



P A T E N T E     D E     I N V E N C I O N

a favor de

RADIO CORPORATION OF AMERICA - domiciliada en NEW YORK (E. U.)

por

"Perfeccionamientos en las antenas".

----;----

M e m o r i a   d e s c r i p t i v a .

La presente invención se refiere a las antenas y especialmente a las antenas o sistemas de antenas direccionales.

Si un alambre largo, con relación a la longitud de las  
5 ondas operadoras, es decir, de una longitud de un cierto número  
de mitades de onda, es excitado de tal manera que se produzcan  
en el mismo ondas estancadas, la radiación tendrá lugar princi-  
palmente en forma de conos simétricos que tengan sus vértices  
en el centro del alambre. En sección transversal la caracteris-  
10 tica de radiación aparecerá como conos huecos simétricos alre-  
dedor del alambre.

Un objeto de la presente invención es utilizar este fe-  
nómeno para la radiación direccional de la energía electromagné-



5 tica. Para ello, un par de alambres o conductores lineales, largos en relación a la longitud de las ondas operadoras, se disponen formando un ángulo tal que la radiación principal tenga lugar a lo largo de la bisectriz de este ángulo. Este ángulo en general corresponde al ángulo del cono principal de radiación alrededor de uno de los conductores.

También es objeto de la presente invención la obtención del ángulo correcto de los conductores o emisores, ya sean de una longitud igual a un número par de medias longitudes de onda o a un número impar de las mismas, y en general la determinación del ángulo de la mejor propagación direccional para alambres de cualquier longitud definida.

15 Un par de conductores dispuestos de la manera descrita, radiará igualmente bien en dos direcciones, es decir, hacia el extremo divergente de los alambres y hacia el extremo convergente de los mismos. Así pues, el sistema de antena que aquí se describe es direccional.

Otro objeto de la presente invención es obtener una disposición unidireccional. Esto se consigue colocando paralelamente un par de alambres similares, separados de los alambres que forman la antena propiamente dicha, por un número impar de longitudes de cuarto de onda, en una dirección tomada a lo largo de la bisectriz del ángulo formado por los alambres.

25 El segundo par de alambres puede quedar no excitado o flotante, o bien puede ser excitado con la fase conveniente para anular la radiación en una de las direcciones y reforzar las ondas electromagnéticas propagadas en la otra dirección.

Es también un objeto de la presente invención, concentrar el haz en un plano transversal con relación al plano de los pares de alambres, corrientemente el plano vertical puesto que los pares están ordinariamente dispuestos en planos horizon-



tales y esto se consigue colocando los pares similares de alambres en planos paralelos a los planos de los pares de alambres primeramente mencionados, estando dichos planos separados, con preferencia, una distancia por lo menos igual a la de media  
5 longitud de onda.

Para concentrar todavia mas el haz de energia radiada, las antenas del tipo aqui descrito pueden disponerse unas al lado de otras, con lo cual se aumenta la concentracion en el plano horizontal del haz radiado de energia y colocando mas an-  
10 tenas o series de antenas unas encima de otras, puede obtenerse la concentracion del haz en un plano vertical.

La invencion se describe mas detalladamente con relacion a los planos adjuntos, en los que

La figura la representa de un modo general la caracte-  
15 ristica de radiacion conica principal de un conductor largo en el cual se producen ondas estancadas.

La figura 1b representa en seccion transversal, la caracteristica de radiacion de un alambre cuya longitud sea de cinco longitudes de onda.

20 Las figuras 2a, 2b, y 2c, indican varias formas del grupo o unidad fundamental de la presente invencion, segun la cual se disponen conductores largos lineales, que tengan ondas estancadas en los mismos, formando un angulo tal que la radiacion principal tenga lugar a lo largo de la direccion de la  
25 bisectriz de dicho angulo.

La figura 3 representa la caracteristica bidireccional de una de las unidades representadas en la figura 2.

La figura 4 representa un sistema de antena para concentrar el haz direccional radiado por una de las unidades re-  
30 presentadas en la figura 2.

La figura 5 representa el agrupamiento de varias unida-



des tales como las representadas en la figura 2, para obtener una propagación unidireccional.

Las figuras 6 y 7 representan respectivamente la distribución de energía en los planos horizontal y vertical desde un sistema de antenas tal como el representado en la figura 5.

La figura 8 representa la disposición, de varias unidades unidireccionales unas al lado de otras para aumentar en mayor grado las propiedades direccionales de un haz propagado de ondas electromagnéticas.

La figura 9 representa una disposición de unidades en línea o en sucesión, para aumentar las propiedades direccionales de un haz de ondas.

Las figuras 10 y 10a indican unas disposiciones de unidades en forma de rombo o cruzadas para obtener una propagación unidireccional.

La figura 11 representa una forma preferida de la invención para concentrar un haz unidireccional de energía, horizontalmente y verticalmente, cuando la longitud de los alambres es del orden de 6 a 12 longitudes de onda, y

La figura 12 es un gráfico que representa la relación conveniente según la presente invención, que existe entre la longitud de un conductor simple de un par de conductores, y el ángulo que han de tener con relación a una dirección deseada de propagación.

En general, tal como se representa en la figura 1a, alrededor de un alambre -2-, largo con relación a la longitud de las ondas operadoras, se forman dos conos principales huecos de radiación -4- y -6-. Los conos son simétricos alrededor del alambre -2- y el eje de estos conos coincide con el del emisor -2-. Para un alambre dado y una longitud de onda determinada, el ángulo  $\alpha$  entre los ejes -Y-Y- y el alambre -2- de cada



uno de los lóbulos u orejas del cono, que así aparecen representados en sección transversal, es constante.

Más detalladamente, una sección transversal del diagrama polar sólido de un alambre, de una longitud igual a varias longitudes de onda y que tenga ondas estancadas en el mismo, contiene tantas orejas por cuadrante como longitudes de onda tenga el alambre. Así pues, según se representa en la figura 1b, un alambre de cinco longitudes de onda de largo, tendrá cinco orejas en cada cuadrante, produciéndose el lóbulo o radiación principal por el eje -Y-Y-. Como aquí se indica, la polaridad o dirección instantánea del campo representado por cada oreja, es contraria.

Si se desea radiar la energía, principalmente en la dirección del eje -X-X- de la figura 2, los conductores representados en la figura 1, deben doblarse formando un ángulo  $-\alpha-$  con relación a la dirección -X-X- y con el fin de aumentar todavía más las características direccionales a lo largo del eje -X-X- según la presente invención, se usan dos alambres que formen el ángulo  $-\alpha-$  con el eje -X-X- a cada uno de los lados de este eje, de modo que el eje y el par de alambres queden en el mismo plano. Para otras direcciones que la del eje -X-X-, se producirá en gran manera una anulación de la radiación, y como resultado de ello, un par de alambres dispuesto a los ángulos  $-\alpha-$  con respecto al eje -X-X- tendrá una característica de radiación en el plano del par de alambres, tal como la representada en la figura 3.

Considerando que un alambre largo, es equivalente a un número muy grande de osciladores muy cortos (Hertz), y sumando los componentes del campo para un punto -P- que tenga un ángulo de dirección  $-\theta-$  con relación al eje del alambre, cuando el punto -P- se encuentra a una gran distancia del alambre compa-



rada con la longitud del mismo, de modo que todas las líneas que parten del punto -P- hasta cualquier punto del alambre sean sensiblemente paralelas, puede demostrarse que la potencia -H- del campo, viene dada por la fórmula siguiente, para un conductor que tenga una longitud igual a un número impar de medias longitudes de onda:

$$H \propto \frac{\cos \left( n \frac{\pi}{2} \cos \theta \right)}{\text{sen } \theta}$$

En esta fórmula "n" indica el número de mitades de onda contenido en el alambre.

Para un alambre que tenga un número par de medias longitudes de onda, de un modo similar, la potencia H del campo viene dada por la siguiente fórmula:

$$H \propto \frac{\text{sen} \left( n \frac{\pi}{2} \cos \theta \right)}{\text{sen } \theta}$$

En la cual "n" indica, como antes, el número de mitades de onda que tiene el alambre.

El valor del ángulo - $\theta$ - con el cual las fórmulas anteriores adquieren el valor máximo, dará, desde luego, el valor del ángulo - $\alpha$ - al cual debe disponerse el alambre con relación a la dirección -X-X- de la propagación deseada de las ondas. La obtención del valor crítico de - $\theta$ - para cualquiera de las ecuaciones anteriores puede, desde luego, determinarse con facilidad; su valor para alambres de mas de 14 longitudes de onda, viene dado graficamente en la figura 12. En la práctica, la fórmula empírica

$$\alpha = 50.9 \left( \frac{l}{\lambda} \right)^{-0,513} \text{ grados}$$

en la cual l equivale a la longitud del alambre y  $\lambda$  es la longitud de la onda, ambas medidas con la misma unidad, es suficientemente exacta. Cuando se usan un par de alambres de acuerdo



con la presente invención, deben separarse uno de otro formando un ángulo igual al doble del ángulo  $-\alpha-$ , determinado por cualquiera de los medios acabados de describir.

Con el fin de obtener una unidad bidireccional que tenga una característica tal como la representada en la figura 3, como ya se ha indicado anteriormente, puede utilizarse cualquiera de las disposiciones representadas en la figura 2. La unidad fundamental está representada en la figura 2a, en la cual una línea de transmisión -10- suministra energía a alta frecuencia, a un par de alambres -A-B- que forman entre sí el ángulo  $-2\alpha-$ . El ángulo  $-\alpha-$ , es el ángulo formado por uno de los conductores con el eje -X-X- a lo largo del cual se desea que los emisores -A-B- propaguen la energía. Los conductores -A-B- están unidos entre sí en su vértice, que coincide sobre el eje -X-X-, tal como se representa. Los alambres están alimentados por un punto intermedio entre sus extremos, de un modo similar al de un oscilador de media longitud de onda alimentado por un punto intermedio entre sus extremos. Si se desea, tal como se representa en la figura 2b, la línea de transmisión -10- puede terminar en los extremos de los emisores lineales -A-B- en lugar de conectarlos entre sí.

Sin embargo, es preferible la disposición representada en la figura 2c, puesto que permite la sintonización del sistema de antenas que comprende el par de alambres -A-B-. La línea de transmisión -10-, suministra la energía a un enlace -12- en forma de -U- cuyas ramas están en corto circuito por medio de un puente ajustable -14-, que representa un punto nodal de voltaje. Los extremos -16- del enlace -12- suministran la energía en oposición de fase a los conductores -A-B-. El ajuste de la impedancia, de modo que no haya reflexión a lo largo de la línea de transmisión -10-, se lleva a cabo sobre las ramas del enlace a-



justando convenientemente los puntos de conexión -18-.

El uso del enlace permite la completa sintonización de los conductores de la antena, haciendo que la longitud total verdadera de sintonización de cada uno de los conductores de la -V- o unidad emisora, sea igual a un número impar de longitudes de cuarto de onda. La longitud radiativa eficaz es la longitud del alambre comprendida solamente en la -V-, puesto que el enlace no es radiativo y puede ser de cualquier longitud que se desee.

10 Cuando la sintonización de la -X- se ha llevado a cabo debidamente por el enlace en U, el sistema presenta una carga resistente pura a la línea de transmisión. Acoplando la línea a las ramas de la U, a una distancia conveniente desde el puente de corto circuito, la resistencia efectiva del sistema de antenas puede hacerse igual a la impedancia ondulatoria de la línea, que es una condición necesaria para la máxima eficacia de la transmisión.

20 Debe citarse aquí, que la energía se ha de suministrar a los emisores -A-B- siempre fuera de fase, pues de otro modo, en un punto distante -F- a lo largo del eje -X-X- se produciría anulación de la radiación, y debe comprenderse también que el sistema descrito, no solamente es útil para la radiación sino que sirve igualmente bien para la recepción. Es decir el sistema de antenas según la presente invención se adapta igualmente bien a cualquier tipo de acción radiativa ya sea para recoger o irradiar energía o para la transmisión de la misma.

30 Sin embargo, debe comprenderse claramente que los conductores de cada unidad pueden ser de cualquier longitud con tal que estén colocados formando el ángulo correcto con relación a su longitud. Para la mejor sintonización, la longitud total que comprenda los conductores y el enlace en U que los



une, debe ser precisamente un número entero de mitades de longitud de onda, pero la parte que forma el elemento radiativo puede ser de cualquier longitud. La ley que dá el ángulo correcto para longitudes comprendidas entre números pares e impares de mitades de longitud de onda, no se cita debido a su complicidad, pero la fórmula empírica y la curva de la figura -12, se encontrará que son suficientemente exactas para todos los casos prácticos en los que la longitud del conductor de que se trata corresponda a un número entero de mitades de longitud de onda.

Con el fin de evitar la radiación en un ángulo vertical no conveniente, y de concentrar en altura el haz deseado, puede utilizarse el esquema representado en la figura 4. En él se disponen en planos horizontales paralelos, los pares de alambres -A-B- y -A'-B'-, sostenidos por los postes -20- y convenientemente aislados de los mismos por los aisladores -22-. Los dos pares de alambres o unidades están alimentados en concordancia de fases por una línea de transmisión -24- y a través de los conductores -26-, alimentándose con fase opuesta los alambres de cada par de una misma unidad. Con el fin de aumentar verticalmente la concentración de la energía irradiada, el par de alambres -A-B- y el par -A'-B'- se colocan en planos horizontales separados por una distancia conveniente y preferiblemente, cuando menos, de una mitad de longitud de onda. El par inferior debe estar, por lo menos, a media longitud de onda de distancia del suelo. Así tiene lugar una propagación bidireccional a lo largo del eje -X-X- pero en forma mucho más concentrada con relación al uso de una sola unidad o sistema.

La separación vertical de las unidades una encima de la otra, no hay necesidad de que sea igual a un número entero de mitades de longitud de onda. Además, se ha observado que para



conductores que tengan una longitud de varias longitudes de onda, la irradiación vertical es nula ó practicamente muy pequeña. Mas detalladamente, es cero para conductores cuya longitud es igual a un número par de mitades de longitud de onda, y es muy pequeña para conductores cuya longitud es igual a un número impar de mitades de longitud de onda. Para conductores cuya longitud es del orden de seis a diez longitudes de onda, es preferible una separación mayor que la de media longitud de onda.

5  
10           En la práctica, estando la altura de la antena limitada por consideraciones económicas y deseandose que la absorción por la tierra sea lo mas pequeña posible, es conveniente adoptar la separación de media longitud de onda. Para la transmisión de energia que tenga una longitud de onda de 17 a 18 metros puede obtenerse una antena practicamente buena colocando los conductores inferiores aproximadamente a tres cuartos de longitud de onda encima del suelo y tomando como separación entre los alambres, la de media longitud de onda. Para soportar los cables deben usarse postes o mástiles de unos 25 metros de altura.

15  
20           Con el fin de obtener una característica de radiación unidireccional, pueden disponerse paralelamente pares de sistemas tales como los representados en la figura 2, a lo largo del eje -X-X- o de la bisectriz del ángulo formado por cada par de alambres en cada unidad o sistema separados una distancia igual a un número impar de longitudes de onda.

25  
30           Un sistema de esta clase combinado con los medios para concentrar el haz en una dirección transversal al plano de los conductores de cada unidad, se representa en la figura 5. Esto es, la figura 5 representa un sistema como el de la figura 4 pero doble, en la dirección del eje -X-X- con lo cual en un pla-



no horizontal se obtiene una característica direccional tal como la representada en la figura 6 y en un plano vertical una característica de distribución de potencia tal como la representada en la figura 7.

5 El sistema de la figura 5, comprende el par de alambres -A-B- y paralelamente a ellos el par similar -a-b-, separado longitudinalmente del primero en la dirección -X-X- un número impar de longitudes de cuarto de onda, y que en el caso representado está situado a una distancia de nueve cuartos de longitud de onda, mas allá del vértice -28- de los alambres -A-B-.

10 Este sistema está excitado de modo que los alambres -a-b- tienen ondas estancadas, en fase adelantada -90- grados sobre la fase de las ondas estancadas de los alambres -A-B-. Por consiguiente la energía se propagará principalmente a lo largo del

15 eje -X-X- hacia los extremos divergentes de los emisores. Con el fin de concentrar el haz de energía radiado de este modo, se disponen pares similares de emisores colocados debajo de los pares -A-B- y -a-b-, en planos convenientemente separados de los pares primeramente mencionados con el fin de obtener la

20 concentración vertical o en altura que se desea. Los pares inferiores de conductores están excitados en concordancia de fase con los pares superiores, por medio de los conductores -26- -26'- alimentados por la línea de transmisión -24-. Con el fin de sintonizar las diferentes unidades, se han dispuesto los en-

25 laces en forma de U, -30-30'- que están en corto circuito por los puentes -32-32'-.

Desde luego, excitando los alambres -a-b-, con 90° de retraso con relación a los emisores -A-B-, puede obtenerse una propagación unidireccional en la dirección opuesta o hacia los

30 extremos convergentes o vértices de los sistemas.

Si se desea una mayor concentración de la energía radia-



da, pueden disponerse paralelamente varios sistemas tales como los representados en la figura 5, por ejemplo, que comprendan una unidad radiativa eficaz -A-B- y una unidad reflejadora -a-b- estando las mismas excitadas en concordancia de fase. Asi pues en la figura 8, cada una de las unidades radiativas -A-B- representadas en planta, está provista de una unidad reflejadora -a-b-. Cada sistema está alimentado en concordancia de fase a través de las líneas de transmisión ramificadas, que se representa esquemáticamente en T, y como resultado de ello se obtiene un haz de energía extremadamente concentrado en el plano de las unidades y es transmitido en dirección desde las unidades reflejadoras hacia las unidades radiadoras, o inversamente, dependiendo de la fase relativa de las ondas estancadas de las unidades.

Las unidades pueden disponerse coaxialmente o en serie como se representa en la figura 9, en la que cada una de las unidades está separado de la contigua, en la dirección de la propagación deseada. Haciendo que la diferencia de fases entre cada dos unidades sea igual a  $2\pi \frac{S}{\lambda}$ , en la que S es la separación entre cada dos unidades medida a lo largo del eje, se obtendrá una propagación concentrada unidireccional, en una u otra dirección, según el eje -X-X-, que dependerá de que las ondas estancadas de las sucesivas unidades tengan un retraso o un adelanto unas respecto a otras, de la diferencia de fase dada por la expresión antes citada.

Otras combinaciones pueden ocurrirse por si mismas a los expertos en estos asuntos, por ejemplo, las unidades -U- pueden colocarse en forma de rombo como se representa en la figura 10, o bien pueden estar superpuestas como se representa en la figura 10a, cruzándose los conductores de una unidad con los de la otra.

Con el fin de obtener una mayor concentración del haz



de energía radiado en una dirección transversal al plano de cada unidad, los sistemas pueden ampliarse en la forma representada en la figura 11. En ésta, el sistema de la figura 5, se ha doblado o repetido en dirección vertical, produciendo un aumento de concentración del haz en altura. La energía es alimentada al sistema a través de un aparato de impedancia -40- y de allí en concordancia de fases a las unidades reflejadoras a través de las conexiones convenientes -42-. La energía es también alimentada de un modo similar a las unidades radiativas a través de las conexiones convenientes -44-. Por medio de una sintonización conveniente y de una separación adecuada de los pares radiativos y de los pares reflejadores, puede obtenerse una propagación unidireccional en cualquier dirección según la bisectriz del ángulo formado por los alambres de cada par.

La separación entre la antena y el reflector, en el sistema representado en la figura 11 cuando los conductores tienen de 6 a 12 longitudes de ondas, se hace preferentemente que sea de nueve cuartos de longitud de onda. Para conductores más largos de 10 longitudes de onda, la forma preferida deberá tener una separación mayor entre la antena y el reflector, tal como dos y tres cuartos, o tres y cuarto longitudes de onda. Para conductores del orden de 3 o 4 longitudes de onda, la separación entre el reflector y la antena, deberá ser de una a una y cuarto longitudes de onda o menos. En general, para obtener la máxima concentración a medida que aumenta la longitud de los conductores, tomada en longitudes de onda, la separación entre el reflector y la antena debe también aumentar.

En cada uno de estos sistemas, para la recepción, la línea de transmisión debe simplemente acoplarse a un receptor apropiado estando dirigida la antena hacia la estación transmisora. Los conductores, aunque colocados preferentemente en planos ho-



rizontales pueden estar colocados a cualquier ángulo que se desee, sin apartarse del espíritu de esta invención y durante la transmisión a menudo se encuentra favorable, tener el plano de los conductores, inclinado separándose de la tierra y hacia la  
5 dirección en la que el haz de energía debe ser propagado.

N O T A

Se reivindica como objeto de esta patente:

- 1) Una antena direccional para recepción o transmisión por radio, caracterizada por el hecho de que comprende un par  
10 de conductores dispuestos angularmente, teniendo cada uno de ellos una longitud de varias mitades de longitud de onda y presentando ondas estancadas, con lo cual la acción radiativa principal se produce a lo largo de la bisectriz del ángulo formado por los conductores.
- 15 2) Una antena direccional según la reivindicación 1, -caracterizada por el hecho de que los conductores están libres por los extremos y presenta ondas estancadas de polaridad instantáneamente opuesta.
- 20 3) Un sistema de antena, caracterizado por la disposición de un cierto número de antenas, según una o ambas de las reivindicaciones 1 ó 2, colocadas paralelamente una a otra y separadas una de otra en el sentido de la bisectriz del ángulo formado por los conductores de cada antena, un número impar de longitudes de cuarto de onda.
- 25 4) Un sistema de antena, caracterizado por la disposición de un cierto número de antenas o de sistemas de antenas, según una o varias de las reivindicaciones 1 a 3, las cuales están separadas entre sí de modo que los conductores de las mismas estén situados en planos paralelos.
- 30 5) Un sistema de antena, caracterizado por la disposición de varias antenas o sistemas de antenas, según una o varias



de las reivindicaciones 1 a 4, las cuales están colocadas lateralmente una a otra.

6) Una antena o sistema de antena, según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por el hecho de que los conductores de cada par de conductores, están dispuestos con un ángulo sensiblemente igual al doble de  $5,09 \left(\frac{1}{\lambda}\right)^{0.513}$  grados.

7) Una antena o sistema de antena según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizada por el hecho de que los conductores de cada par, son cada uno de ellos de una longitud igual a un n-úmero impar de mitades de longitud de onda y están dispuestos formando un ángulo igual al doble del ángulo para el cual la expresión  $\frac{\cos \left( n \frac{\pi}{2} \cos \theta \right)}{\sin \theta}$  es un máximo.

8) Una antena o sistema de antenas, según una o varias de las reivindicaciones 1 a 5, caracterizado por el hecho de que los conductores de cada par, tienen cada uno de ellos una longitud sensiblemente igual a un número par de mitades de longitud de onda y están dispuestos formando un ángulo igual al doble del ángulo para el cual la expresión  $\frac{\sin \left( n \frac{\pi}{2} \cos \theta \right)}{\sin \theta}$  es un máximo.

9) Perfeccionamientos en las antenas.

Barcelona 15, de Noviembre de 1930.

P. A.



Fig. 1 a

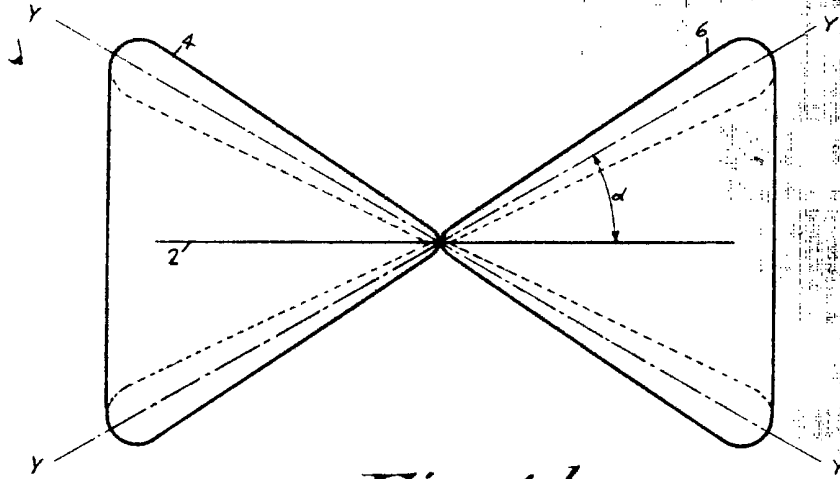


Fig. 1 b

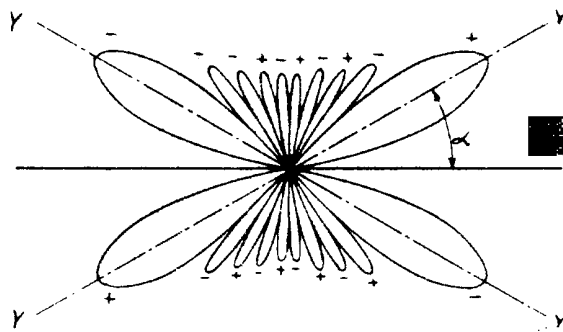


Fig. 2 b

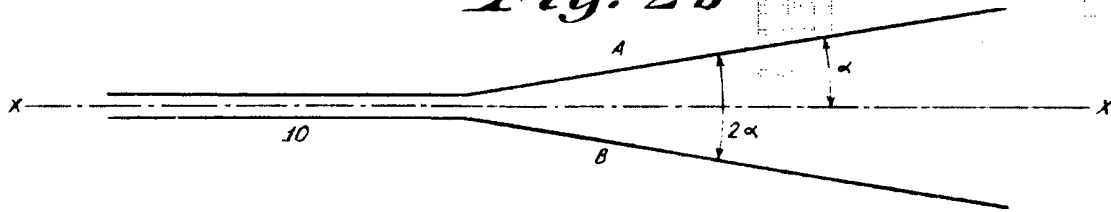


Fig. 2 a

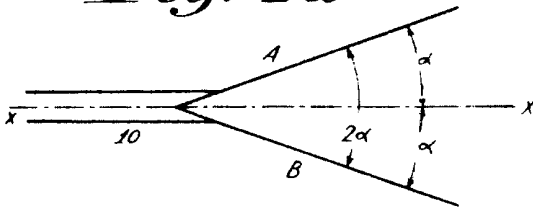
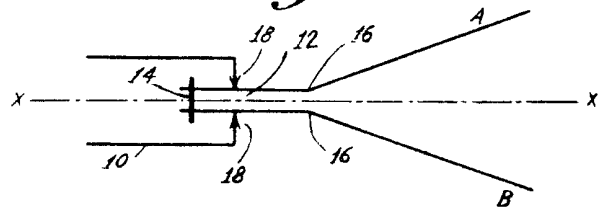


Fig. 2 c



*Handwritten signature or notes at the bottom right of the page.*



Fig. 3

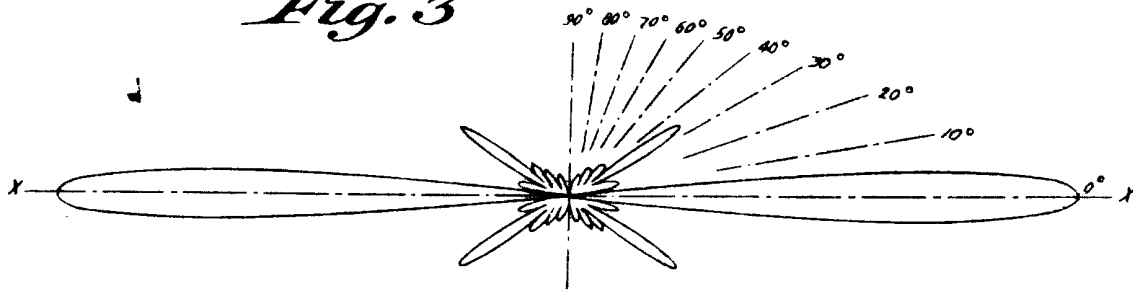


Fig. 4

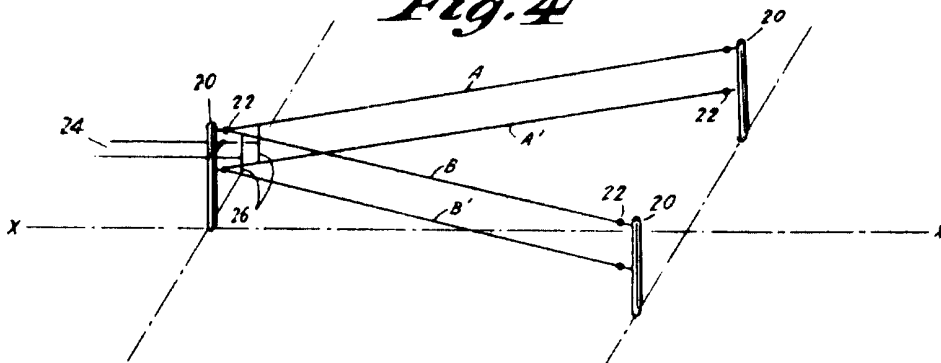


Fig. 5

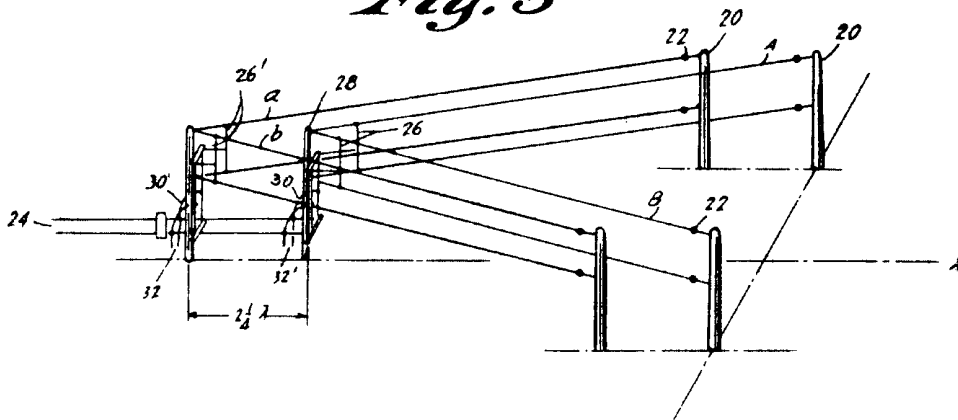


Fig. 6

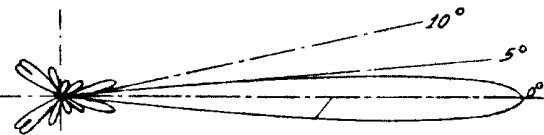
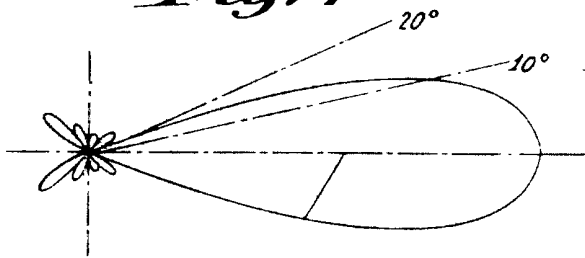


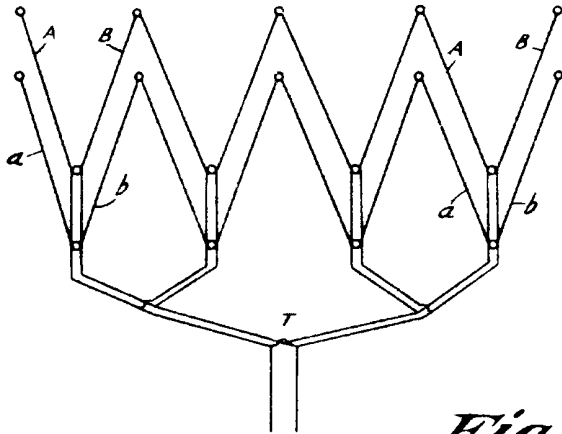
Fig. 7



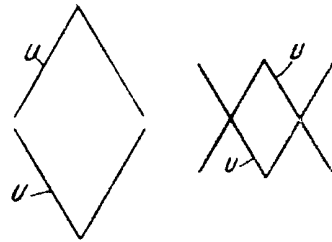
*Subm. 10/11/35*  
*20/11/35*



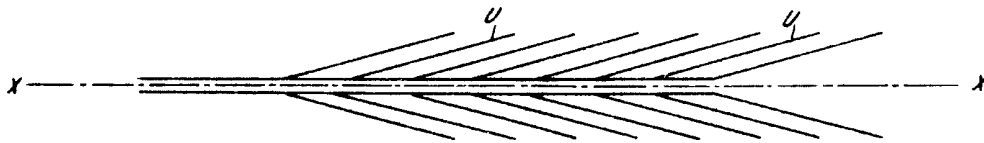
*Fig. 8*



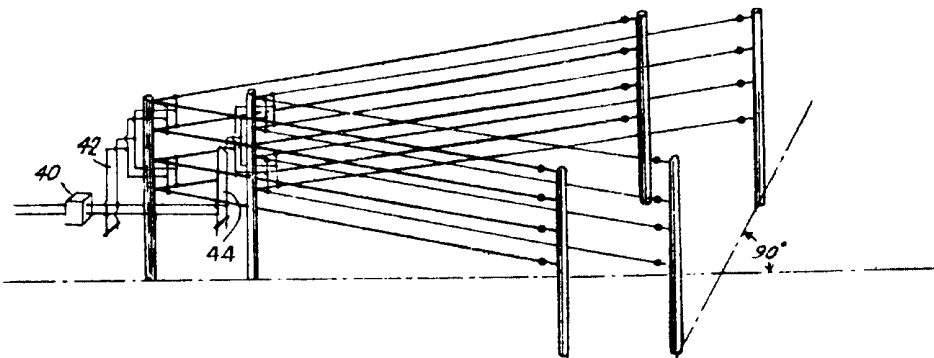
*Fig. 10 Fig. 10a*



*Fig. 9*



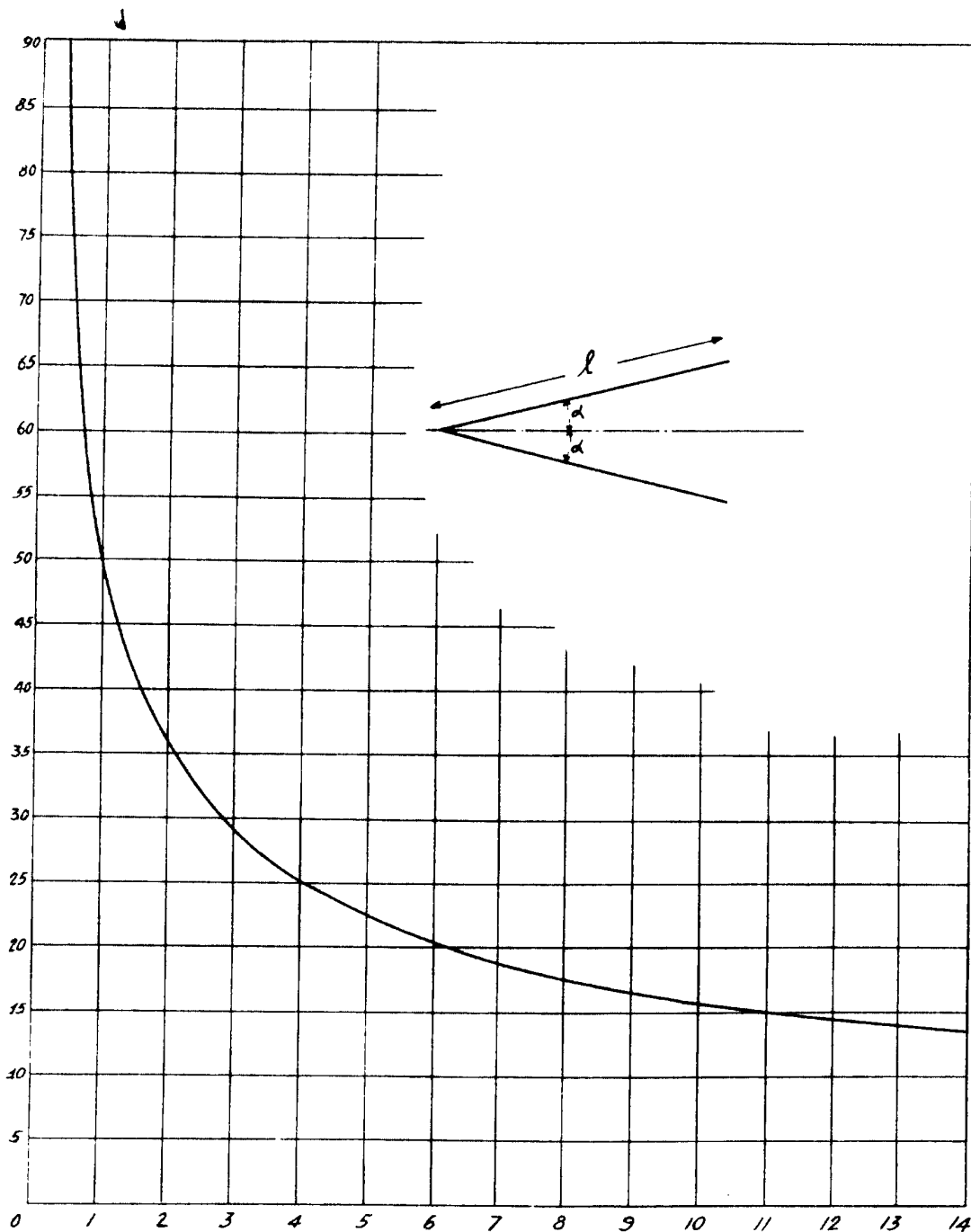
*Fig. 11*



*Handwritten notes:*  
1  
2  
3  
4  
5  
6  
7  
8  
9  
10  
11  
12  
13  
14  
15  
16  
17  
18  
19  
20  
21  
22  
23  
24  
25  
26  
27  
28  
29  
30  
31  
32  
33  
34  
35  
36  
37  
38  
39  
40  
41  
42  
43  
44  
45  
46  
47  
48  
49  
50



*Fig. 12*



*Handwritten signature and scribbles at the bottom right of the page.*