 es una gráfica que muestra la frecuencia de corte inferior para el autoenfriamiento como una función de la resistividad del cristal líquido.

El elemento de cristal líquido que se muestra esquemáticamente en 10 en la FIGURA 1, es básicamente un condensador plano en paralelo con un material dieléctrico de cristal líquido. El método para fabricar el dispositivo se ha descrito anteriormente en la literatura tal como por ejemplo, en las Cartas de Física Aplicada 13, 46 (1968) de G. H. Heilmair, L. A. Zanoni y L. A. Barton.

25 Las placas son conductoras por lo menos una de las cuales es transparente y usualmente se forman sobre vidrio. El grueso de la capa de cristal líquido entre las placas, puede ser dentro del orden de 25 micras o menos, es decir, de .025 milímetros o menos y se mantiene en su sitio entre las placas, mediante acción capilar.

30

29 JUL



Al hacer funcionar un elemento de cristal líquido tal como éste, el inventor presente ha descubierto que controlando ciertos de los parámetros de la célula del cristal líquido y la frecuencia y amplitud de funcionamiento del voltaje alterno que se empleaba para producir la dispersión, dinámica, durante la supresión del voltaje el cristal líquido se autoenfria en un intervalo de tiempo muy corto. Por ejemplo, en el circuito mostrado en la FIGURA 1, en donde el cristal líquido tiene una constante dieléctrica de material  $\epsilon$  de aproximadamente 3.5 y una conductividad de aproximadamente  $10^{-10}$  (ohmio-centímetros)<sup>-1</sup>, y en donde la frecuencia aplicada mediante la fuente 12 es una onda sinusoidal desbloqueada de 600 ciclos, se obtiene el funcionamiento mostrado en la FIGURA 2.

La forma de onda inferior de la FIGURA 2 es el voltaje aplicado al cristal líquido. La forma de onda superior de la FIGURA 2, consiste de dos partes. Las oscilaciones dentro del envolvente 14 se obtienen con la ayuda de un fotomultiplicador colocado para recibir la luz reflejada desde el cristal líquido 12, cuando se excita mediante la onda inferior de la FIGURA 2. El fotomultiplicador tiene una constante de tiempo relativamente corto y es capaz de seguir las variaciones en la intensidad de la dispersión de luz real que se produce. Cada vez que el voltaje aplicado ocasiona una inyección máxima de iones y esto ocurre dos veces durante cada ciclo, la dispersión de luz es máxima y entre estos intervalos, la dispersión de luz es mínima. Esto explica el porqué la frecuencia de la onda de dispersión de luz es el doble de aquella de la onda de voltaje aplicado. La línea gruesa 14, que es el envol-

29 JUN 1964



vente de la curva de dispersión de luz, es aquella que se observa por el ojo. El ojo integra la cantidad de luz que se ha dispersado mediante el cristal de luz ya que no es capaz de seguir el cambio rápido, desde una condición de

5 dispersión de luz máxima a mínima del cristal líquido. Esta curva 14, a través de la porción predominante de su extensión es semejante a aquella que se obtendría aplicando un impulso de voltaje de corriente continua al cristal líquido o aplicando un impulso de conexión de voltaje alter-

10 no convencional al cristal, ambos de los cuales, tal y como se ha descrito en la parte de introducción de la solicitud presente. Sin embargo, con los parámetros del sistema ajustados de la manera que se discute en detalle a continuación, cuando se termina el voltaje alterno producido mediante

15 la fuente 12, la intensidad de la dispersión de luz disminuye muy bruscamente. El tiempo de reducción, es decir, el tiempo de interrupción es más o menos de 3 milisegundos. El mismo cristal líquido bajo excitación de voltaje de corriente continua, tiene un tiempo de interrupción de aproximadamente 100 milisegundos.

20

El inventor presente ha encontrado por medio de experimentos que un cristal líquido que se autoextingue rápidamente después de la excitación con voltaje alterno exhibe las siguientes propiedades.

25 1. Para una amplitud determinada del voltaje alterno aplicado hay una escala de frecuencia crítica a través de la cual se observa el autoenfriamiento rápido. A menos de esta escala el tiempo de reducción aumenta marcadamente mientras que por encima del mismo no se observa

30 dispersión dinámica.



2.- Al elevar la amplitud del voltaje alterno aplicado mientras que se mantiene constante la frecuencia, se alarga el tiempo de reducción. El autoenfriamiento rápido puede restablecerse si se eleva también la frecuencia. Tal y como se mostrará a continuación, de acuerdo con la teoría del funcionamiento que se ha formulado, este efecto puede explicarse en términos de la conductividad del cristal líquido, dependiendo esta conductividad del voltaje.

3.- Elevándose la temperatura del cristal líquido mientras que se mantiene constante la amplitud del voltaje aplicado, requiere un aumento en la frecuencia del voltaje para retener la característica de autoenfriamiento rápido del cristal líquido. De nuevo, elevando la temperatura se eleva la conductividad y es la conductividad la cual constituye uno de los factores del cual depende el efecto de autoenfriamiento rápido.

4.- A medida que se aumenta la conductividad del material, la escala de frecuencia del voltaje aplicado necesario para permitir el autoenfriamiento rápido, se desplaza hacia una escala más elevada. Si la conductividad del cristal líquido se hace demasiado elevada, sin embargo, no se observa el autoenfriamiento rápido.

Se ha observado que cuando se funciona en la manera de autoenfriamiento rápido se obtiene esencialmente una modulación del 100 por ciento de la luz dispersa. En otras palabras, el cristal líquido produce prácticamente la cantidad máxima de dispersión de luz que es posible. Este comportamiento se obtiene sin embargo sólo cuando la corriente a través de la célula del cristal lí-

382288



quido hace avanzar el voltaje en de 55Ω a 60Ω o más. A medida que disminuye el ángulo de avance entre la corriente y el voltaje a menos de 55Ω la modulación disminuye bruscamente desde 100 por ciento.

5 Los datos anteriores, han conducido al desarrollo de la siguiente teoría de el porqué ocurre el autoenfriamiento y a una determinación de las condiciones que son necesarias para el autoenfriamiento. La tangente del ángulo de fase  $\phi$  discutido en lo que antecede, es simplemente la relación de la corriente de desplazamiento  $I_d$  con respecto a la corriente de conducción  $I_c$ , en donde la corriente de conducción se refiere al flujo de las cargas libres y la corriente de desplazamiento es análoga a la corriente que se emplea para cargar un capacitor.

$$\text{tang } \phi = \frac{I_d}{I_c} = \frac{\omega DE}{\delta E} \quad (1)$$

en donde

E = campo eléctrico

20  $\delta$  = la conductividad que depende del campo (y temperatura) del cristal líquido.

D =  $\epsilon \epsilon_0$ , en donde

$\epsilon$  = la constante dieléctrica del aire libre  
 $8.85 \times 10^{-14}$  faradios/centímetro

25  $\epsilon$  = la constante dieléctrica del cristal líquido y para un material típico puede ser dentro del orden de 3.5.

$\omega$  = la pulsación en radianes =  $2\pi f$ , en donde

30 f = la frecuencia en ciclos.

29 JU



Experimentalmente, y tal y como se indica en lo que antecede, el autoenfriamiento requiere  $\phi > 55^\circ$ .

Por lo tanto:

$$\text{tang } \phi > 1.4 \quad (2)$$

5  $I_d > 1.4 I_c \quad (3)$

Substituyendo la ecuación (1) por la ecuación (3) y resolviéndola para f, proporciona:

$$f > \frac{1.46}{2770} \quad (4)$$

10 La última ecuación anterior, toma en cuenta los cuatro caracteres observados que se han proporcionado anteriormente. La conductividad ó es una función del campo eléctrico aplicado y éste, a su vez es una función de la amplitud de la señal impulsora de voltaje alterno.

15 La conductividad es asimismo una función de la temperatura. La frecuencia F es directamente proporcional a la conductividad e inversamente proporcionalmente a la constante dieléctrica É del cristal líquido.

20 Como se menciona en lo que antecede, para un material típico de cristal líquido ó  $\approx 10^{-10}$  (ohmios-centímetros)<sup>-1</sup> y  $\approx 3.5$ . Substituyendo estos números en la ecuación (4) y resolviendo los mismos se proporciona:

$$f > \frac{1.4 \times 10^{10}}{3.5 \times 8.85 \times 10^{-14} \times 6.28} \sim 70 \text{ ciclos.}$$

25 Este valor es aproximadamente el que se observa experimentalmente para voltajes de excitación de menos de 40 voltios. A voltajes más elevados, aumenta la conductividad con el voltaje y por lo tanto aumenta la frecuencia más baja a la cual debe ocurrir el autoenfriamiento.

30

382288

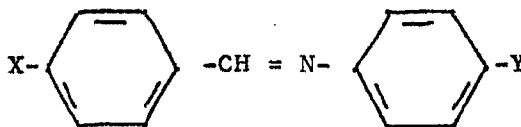


Un diagrama de la frecuencia de corte inferior que se determina experimentalmente para el autoenfriamiento como una función de la resistividad del material para la amplitud de voltaje impulsora de 85 voltios eficaces, se ha proporcionado en la FIGURA 3. Es evidente que la frecuencia de corte varía inversamente con la resistividad, tal y como se predice por medio de la ecuación (4). Una vez que está por encima de la frecuencia crítica, ocurre el autoenfriamiento hasta la frecuencia de corte para la dispersión dinámica. Este valor se determina mediante la acumulación de la carga del espacio y es más o menos igual al recíproco del tiempo de relajación dieléctrica, es decir, es más o menos igual a  $\frac{2\epsilon}{D}$ .

El efecto que se discute en la presente, existe en cristales líquidos nemáticos del tipo que funcionan sobre el principio de la dispersión dinámica. Algunos ejemplos típicos son tanto los compuestos del Cuadro I que se da a continuación como las mezclas del Cuadro II que se da a continuación

20

CUADRO I (COMPUESTOS)



25

382288



CUADRO I (COMPUESTOS)

Ejem- plo del com- puesto	X	Y	Temp. de tran- sición mesomór- fica del cris- tal, °C	Temp. de tran- sición líqui- da mesomórfi- ca-isotrópica °C
<u>1</u>	$\text{CH}_3\text{CH}_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}$	$-\text{OCH}_3$	86	118
<u>2</u>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CO}-$	$-\text{OCH}_3$	86	119
<u>3</u>	$\text{CH}_3(\text{CH}_2)_2\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CO}-$	$-\text{OC}_6\text{H}_{13}$	86	120
<u>4</u>	$\text{C}_4\text{H}_9\text{O}-$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$	82	113
<u>5</u>	<u>iso</u> $\text{C}_5\text{H}_{11}\text{O}-$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$	74	82
<u>6</u>	$\text{C}_6\text{H}_3\text{O}-$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$	88	109
<u>7</u>	$\text{C}_8\text{H}_{17}\text{O}-$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$	80	105.5
<u>8</u>	$\text{C}_9\text{H}_{19}\text{O}-$	$-\text{OCCH}_3$	86	100
<u>9</u>	$\text{CH}_3\text{O}-$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}(\text{CH}_2)_2\text{CH}_3$	49-50	113
<u>10</u>	$\text{CH}_3\text{O}$	$-\overset{\text{O}}{\parallel}\text{C}(\text{CH}_2)_3\text{CH}_3$	55	100
<u>11</u>	$\text{CH}_3\text{O}$	$\overset{\text{O}}{\parallel}\text{CCH}_3$	81	110



CUADRO II (MEZCLAS)

Ejemplo de la mezcla	Componentes	Temperatura de transición mesomórfica de cristal °C.	Temperatura de transición líquida-mesomórfica-isotrópica, °C.
A	50% de <u>11</u> - 50% de <u>4</u>	47	108
B	35.1% de <u>11</u> - 32.6% de <u>4</u> - 32.3% de <u>7</u>	40	103
C	25.5% de <u>11</u> - 24.5% de <u>4</u> - 50% de <u>7</u>	45	103
D	25% cada uno de <u>11</u> , <u>4</u> , <u>6</u> y <u>7</u>	39	104
E	50.1% de <u>3</u> - 49.9% de <u>2</u>	48	118
F	34.8% de <u>3</u> - 34.6% de <u>2</u> - 30.6% de <u>1</u>	53	117
G	Una tercera relación en peso de cada uno de <u>2</u> , <u>4</u> y <u>11</u>	22	105
H	Una tercera relación en peso de cada uno de <u>2</u> , <u>10</u> , <u>11</u>	25	105
I	50% de <u>2</u> - 50% de <u>10</u>	45	106

La escala de voltaje a través de la cual se ha observado el efecto se extiende desde más o menos 40 hasta más de 200 voltios. Sin embargo, la escala de voltaje específica para una muestra particular, se expresa en la ecuación ya proporcionada, ya que  $\sigma$ , la conductividad, depende del voltaje. De esta manera para una frecuencia determinada y una constante dieléctrica, y el valor inicial de  $\sigma$ , la escala de voltaje puede determinarse fácilmente y para un voltaje determinado, el valor inicial



determinado de  $\delta$  y la constante dieléctrica determinada, puede determinar el estado de frecuencia, habiéndose mostrado en la FIGURA 3, el límite inferior de la última.

5 A continuación se da una explicación cualitativa de la razón por la cual ocurre el autoenfriamiento anteriormente discutido. En el funcionamiento usual de un cristal líquido en donde se emplea un campo de frecuencia alterna para producir la dispersión dinámica, hay dos efectos de competencia. Uno es la tendencia de los  
10 dipolos del cristal (los elementos semejantes a varillas) para seguir el campo. Cuando el campo está en una dirección, los dipolos tienden a alinearse con el campo en esta dirección y a medida que el campo cambia su dirección los dipolos tienden a cambiar y alinearse con el campo en la  
15 otra dirección. Este efecto tiende a ocasionar que el cristal líquido tenga apariencia relativamente transparente, debido a que cuando los dipolos se alinean en un dibujo regular, hay poca dispersión de luz desde los dipolos. El segundo efecto es que el voltaje que crea el campo eléctrico  
20 ocasiona que los iones se inyecten hacia el cristal líquido y estos iones tienden a ocasionar el movimiento turbulento de los dipolos que constituyen el cristal. El movimiento turbulento se manifiesta por sí como la dispersión dinámica de la luz. En otras palabras, este efecto  
25 de competencia tiende a hacer el cristal relativamente opaco.

En la operación de voltaje alterno normal del cristal, cuando se suprime el campo eléctrico alterno, los cristales están en un estado relativamente desorientado y se requiere un periodo de tiempo considerable - los  
30

29 JUL



30 a los varios cientos de milisegundos, mencionados en  
la porción de la introducción de esta solicitud - para que  
las regiones dipolares se relajen de manera natural y ten-  
gan apariencia relativamente transparente. En el método  
5 de funcionamiento de la aplicación presente, existen los  
dos efectos de competencia que se han discutido en lo que  
antecede. Sin embargo, cuando los parámetros del circui-  
to y del dispositivo son aquellos proporcionados, aún cuan-  
do durante la aplicación del voltaje alterno al cristal,  
10 los dominios del cristal líquido están lo suficientemente  
desorientados uno con relación al otro para producir la  
dispersión dinámica, no están tan desorientados como el  
método usual de funcionamiento. Cada dominio pequeño den-  
tro del cristal, cada uno de cuyos dominios consiste de  
15 dipolos alineados, trata de seguir el campo eléctrico im-  
pulsor relativamente alto a medida que el campo cambia su  
polaridad. Sin embargo, los iones inyectados alteran los  
dominios lo suficientemente de manera que cada uno de di-  
chos dominios está ligeramente fuera de fase con sus do-  
20 minios adyacentes. Aún cuando el efecto observado por el  
ojo es aquella de la dispersión dinámica justamente como  
en la manera usual de funcionamiento, se requiere mucha  
menor reorientación para colocar en alineamiento de nuevo  
los distintos dominios. El flúido del cristal líquido en  
25 otras palabras, está en un estado más uniforme que en el  
caso de la dispersión dinámica "pura". Como resultado la  
dispersión regresa rápidamente (en cuestión de menos de  
10 milisegundos y por lo general es menor de 5 milisegun-  
dos) a su valor residual -- el valor al cual tiene aparien-  
30 cia transparente a simple vista.

382288



29.11

Esta solicitud, que corresponde a la pre-  
sentada en Estados Unidos de América, el 5 de Agosto de  
1969, bajo el nº 847.659, se acoge a los beneficios del  
artículo 51 del vigente Estatuto sobre Propiedad Indus-  
trial.

5

- N O T A -

Los puntos de invención propia y nueva que  
se presentan para que sean objeto de esta Patente de Inven-  
ción en España, por VEINTE años, son los siguientes:

10

1.- Un método de trabajo de un cristal  
líquido nemático del tipo que exhibe dispersión dinámica  
que comprende la etapa de aplicar al cristal un voltaje al  
terno de amplitud suficiente para ocasionar la dispersión  
dinámica en donde el voltaje aplicado de esta manera es de  
una frecuencia F que es mayor de aproximadamente  $\frac{1.46}{277D}$

15


y no más que el límite superior al cual ocurre la disper-  
sión dinámica; en donde  $\sigma$  es la conductividad en (ohmio-  
centímetros)<sup>-1</sup> del cristal líquido,  $D = \epsilon \epsilon_0$ , es la cons-  
tante dieléctrica del cristal líquido y  $\epsilon_0$  = faradios/cen-  
tímetro - la constante dieléctrica del aire libre; median-  
te lo cual durante la remoción del voltaje el cristal lí-  
quido regresa a su condición no excitada en un intervalo  
de tiempo relativamente corto.

30

4-7-70

382288

29 JUL 1970



2.- Un método de trabajo de un cristal líquido nemático de conformidad con lo reivindicado en la cláusula 1, en donde el límite superior de frecuencia  $f$  es aproximadamente  $26/D$ .

5 3.- UN METODO DE TRABAJO DE UN CRISTAL LIQUIDO NEMATICO.

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

10 Esta Memoria consta de diecisiete hojas escritas a máquina por una sola cara.

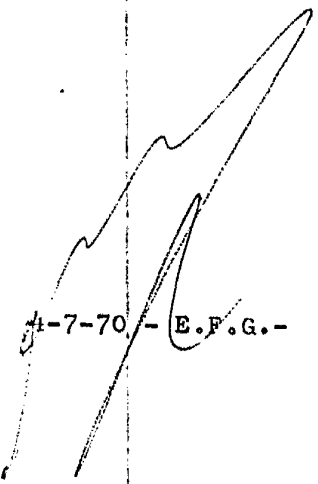
Madrid, 29 JUL 1970

P. A.

Alberto de Elizaburu  
Por Poder.



382288



4-7-70 - E.F.G. -



382288

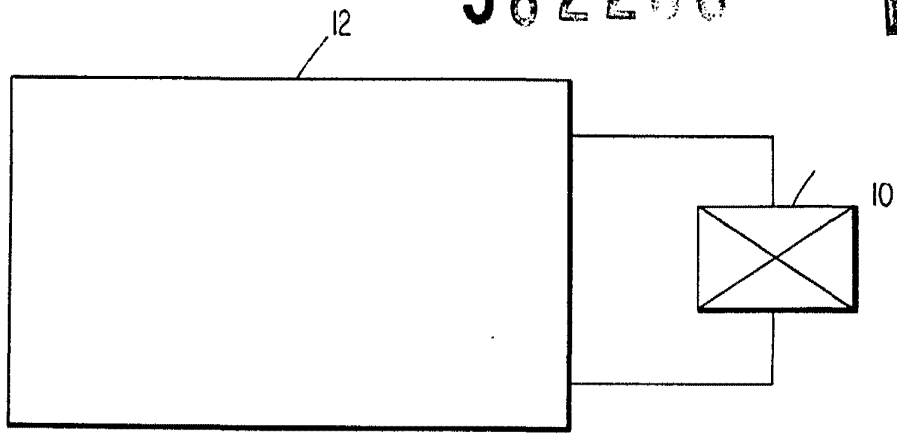


Fig. 1.

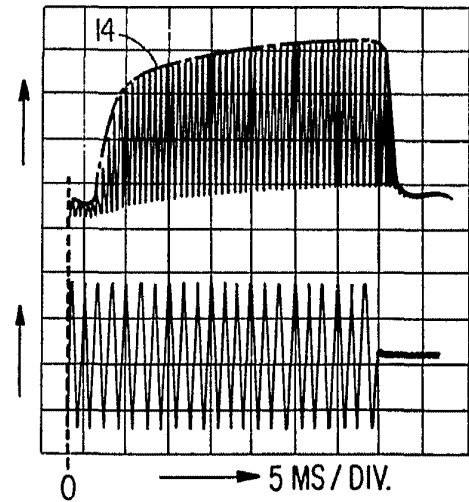


Fig. 2.

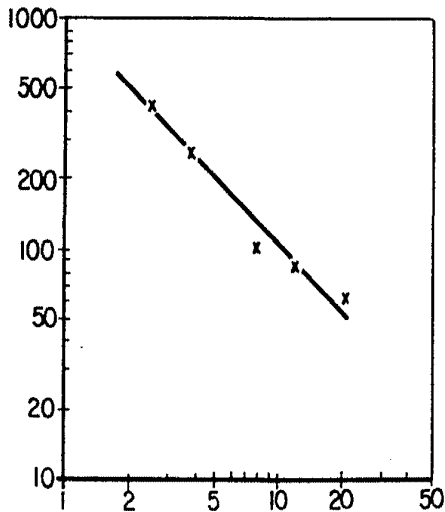


Fig. 3.

Alberto de Azavedo  
 For Poder.