

JE.

263 024



P A T E N T E   D E   I N T R O D U C C I O N

a favor de

WESTERN ELECTRIC COMPANY INCORPORATED, de nacionalidad  
norteamericana, domiciliada en NEW YORK (E.U.) 195 Broadway

por:

"Atenuador no recíproco".

=====

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

Este invento se refiere a dispositivos no re-  
cíprocos apropiados para sistemas eléctricos de alta  
frecuencia o de microondas, y más concretamente a ais-  
ladores de ondas electromagnéticas.



5 puede servir para aislar un dispositivo electromagnético de otras partes de un sistema de ondas electromagnéticas, en el sentido de que es posible transmitir libremente las ondas desde el dispositivo al sistema a través del aislador, o sea hacia delante, pero las ondas que se originan fuera del dispositivo y avanzan en dirección contraria son atenuadas por el aislador en la medida necesaria para evitar una reacción perjudicial del sistema sobre el dispositivo que ha de aislarse.

10 Un objeto del invento es obtener una relación elevada entre las pérdidas de vuelta y de ida en un componente de microondas.

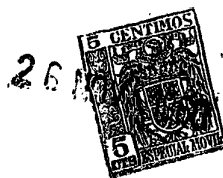
Otro objeto de este invento es producir una relación de pérdida caracterizada por una pérdida grande de vuelta acompañada de una pérdida de ida o avance.

15 Se ha señalado que los elementos polarizados de ferrita y otros materiales giromagnéticos adecuados producen efectos no recíprocos cuando se colocan asimétricos con relación a la estructura del guiaondas. Trata de este tema un artículo titulado "Ferritas y microondas", de N.G. Sakiotis y H.N. Chait, publicada en las páginas 87-93 de Proceedings of the Institute of Radio Engineers, enero de 1953. Los aisladores propuestos en la técnica usual ya citada requieren campos magnéticos relativamente elevados para funcionar en el punto de resonancia ferromagnética del material giromagnético considerado. Esto ha obligado a emplear imanes demasiado grandes, para suministrar el campo de polarización, lo cual se traduce en un aparato innecesariamente abultado y costoso.

20

25

30

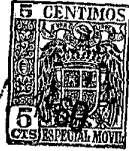


Por consiguiente, otro objeto del presente invento es reducir la fuerza de campo magnético requerida por las componentes de atenuación direccionalmente selectiva utilizando elementos giromagnéticos.

5           Se ha reconocido que es posible desarrollar una acción aislante empleando material giromagnético, sin excitar el material a resonancia giromagnética. Concre-  
tamente, se ha visto que un elemento giromagnético po-  
larizado, acoplado a un guía-ondas, producirá tales con-  
10           figuraciones de campo electromagnético de la energía on-  
dulatoria transmitida por el mismo, que la distribución  
de la intensidad del campo eléctrico a través del guía-  
ondas en un sentido de propagación sea diferente a la  
del sentido opuesto. En una región del guíaondas, la  
15           intensidad del campo eléctrico para la onda de ida es  
mucho menor de lo que sería en una guía no cargada. En  
la misma región, la intensidad del campo eléctrico para  
la onda de vuelta es substancialmente la misma que en  
una guía no cargada. De acuerdo con un aspecto del in-  
20           vento, se coloca material resistivo en esta región en  
que se desplazan como queda descrito los campos de las  
ondas de ida y de vuelta. En consecuencia, la onda de  
ida se disipa muy poco en el material resistivo, mien-  
tras que la de vuelta se disipa mucho; esta atenuación  
25           no recíproca da por resultado una acción aislante.

También se ha comprobado que, empleando un se-  
gundo elemento giromagnético polarizado en igual sentido  
que el primero, y separado de éste como se describe con  
referencia a los dibujos, los campos de las ondas de ida  
30           y de vuelta se desplazan todavía más, lo cual origina

26 NOV



una diferencia de intensidad de campo eléctrico entre las ondas de sentidos contrarios de propagación, substancialmente mayor en la región del material resistivo. Por tanto, este aspecto del invento mejora la atenuación no recíproca.

5 Cuando se utiliza una de estas dos disposiciones según se describe, la distribución del campo eléctrico a través de la guía es asimétrica para ambos sentidos de propagación, y por ello no hay más que una región de diferencia máxima de intensidad del campo eléctrico. Pero si, de conformidad con otro aspecto del invento, se utilizan dos elementos giromagnéticos polarizados en sentidos opuestos y separados del modo descrito más adelante con relación a los dibujos, los campos se desplazan de modo que las distribuciones de intensidad del campo eléctrico son simétricas a través de la guía para ambos sentidos de propagación, pero distintas en tamaño y magnitud, y ello origina dos regiones de máxima diferencia de intensidad del campo eléctrico.

10

15

20 Esto constituye un adelanto frente a la disposición en que se emplea un solo elemento giromagnético, pues el material resistivo situado en las dos regiones antedichas aumenta substancialmente la pérdida que experimenta la onda de vuelta mucho más que la sufrida por la de

25 avance.

Empleando un elemento giromagnético polarizado o dos de ellos polarizados en sentidos opuestos, se produce un efecto que sirve para obtener un resultado adicional nuevo, algo distinto, pero relacionado con el de las distribuciones de campo no recíprocas en los ejem-

30



plos de realización antes mencionados. Los guiaoondas  
cargados de material giromagnético en una de estas dos  
formas presentan velocidades de fase no recíprocas; es  
decir, la velocidad de fase para un sentido de propaga-  
5 ción es mayor que para el sentido opuesto. Llenando  
esencialmente una porción del guiaoondas con material  
resistivo disperso a través de un aglutinante dieléctri-  
co, o revistiendo las paredes de la guía con material  
resistivo, la onda de mayor velocidad de fase se atenúa  
10 menos que la otra, porque el material resistivo consti-  
tuye un trayecto eléctrico más largo para la onda más  
rápida de fase.

En las formas de realización que se describen  
seguidamente, con referencia a los dibujos, estos di-  
15 versos aspectos del invento se aplican a guiaoondas con-  
ductivos huecos, rectangulares y circulares, y también  
a guiaoondas enteramente dieléctricos.

Otros objetos y ciertas características y ven-  
tajas del invento se apreciarán en el curso de la si -  
20 guiente descripción detallada de los ejemplos de rea-  
lización del invento representado en los adjuntos pla-  
nos, en los cuales indican:

La figura 1, la configuración del campo magné-  
tico para el modo eléctrico circular  $TE_{01}$  en un guiao-  
25 ondas circular.

La figura 2, una representación esquemática de  
las curvas magnéticas en un guiaoondas rectangular.

La figura 3, un diagrama ideal de las partes  
reales e imaginarias de la permeabilidad en un medio  
30 polarizado de material giromagnético.



La figura 4, una disposición en la que se emplean un elemento polarizado de ferrita y una chapa resistiva para componer un atenuador de microondas no recíproco.

5 La figura 5, un diagrama empleado para explicar el funcionamiento del dispositivo de la figura 4.

La figura 6, una disposición similar a la que muestra la figura 4, en la que se agrega un segundo elemento de ferrita para aumentar el efecto no recíproco.

10 La figura 7, un aislador de guíasondas en el que se emplean dos elementos giromagnéticos polarizados en sentidos contrarios, y dos aletas resistivas.

La figura 8, una forma de realización con una aleta resistiva emparedada entre dos elementos de ferrita.

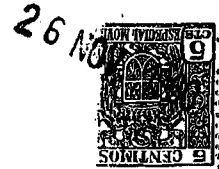
15 La figura 9, un aislador de resistencia al desplazamiento de campo, en el que se ha agregado un elemento dieléctrico.

Las figuras 10 a 14, el efecto de atenuación no alternativo obtenido empleando ferrita y material resistivo, aplicado a estructuras dieléctricas de guíasondas.

25 La figura 15, la sección transversal de un guíasondas provisto de elemento de ferrita polarizado y de paredes disipantes.

La figura 16, la sección transversal de un guíasondas provisto de un elemento de ferrita colocado asimétrico, y material dieléctrico disipante para completarlo.

30 Las figuras 17 a 21, el empleo de elementos



paramagnéticos circularmente imanados, y aletas resis-  
tivas en guiasondas circulares para varios de los modos  
comunes, y

5 La figura 22, una sección transversal de un ais-  
lador en el que se combinan los efectos de desplazamien-  
to de campo y diferencia de velocidad de fase.

En los planos la figura 1 muestra a modo de  
ejemplo y con fines ilustrativos curvas del campo mag-  
nético de alta frecuencia del modo eléctrico circular  
10  $TE_{01}$  dentro de un guiasonda circular -10- en un deter-  
minado instante. En esta figura, las flechas -12- a  
-15- indican el sentido de propagación de la potencia  
a través del guiasonda, y las flechas que ostentan las  
curvas magnéticas cerradas individuales indican la po-  
15 laridad en cualquier punto particular de la guía en un  
momento dado. Sobre esta base, puede notarse que el  
vector de intensidad de campo magnético en el punto fi-  
jo -16- del guiasonda girará en el sentido de las agujas  
del reloj a medida que la onda se propaga por la guía  
20 de izquierda a derecha, como indican las flechas -12-  
a -15- en la figura 1. Pero al propagarse por el guias-  
onda en sentido contrario, los componentes polarizados  
en círculo, vistos desde el punto -16-, girarán en di-  
rección contraria a las agujas del reloj.

25 En la figura 2 se expone el dibujo del campo  
magnético de alta frecuencia del modo  $TE_{10}$  en un momen-  
to dado, en un guiasonda -21- rectangular. A medida  
que las ondas electromagnéticas se propagan de izquier-  
da a derecha a través de la guía, puede observarse que  
30 la dirección del vector de intensidad magnética, visto



en el punto fijo -22- del guiaondas, girará en sentido contrario a las agujas del reloj, mientras que el observado en el punto -23- lo hará en el sentido de las agujas del reloj.

5 Las figuras 1 y 2 denotan, pues, la presencia de componentes magnéticos con polaridad circular negativa y positiva en los guiaondas rectangular y circular. Los diagramas de la figura 3 muestran la diferencia de permeabilidad de tales componentes magnéticos de alta  
10 frecuencia y de polaridad circular positiva y negativa en un medio polarizado de material paramagnético, tomándose los valores del campo magnético constante sobre el eje de las abscisas C, y los de la permeabilidad sobre el de las ordenadas P. Estas gráficas corresponden  
15 a ondas de radiofrecuencia en las que la intensidad magnética es normal al campo magnético polarizante estable, y puede derivarse de un análisis matemático de D. Polder publicado en el volumen 40, págs. 90 a 115 del "Philosophic Magazine" de enero de 1949. En esta  
20 gráfica de la figura 3, las porciones reales de la permeabilidad se representan por líneas llenas 31(+) y 31(-), y las imaginarias, por líneas de trazos 32(+) y 32(-). Respecto a las porciones reales, la que gira en el sentido de las agujas del reloj, mirando a lo largo de un vector magnético polarizante NS, o sea el componente 31(-) de polarización circular negativa, tiene  
25 una permeabilidad creciente al aumentar la intensidad magnética polarizante, y el componente 31(+) de polarización circular positiva pierde permeabilidad por efecto de un aumento similar de la intensidad magnética pola-  
30

26 NOV



5 rizante, con campos magnéticos por debajo de la resonancia ferromagnética, indicada en  $H_r$  (fig. 3). Más concretamente, el componente negativo tiene una permeabilidad mayor que 1, mientras que el componente positivo la tiene menor que 1.

10 Una explicación física ofrecida para elucidar este fenómeno se apoya en el supuesto de que el material ferromagnético contiene electrones giratorios no apareados, que tienden a alinearse con el campo magnético aplicado. Estos electrones giratorios y sus momentos asociados pueden hacerse preceder en torno a la línea del campo magnético, manteniendo un componente esencialmente invariable del momento magnético en la dirección de corriente continua del campo aplicado, pero creando un momento magnético que puede girar en un plano normal a la

15 dirección del campo magnético constante o sostenido. Estos momentos magnéticos propenden a adelantarse en un solo sentido opuesto. Esta tendencia de un elemento giratorio a adelantarse consecuentemente en un solo sentido angular es familiar a todos aquellos que hayan contemplado un trompo bamboleándose antes de pararse. Considerando la acción recíproca entre los componentes de intensidad magnética de alta frecuencia polarizados en oposición y los momentos magnéticos, es evidente que uno

20 de los componentes polarizados circularmente girará en el sentido angular propicio de precesión de los momentos magnéticos, y el otro componente girará en el sentido opuesto. Cuando la intensidad magnética de alta frecuencia está girando en sentido igual al preferido para precesión del momento magnético, se acoplará fuertemente

25

30



con este momento, y lo pondrá en precesión. Cuando la intensidad magnética de alta frecuencia está girando en el sentido angular opuesto, por el contrario, habrá un acoplamiento o una acción recíproca muy pequeña entre  
5 la intensidad magnética de alta frecuencia y los momentos magnéticos.

Mientras que esta diferencia de acoplamiento, y la consiguiente diferencia en la porción real de la permeabilidad para componentes polarizados en oposición,  
10 puede observarse aún a índices reducidos de imanación polarizante sostenida, cerca de la resonancia ferromagnética alcanza un súbito máximo la porción imaginaria de la permeabilidad para el componente de polarización circular positiva. Aunque la atenuación varía con la porción  
15 imaginaria de la permeabilidad, la velocidad de fase y la traslación del campo magnético varían con la porción real de la permeabilidad. Se han estudiado ya formas de ejecución que funcionan respecto a la porción imaginaria de la permeabilidad. Las variantes que se  
20 exponen más adelante responden en cambio a la porción real de la permeabilidad; por consiguiente, no son recíprocas, pues las permeabilidades reales experimentadas por componentes de onda magnética positivos y negativos son diferentes entre si.

25 El dispositivo de la figura 4 es un atenuador o aislador no recíproco, que utiliza el efecto de traslación de campo. Como puede apreciarse, la sección conductora rectangular hueca del guiaondas -41- tiene un elemento alargado de material paramagnético -42- junto  
30 a una de las paredes laterales menores; además, una tira



resistiva -43- va montada en el lado interno del elemento paramagnético -42-, dentro del guíaondas -41-. Un electroimán -44- imana transversalmente el elemento -42-, según se indica. Como muestra la figura 5, la distribución -51- del campo eléctrico de la onda electromagnética que se propaga en una dirección por el guíaondas (indicada en línea de trazos) se deforma asimétricamente de modo que avanza en grado apreciable hacia el elemento paramagnético, en tanto que la distribución -52- de campo de la onda electromagnética propagada en sentido opuesto, deformada asimétricamente también, se aparta del elemento de ferrita en grado menor. Esto obedece a que el elemento de ferrita transversalmente imanado presenta una permeabilidad mayor que la indicada para propagar ondas introduciéndolas en el plano del papel (con lo que aumenta la concentración de la distribución del campo en la ferrita), y menor que la indicada para una onda que salga del plano del papel (con lo que la concentración de su distribución de campo disminuye en la ferrita). En la posición de la lámina resistiva, indicada por LR, existirá un campo mayor para propagar la onda hacia dentro del plano del papel (curva discontinua de la figura 5) que para propagarla hacia fuera del plano (curva continua de la figura 5). Así, la pérdida será mucho menor para la onda que sale del plano del papel que para la que entra en ese plano.

El elemento -42- del dispositivo de la figura 4 está hecho de un material paramagnético de baja conductividad. Los márgenes de conductividad deben ser moderadamente bajos, a fin de evitar una distorsión im-



propia del campo electromagnético, y las muestras se  
prefieren con una resistencia superior a 100 ohm-cm.,  
aunque pueden hacerse dispositivos útiles con resisti-  
vidades de sólo 10 ohm-centímetros. Han resultado sa-  
5 satisfactorios diversos materiales ferromagnéticos inte-  
grados por un óxido de hierro en combinación con uno o  
varios metales bivalentes, tales como níquel, magnesio,  
cinc, manganeso u otro material similar. Estos materia-  
les se combinan con el óxido de hierro en estructura de  
10 espinela, y se conocen por espinelas ferromagnéticas o  
ferritas policristalinas. De conformidad con la prác-  
tica usual, estos materiales se pulverizan primero y se  
moldean después con una pequeña proporción de material  
plástico, como teflón o polistireno. Como ejemplo es-  
15 pecífico, el elemento -42- puede ser de ferrita de ní-  
quel y cinc, de fórmula química aproximada  $(Ni_{0,3}Zn_{0,7})$   
 $Fe_2O_3$ , preparada como queda dicho. Además, pueden em-  
plearse muestras comerciales de ferrita y polvo ferro-  
magnético conductivo en polvo fino, con un cemento ais-  
20 lante. A modo de inclusión, no de limitación, se ha de  
entender que la frase "material paramagnético de baja  
conductividad" es aplicable a los precitados tipos de  
materiales. Además, según se emplea en la presente me-  
moria y en las reivindicaciones, el término "medio gi-  
25 romagnético" se ha concebido para todos los materiales  
dotados de propiedades magnéticas del tipo expuesto en  
el antes mencionado artículo de Polder, y citado antes  
con referencia a la figura 3.

En la sección transversal de la figura 6, se  
30 indican las coordenadas que muestra la figura 5, y se



representa una disposición que emplea dos elementos de ferrita -61- y -62-, similarmente polarizados, en lados opuestos del guiaondas -63- de conducción rectangular. Además, también va montada una aleta resistiva -64- en el lado interno de uno de los elementos de ferrita -62-.

5 Con los elementos de ferrita situados en lados opuestos del guiaondas, pero magnéticamente polarizados en igual sentido, uno de los elementos de ferrita presenta una permeabilidad mayor que 1 para las ondas de determinada

10 dirección de propagación, y la otra ferrita tiene una permeabilidad mayor de 1 para las ondas que se propagan en la dirección contraria. Por consiguiente, en este caso, un elemento de ferrita deforma la forma del campo para un sentido de propagación en una dirección lateral,

15 y el otro tiende a deformar la onda que se propaga en sentido opuesto, en la dirección lateral contraria. Esto aumenta la asimetría de las distribuciones de campo, y con ello la diferencia de potencias de campo en la aleta resistiva -64- para las dos direcciones de propa-

20 gación, mejorando así el efecto de atenuación no recíproco.

Quando se emplea una estructura de ferrita simétrica, como en la figura 6, el material resistivo debe colocarse solo en una de las dos tiras de ferrita,

25 o, si se pone en las dos tiras, habrá de invertirse el sentido del campo magnético polarizante en una de ellas. La figura 7 muestra esta última disposición. Concretamente, el aislador de la figura 7 comprende el guiaondas -71-, los dos elementos giromagnéticos -72- y -73- polarizados en sentidos opuestos, y también las tiras

30

3 3 024



o cubiertas resistivas -74- y -75-, montadas respectivamente en los elementos giromagnéticos -72- y -73-. El fundamento físico de esta última disposición es que la distribución de campo para un sentido de propagación tenderá a igualarse, y por ello a tener componentes sub-  
5 tanciales junto a las paredes laterales de la guía, donde serán atenuados por el material resistivo; mientras que la distribución de campo para el sentido opuesto de propagación se concentrará hacia la porción central abierta de la guía. Esto puede comprenderse teniendo en cuenta  
10 ta que, con los elementos giromagnéticos polarizados en sentidos opuestos, cada uno de ellos presentará una permeabilidad mayor de 1 para ondas del mismo sentido de propagación, y menor de 1 para las que se propagan  
15 en el opuesto. Por tanto, aunque ambas distribuciones de campo sean simétricas a través del guíaondas, la distribución de campo de ondas se deformará de distinto modo para cada una de las direcciones de propagación.

Las figuras 8 y 9 son secciones transversales de disposiciones que muestran ligeras variaciones del  
20 tipo general representado en las estructuras de las figuras 4 y 6. En la figura 8, la aleta resistiva -81- está emparedada entre dos elementos delgados de ferrita -82- y -83, y colocada con ellas en un lado del guíaondas rectangular -84-, para constituir un atenuador no  
25 recíproco.

En la figura 9, como en la figura 4, el elemento paramagnético -91- tiene una aleta resistiva -92- superpuesta, y las dos piezas se hallan situadas en un lado de un guíaondas conductivo -93-, con un campo magné-  
30



5 tico polarizante aplicado al elemento paramagnético. Pero en la figura 9 se dispone un bloque de material dieléctrico -94- en el lado opuesto del guiaondas -93-, para igualar parte del efecto dieléctrico de la ferrita y aumentar así el efecto de pérdida no recíproco,

Las figuras 10 a 13 inclusive ilustran la aplicación de los principios precedentes de aislamiento por traslación de campo a guiaondas que comprenden material dieléctrico.

10 En la figura 10, la guía dieléctrica se compone del elemento dieléctrico alargado -101-, la tira de ferrita -102- y la aleta resistiva ahusada -103-, todos con las mismas funciones que sus análogos de la figura 4. Pero en las estructuras dieléctricas de guía, como  
15 gran parte de la energía ondulatoria electromagnética se propaga en un campo exterior a la guía, conviene montar la aleta resistiva -103- en la superficie externa de la tira paramagnética -102-.

20 La figura 11 es una sección transversal según las líneas 11-11 de la figura 10, y constituye otra vista de los tres elementos componentes.

25 La figura 12 es una sección transversal de la guía dieléctrica similar a la disposición de guiaondas conductivo de la figura 6. En la figura 12, conducen las ondas el elemento dieléctrico -121- y los dos elementos simétricos de ferrita -122- y -123-, a cada lado del mismo. Estas dos tiras de ferrita desvían también la distribución de campo electromagnético en forma muy semejante a la explicada respecto a la figura 5, y la  
30 aleta resistiva -124- atenúa las ondas propagadas en una

26 NOV.



dirección, en mayor grado que las propagadas en dirección contraria.

5 La figura 13 es una sección transversal de la guía dieléctrica similar a la distribución de guías conductivo de la figura 7. En la figura 13, conducen las ondas un elemento dieléctrico -131- y los elementos de ferrita -132- y -133- de polarizaciones magnéticas opuestas, colocados a ambos lados del mismo. Estas tiras de ferrita desvían asimismo simétricamente la distribución de campo electromagnético como queda explicado respecto a la figura 7, y las aletas resistivas -134- y -135- montadas respectivamente en los elementos de ferrita -132- y -133- atenúan las ondas propagadas en una dirección, en mayor grado que las propagadas en dirección contraria.

10 En la sección transversal de la figura 14, el material dieléctrico comprendido entre los dos elementos de ferrita de la figura 12 se ha suprimido, y el aislador comprende una sola tira rectangular de ferrita -141-, imantada transversalmente, para guiar las ondas y desviar convenientemente los diagramas del campo. En uno de los lados externos menores de la tira de ferrita va montada una aleta resistiva -142-.

15 En las disposiciones precedentes, representadas en las figuras 4 a 14, se han expuesto las aletas resistivas montadas en las tiras de ferrita. Esto se ha hecho simplemente por conveniencia, pues los elementos resistivos se pueden colocar en otros puntos de la estructura. Lo importante es situar las aletas resistivas en el punto o los puntos de máxima diferencia entre los cuadrados o rectángulos de los campos eléctricos para las dos direc-

20

25

30



ciones de propagación. En lugar de aletas resistivas separadas, el material resistivo se puede mezclar con el compuesto de ferrita y el material aislante en cualquiera de los dispositivos de las figuras 4 a 13 inclusive.

5           En virtud de la diferencia de velocidades de fase para las dos direcciones de propagación en muchas de las estructuras de guiaondas reseñadas en la presente solicitud, se pueden construir otros tipos de aisladores, como los ilustrados en las secciones transversales de las  
10           figuras 15 y 16. Concretamente cerca del punto de corte existe una diferencia entre las pérdidas de la pared metálica según el sentido de transmisión, porque la onda propagada en uno de ellos estará más próxima que la otra al punto de desconexión.

15           En la figura 15 se ve una estructura -151- de guiaondas rectangular con el elemento usual de material de ferrita -152- transversalmente imanado y asimétrico, y con una capa interna -153- de resistividad relativamente elevada, como una mano de aquadag de un espesor aproximado al de la piel. Cuando una sección de la estructura de guiaondas reproducida en la figura 15, de varias  
20           longitudes de onda, se acopla a un emisor de microondas de frecuencia poco mayor que la frecuencia de corte del propio guiaondas, la atenuación a través del sistema será mucho mayor en una dirección de transmisión que en la  
25           opuesta. En la figura 16, el material dieléctrico -161- disipante, en combinación con el guiaondas -162- y el elemento polarizado de ferrita -163-, sirven para obtener el mismo efecto del dispositivo de la figura 15 al manipular  
30           una longitud similar del mismo modo antes explicado. El



material dieléctrico empleado puede ser polistireno con partículas de carbono finamente dividido dispersas en su seno.

5 Las figuras 17 a 20 inclusive ilustran, en secciones transversales, aisladores de lámina resistiva con traslación de campo para guíaondas circulares, los cuales funcionan según casi los mismos principios expuestos antes en relación con los guíaondas rectangulares representados en las figuras 4 a 7 inclusive. La similitud se hace  
10 patente examinando las figuras 1 y 2 en relación con la figura 3.

La estructura de la figura 17 se ha ideado para uso con el modo  $TE_{01}$  en el guíaondas circular -171-. Dentro de este guíaondas, el revestimiento de ferrita -172-  
15 desvía la configuración del campo magnético hacia la lámina resistiva -173- para una primera dirección de propagación, y la aparta de ella para la dirección contraria, de suerte que la lámina resistiva -173- atenúa la propagación de ondas en el primer sentido mucho más que en el  
20 opuesto. El campo circular del revestimiento de ferrita -172- en la figura 17 se puede obtener por medio de una imanación permanente del núcleo, utilizando un arrollamiento ensartado a través del revestimiento, o por otro método adecuado cualquiera. Como puede observarse cotejando las figuras 1 y 17, los componentes de polarización  
25 circular del campo magnético de alta frecuencia se hallan en planos radiales perpendiculares al campo magnético de polarización circular en el revestimiento cilíndrico de ferrita -172-. En el caso de ondas electromagnéticas del  
30 modo  $TE_{01}$ , propagadas en sentidos opuestos a través del

23024



5      guiaondas -171-, es evidente que los componentes de polarización circular de intensidad magnética de radiofrecuencia para las direcciones opuestas de propagación tendrán sentidos contrarios de rotación respecto al campo magnético constante, y por tanto, que las permeabilidades experimentadas por las ondas de direcciones contrarias diferirán como indican las gráficas de la figura 3. El resultado se traduce en las antedichas desviaciones de las configuraciones del campo magnético.

10                      En el dispositivo de la figura 18, el revestimiento de ferrita -172- y la lámina resistiva -173- del interior del guiaondas circular -171- se refuerzan en su acción desviadora del campo por medio del elemento coaxil hueco central de ferrita -181-, imanado en el mismo sentido angular que el núcleo externo de ferrita -172- haciendo pasar corriente continua por un conductor central -182-. Este elemento central de ferrita -181- funciona similarmente al segundo elemento de ferrita de la figura 6, a fin de desviar la intensidad de campo hacia la lámina resistiva para una primera dirección de propagación, y apartarla de ella para la otra dirección de propagación, cooperando así con el elemento externo de ferrita -172- en la producción de una pérdida diferencial mayor en la lámina resistiva -173-.

25                      Las figuras 19 y 20 ilustran aisladores de lámina resistiva por traslación de campo para el modo  $TE_{11}$ .

30                      En la figura 19, un revestimiento -191- de ferrita cubre parte de la superficie interna del guiaondas circular -192-. El electroimán -193- proporciona el campo magnético H para polarizar el elemento -191- de ferrita. El electroiman -193- se representa excitado por una



263024

corriente de polarización sostenida, que procede del generador de corriente continua -194-. En virtud de la lámina resistiva -195- montada en el elemento de ferrita -191-, el conjunto proporciona una atenuación no alterna-  
5  
tiva de ondas electromagnéticas -196- verticalmente polarizadas, por obra del efecto de traslación o desviación de campo, y mostrará propiedades de desviación no alternativa de fase para ondas -197- horizontalmente polarizadas.

10                   En el aislador de la figura 20, una lámina resistiva -201- va montada en una superficie interna del revestimiento cilíndrico de ferrita -202-, sustentado a su vez por la superficie interna del guiaondas conductor circular -203-. El campo magnético de polarización  
15                   -H- para el núcleo -202- se aplica al remate y la base del núcleo cilíndrico -202-, como indican las flechas de derivación. Cuando el modo  $TE_{11}$  está verticalmente polarizado, como señala la flecha continua -196- en el centro del conducto del guiaondas, la estructura de la figura 20  
20                   guarda con la expuesta en la figura 19 una relación similar a la existente entre las figuras 6 y 4, y mejora la desviación de campo. La estructura de la figura 20 no produce un efecto de desviación no recíproco de fase con ninguna polarización del modo  $TE_{11}$ , e incluso tiene características recíprocas de pérdida cuando el modo  $TE_{11}$  está  
25                   horizontalmente polarizado, como indica la flecha de trazos -197- en la figura 20.

30                   La figura 21 muestra un aislador de lámina resistiva por desviación de campo para el modo  $TE_{21}$ , con una orientación de campo señalada por las flechas -211-. Este

203024

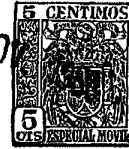


dispositivo para el modo  $TE_{21}$  es análogo a la estructura de la figura 20 para el modo  $TE_{11}$ , con una sola aleta resistiva-212- montada en el revestimiento tubular de ferrita -213- dentro de la guía conductiva -214-. El campo magnético -H- se aplica al núcleo a intervalos de 90° en torno de la circunferencia del revestimiento, según se expone, con los dos polos Norte en oposición, igual que los polos Sur. Según esta geometría, la distribución de campo para una dirección de propagación se desviará hacia el elemento resistivo -212-, y la distribución de campo para la dirección opuesta de transmisión se apartará del mismo, dando por resultado la atenuación no recíproca característica de todos estos aisladores con desviación de campo. Con los precedentes ejemplos como guía, es posible construir otros aisladores de lámina resistiva con desviación de campo para otros modos.

En la figura 22 se ilustra un atenuador no recíproco en el que se emplean los efectos de desviación de campo y de diferencia de velocidad de fase antes mencionados para producir por acumulación efectos convenientes de atenuación no recíproca.

En la figura 22, el guion conductor circular -221- encierra varios cilindros concéntricos de diversos materiales. Concretamente, de fuera a dentro, hay una delgada capa de material muy resistivo -222-, un cilindro de ferrita -223- de espesor apreciable, una hoja de resistencia -224-, un cilindro muy grueso -225- de material dieléctrico con algo de material disipante diseminado en el mismo, un cilindro hueco de ferrita en imantación permanente -226-, y un cilindro central de material

263 124



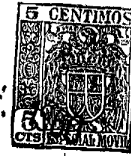
dieléctrico -227-, de composición similar a la del cilindro -225-. Se aplica un campo magnético circular al cilindro exterior de ferrita -223-, por medio de un carrete -228-. La imanación en este cilindro exterior -223- puede provenir de un generador adecuado -230- de corriente continua. El interruptor bipolar alternativo -229- facilita la inversión de polaridad de la imanación en el cilindro exterior de ferrita -223-.

Considerando los modos posibles de funcionamiento de la estructura de la figura 22, al excitarla en el modo  $TE_{01}$ , se apreciará que con igual sentido de imanación periférica en el cilindro exterior -223- que en el cilindro interior -226- permanentemente imanado, estos elementos, con el material disipante -223- y la hoja resistiva -224-, constituirán un aislador de desviación de campo. Pero siendo iguales los sentidos de los campos, aumentará la permeabilidad del cilindro interior para una dirección de propagación, y la del cilindro exterior para las ondas propagadas en sentido inverso, con lo que la desviación neta no recíproca de fase no será excesiva.

Quando se invierte el campo magnético y la energía de microonda es de frecuencia justamente superior al punto de corte, se combinan los factores de atenuación no recíproca resultantes de la desviación de campo y de la diferencia de velocidad de fase. Al principio, se advertirá que con los cilindros interior y exterior de ferrita imanados en sentidos circulares opuestos, presentarán ambos mayor permeabilidad para la misma dirección de propagación de ondas del modo  $TE_{01}$ . En la dirección de permeabilidad aumentada, el guíaondas funciona más cerca del

263024

26 NOV.



límite de corte, y aumentan las pérdidas por el dieléctrico disipante -225-, -227- y el revestimiento interno disipante -222- de la guía -221-. Al mismo tiempo, se produce desviación de campo, y la lámina de resistencia -224- entra en actividad para la atenuación no recíproca.

Aunque se han descrito específicamente muchos de los dispositivos, por ejemplo, precisando que el elemento paramagnético es de ferrita o que es constante el campo magnético polarizante aplicado, estas descripciones son simplemente ilustrativas, sin sentido alguno de limitación. Concretamente, en cualquiera de los dispositivos descritos pueden emplearse otros tipos de material paramagnético de baja conductividad, tales como los reseñados aquí. Además, puede notarse que los aisladores referidos implican a veces el uso de transiciones decrecientes en el punto en que el elemento no recíproco se acopla a las secciones normales del guíaondas.

Debe entenderse que las disposiciones antes descritas constituyen ejemplos de la aplicación de los principios del invento, sin el menor intento de exhibir hasta agotarlas todas las posibles formas de realización del mismo. Es evidente que los entendidos en la materia pueden imaginar muchas otras disposiciones sin apartarse del espíritu y alcance del invento.

25

N O T A

=====

Se reivindica como objeto de esta patente:

- 1) Atenuador no recíproco que comprende una estructura de guíaondas electromagnéticas, caracterizado porque esa estructura presenta un elemento de material de



baja pérdida por disipación, para propagar la energía ondulatoria electromagnética a fin de proporcionar una primera distribución del campo eléctrico para las ondas propagadas a través de una región del guíaondas en un sentido, y una segunda distribución de intensidad del campo eléctrico, diferente de la primera, para las ondas propagadas a través de dicha región del guíaondas en dirección opuesta a la anterior, manteniendo la dirección de los vectores del campo eléctrico de dicha energía ondulatoria en la referida región, substancialmente igual para ambas direcciones de propagación; y medios que responden a la diferencia entre las distribuciones primera y segunda del campo eléctrico, para convertirla en una atenuación no recíproca de la energía ondulatoria.

2) Atenuador no recíproco según la reivindicación 1, caracterizado porque el elemento de baja pérdida es de material giromagnético.

3) Atenuador no recíproco según las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque los medios que responden a la diferencia entre las distribuciones del campo eléctrico comprenden un material resistivo.

4) Atenuador no recíproco según la reivindicación 3, caracterizado porque dicho elemento está acoplado electromagnéticamente a la estructura del guíaondas, y desviado del eje longitudinal de la misma; y porque es alargado y el material resistivo tiene una característica de absorción de energía distinta de la del referido elemento, con el que está en relación contigua; y por comprender medios para aplicar un campo de polarización mag-



nética a dicho elemento, inferior a la potencia requerida para producir la resonancia giromagnética en el elemento a la frecuencia de la energía ondulatoria, estando las líneas de fuerza del campo polarizante en planos transversales al mencionado eje longitudinal.

5

5) Atenuador no recíproco según la reivindicación 4, caracterizado porque la estructura de guiaondas es metálica hueca, de sección transversal rectangular; el elemento giromagnético es una aleta situada dentro del guiaondas, paralela al eje longitudinal, y el material resistivo está dispuesto contiguo por lo menos a parte de una cara de la aleta.

10

6) Atenuador no recíproco según la reivindicación 5, caracterizado porque dentro del guiaondas va dispuesta una segunda aleta de un material giromagnético, y ambas aletas están dispuestas en lados opuestos del eje longitudinal de la guía.

15

7) Atenuador no recíproco según la reivindicación 6, caracterizado porque el material resistivo está situado entre la segunda aleta giromagnética y la primera, y porque al menos una de las aletas se halla espaciada transversalmente respecto a las dos paredes laterales menores del guiaondas rectangular.

20

8) Atenuador no recíproco.

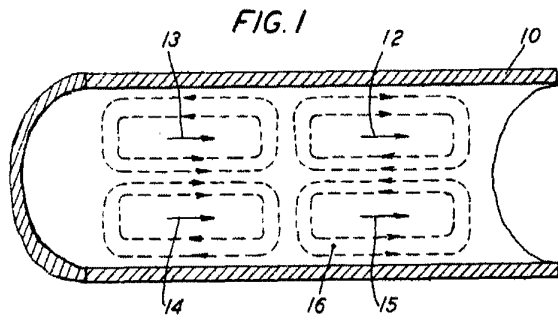
25

Esta memoria consta de veinticinco páginas escritas por una sola cara.

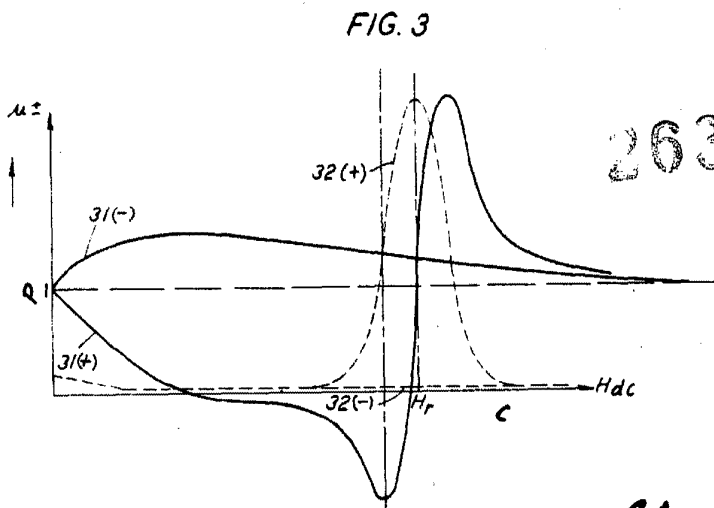
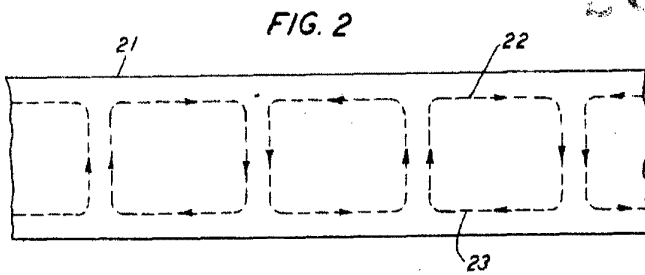
BARCELONA, 26 de Noviembre de 1960



263 C 24



263 C 24



263 C 24

P.L.  
NOSE  
H.E.C.



253 24

FIG. 4

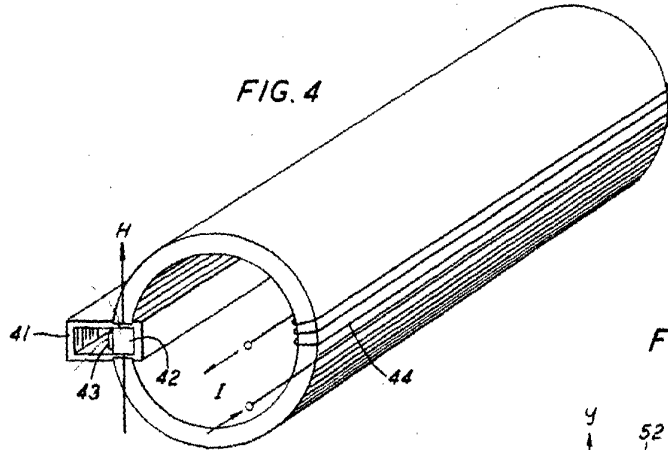


FIG. 5

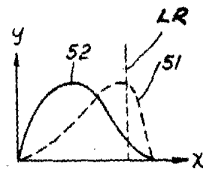


FIG. 6

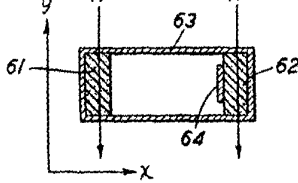


FIG. 7

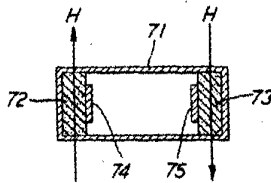


FIG. 8

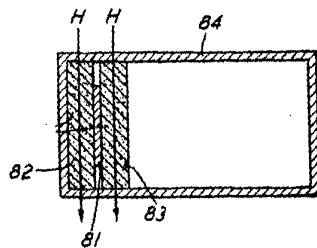


FIG. 9

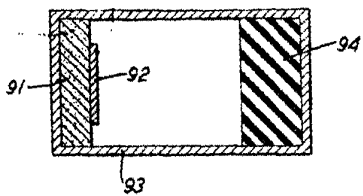


FIG. 10

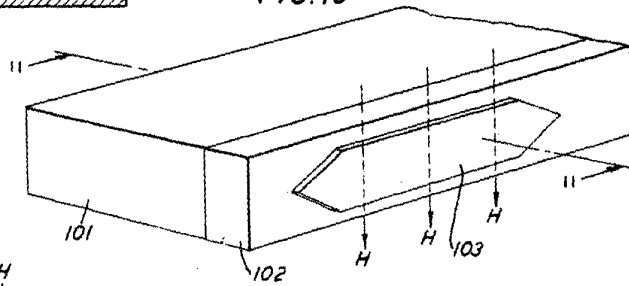
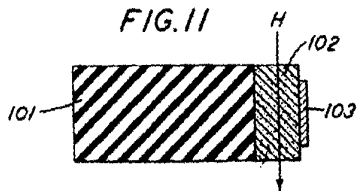
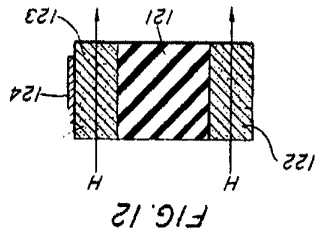
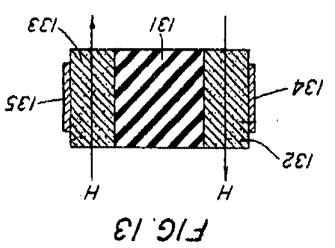
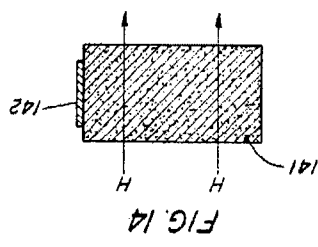
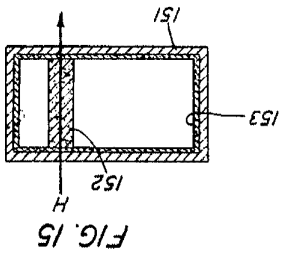
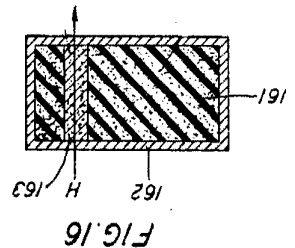
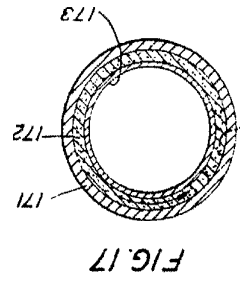
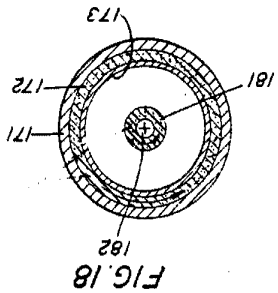


FIG. 11



*Handwritten scribbles and illegible text.*



263 24



WESTERN ELECTRIC Co. Inc.  
A HOIAS HOIA3  
G.E. MILLER

WESTERN ELECTRIC Co. Inc.



26

FIG. 19

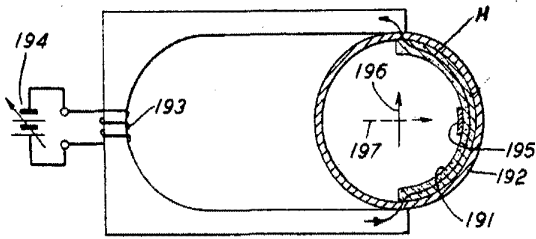


FIG. 20

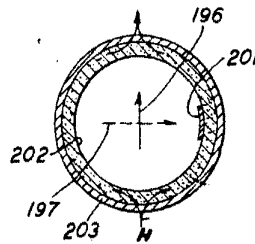
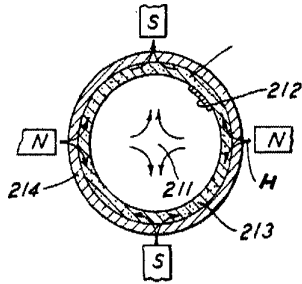
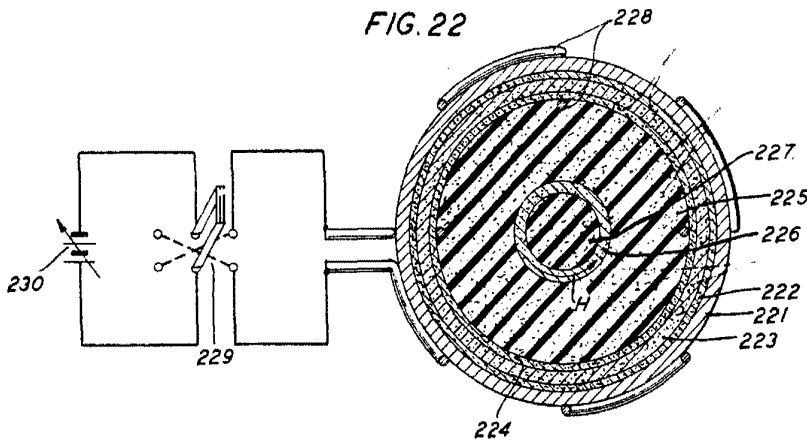


FIG. 21



263-24

FIG. 22



*S.E.*  
[Handwritten scribbles]