



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



⑪ Número de publicación: **2 120 893**

⑫ Número de solicitud: 9601636

⑬ Int. Cl.⁶: H01P 1/16

⑭

PATENTE DE INVENCION

B1

⑮ Fecha de presentación: **11.07.96**

⑯ Fecha de publicación de la solicitud: **01.11.98**

Fecha de concesión: **30.04.99**

⑰ Fecha de anuncio de la concesión: **16.06.99**

⑱ Fecha de publicación del folleto de patente:
16.06.99

⑲ Titular/es: **Universidad Pública de Navarra
Campus Arrosadia, s/n
Edificio Rectorado
31006 Pamplona, Navarra, ES**

⑳ Inventor/es: **Río Bocio, Carlos del;
Gonzalo García, Ramón y
Sorolla Aiza, Mario**

㉑ Agente: **No consta**

㉒ Título: **Conversor de modos: del modo TE₁₁ de guía circular monomodo al modo HE₁₁ de guía circular corrugada.**

㉓ Resumen:

Conversor de modos: del modo TE₁₁ de guía circular monomodo al modo HE₁₁ de guía circular corrugada. El componente presentado se engloba dentro de sistemas electromagnéticos de guiado de baja o media potencia a frecuencias de ondas milimétricas y microondas, y convierte de una manera eficiente el modo TE₁₁ de guía circular monomodo al modo HE₁₁ de guía circular corrugada.

Este componente se caracteriza por tener la pendiente nula a entrada y salida, enlazando dos perfiles hiperbólicos colocados con simetría impar con respecto al punto de unión, además de tener en la parte inicial un adaptador de impedancia superficial. Es un componente pasivo y reversible, lo que significa que es capaz de reconvertir el modo HE₁₁ de guía circular corrugada en el modo TE₁₁ de guía circular monomodo.

Aviso: Se puede realizar consulta prevista por el artº 37.3.8 LP.

Venta de fascículos: Oficina Española de Patentes y Marcas. C/Panamá, 1 - 28036 Madrid

ES 2 120 893 B1

DESCRIPCION

Título de la invención

Conversor de modos : Del modo TE_{11} de guía circular monomodo al modo HE_{11} de guía circular corrugada.

Sector de la técnica al que se refiere la invención

Sistemas electromagnéticos de guiado de baja y media potencia, a frecuencias de ondas milimétricas y microondas.

Estado de la técnica anterior:

El proceso de fabricación de componentes a frecuencias de ondas milimétricas y microondas, debido a que las posibles imperfecciones de las estructuras pueden resultar ser de tamaños considerables en relación a las pequeñas longitudes de onda, resulta muy caro.

Por otro lado, la generación de cierta potencia a estas altas frecuencias es también bastante costosa.

Normalmente, la fuente o generador de microondas y el experimento o cavidad en donde debemos aplicar la potencias están físicamente separados, por lo que se hace necesaria una línea de transmisión. Ya que las eficiencias de los generadores son bastante bajas, no podemos permitirnos el lujo de perder potencia en la línea de transmisión.

Principalmente, por las causas expuestas, interesa tener bastante bien estudiados y caracterizados los sistemas y componentes, en la primera etapa del diseño. Posteriormente, antes de proceder con el montaje de todo el sistema completo, deberemos comprobar mediante un test a baja potencia las prestaciones reales obtenidas por cada uno de los componentes del sistema completo.

Para poder realizar estas pruebas a baja potencia, muchas veces deberemos recurrir a componentes que no forman parte del sistema final, pero que intentan generar las mismas distribuciones de campo de salida de los generadores de alta potencia, sólo que a unas potencias mucho menores que nos permiten hacer ciertas medidas con cierta fiabilidad y seguridad.

En estos sistemas de test de baja o media potencia, debido a los niveles de potencia que se manejan y a las disponibilidades del mercado, se suelen utilizar osciladores basados en diodos Gunn, instalados en guías de onda monomodo, a las frecuencias de trabajo como dispositivo excitador.

Dependiendo de los requerimientos del sistema de test, se puede llegar a emplear una gran diversidad de componentes en este tipo de sistemas:

- adaptadores de guía monomodo rectangular TE_{10} a guía monomodo circular TE_{11} .
- antenas de formas diversas, ya sean monomodo o multimodo, o bien corrugadas o lisas.
- conversores de modos de guía monomodo a guía multimodo:
 - + TE_{10} de guía rectangular monomodo a TE_{01} de guía circular lisa sobredimensionada.

+ TE_{10} de guía rectangular monomodo a TE_{11} de guía circular monomodo.

+ TE_{11} de guía circular monomodo a HE_{11} de guía circular corrugada sobredimensionada.

El componente que aquí se presenta es concretamente este último que se encarga de convertir la potencia que incide en el modo TE_{11} , en una guía circular monomodo, en un modo HE_{11} en una guía circular corrugada de un radio ligeramente mayor.

Resultará de utilidad sobre todo para caracterizar sistemas que necesiten algún tipo de excitación gaussiana, ya que el modo HE_{11} tiene un alto índice de correlación con estructuras gaussianas.

Excitando con un modo TE_{11} en una guía sobredimensionada (Thumm, M., Jacobs, A. and Sorolla, M. "Design of short high-power TE_{11} - HE_{11} mode converters in highly overmoded corrugated waveguides". IEEE transactions Microwave theory and techniques, vol. 39, N° 2, February 1992, pp 301-309) dan una solución al problema.

Partiendo de guía monomodo, las únicas soluciones que existen hasta hoy en día se basan en la radiación posterior de una mezcla de modos con un patrón de radiación en campo lejano parecido al modo HE_{11} de guía corrugada (Potter, P.D. "A new horn antenna with suppressed sidelobes and equal beamwidths", Int. Journal Microwaves, 1963, pp 94-95) y (Olver, A.D., Clarricoats, P.J.B., Kishk, A.A. y Shafai, L. Capítulos 8 y 9 de "Microwave horns and feeds" IEE electromagnetics waves series 39, 1994).

Explicación de la invención:

Se presenta un componente basado en guía circular corrugada que convierte eficientemente del modo TE_{11} de guía circular monomodo al modo HE_{11} de guía circular corrugada. Además, desde el punto de vista de impedancias, se puede entender este componente como un componente que adapta eficientemente estos dos tipos de estructuras de guías de onda.

El componente se engloba dentro de aplicaciones de media y baja potencia trabajando a frecuencias de microondas y milimétricas (3GHz. hasta 300GHz.). En este amplio rango de frecuencias están incluidas las utilizadas en enlaces terrestres, enlaces vía satélite, etc.

Aunque el componente está pensado para aplicaciones de baja y media potencia, con un tratamiento adecuado del vacío interior, podría ser también utilizado para aplicaciones de cierta potencia.

La descripción del componente se realiza mediante fórmulas parametrizadas con la frecuencia de trabajo.

El componente se basa en ir variando de una forma controlada el radio de la guía, desde el diámetro pequeño de la guía monomodo, a un diámetro mayor de la guía corrugada de salida. Como se trata de variaciones simétricas del radio, el componente queda totalmente definido mediante una función de variación del radio a lo largo del componente.

El perfil del componente está compuesto por dos tramos idénticos colocados con simetría impar con respecto al punto de unión. Cada tramo es una hipérbola definida:

$$y(z) = R_{in} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda z}{2 \pi \alpha R_{in}^2} \right)^2} \quad (1)$$

donde α es un parámetro que controla la pendiente máxima del conversor, que para un correcto funcionamiento debe ser un valor cercano a 1.3, R_{in} el valor del radio de entrada (guía circular monomodo), y λ es la longitud de onda, calculada a partir de la frecuencia mediante la relación siguiente:

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

siendo f la frecuencia de trabajo y c la velocidad de la luz en el vacío ($3 \cdot 10^8$ m/s).

Los dos tramos, se deben componer de manera que la derivada del componente en todos los puntos sea continua, por lo tanto:

$$r(z) = \begin{cases} y(z) & z < L/2 \\ -y(L-z) + y_0 & z \geq L/2 \end{cases} \quad (3)$$

siendo L la longitud total del componente, y estando definida y_0 como el valor del radio en el punto intermedio de unión:

$$y_0 = 2 \cdot y(L/2). \quad (4)$$

En la figura 1, tenemos representado de una manera esquemática el componente completo, con los parámetros más significativos.

Debido a que se pretende excitar en la guía corrugada un modo propio determinado, HE_{11} , el radio de salida está fijado a un valor, parametrizado con la longitud de onda, situado entre 0.7λ y 0.8λ .

Si suponemos que partimos de una guía circular monomodo, aproximadamente 0.4λ , podemos calcular fácilmente la longitud que deberá tener el componente en cuestión, que variará entre los valores de 2.4λ y 2.9λ , según sea el radio de salida elegido.

Como se puede apreciar, la longitud de estos componentes es relativamente pequeña, ya que como máximo llega a significar tres veces la longitud de onda de trabajo.

Adicionalmente, y superpuesto en la parte inicial del componente, se coloca un adaptador de profundidad de corrugación desde $\lambda/2$ al principio hasta $\lambda/4$, valor habitual para la profundidad de corrugación. La misión de este adaptador es mantener una continuidad de impedancias en la interfase entre los dos tipos diferentes de guías de onda.

La longitud de este adaptador de impedancia superficial, se determinará por la distancia a la cual el radio menor de la corrugación permita la propagación del modo TM_{11} .

Ejemplo de realización

Se pretende excitar una guía corrugada de radio arbitrario con una estructura de campos correspondiente al modo HE_{11} . Para conseguirlo se dispone de un diodo Gunn, componente más habitual para este tipo de sistemas de media y baja potencia, instalado en el interior de una guía de ondas circular monomodo. Este diodo Gunn es capaz de excitar en el interior de la guía de ondas monomodo un modo TE_{11} más o menos puro.

La frecuencia de trabajo es de 53,2GHz., lo que corresponde con una longitud de onda de aproximadamente 5,635mm. Con el componente que aquí se presenta, es posible conectar la guía circular monomodo que tiene instalado el diodo Gunn, con una guía de onda circular corrugada de un radio de 0,7 o 0,8 veces la longitud de onda. Una vez alcanzado este valor de radio, y haber conseguido la distribución de campo del modo HE_{11} , mediante técnicas ya conocidas, ampliando de manera controlada el radio de la guía (J.L.Doane: "Parabolic tapers for overmoded waveguides", Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves, Vol. 5, n° 5, 1984, pp 737-751), podemos alcanzar el radio de la guía deseado.

El radio de la guía monomodo más comercial, suele ser un valor aproximado de 0,4 veces la longitud de onda (2,096mm.). El radio para el cual empieza a propagarse el modo TM_{11} , que será el que determinará la longitud del adaptador de impedancia superficial, es de $0,6\lambda$ (3,381mm.). En este caso, al ser la salida de $0,8\lambda$ (4,651mm.), la longitud del adaptador será aproximadamente la mitad del componente.

La longitud del componente global será de $2,9\lambda$, es decir, 16,46mm. aproximadamente, y la longitud del adaptador a unos 8mm.

Los resultados obtenidos mediante una simulación de este componente son los siguientes:

$$TE_{11} \rightarrow 84,9149\% \quad -83,5659^\circ$$

$$TM_{11} \rightarrow 14,7400\% \quad -82,8949^\circ$$

lo que supone una eficiencia de conversión a un modo HE_{11} teórico (por ejemplo definido en "Optical propagation of the HE_{11} mode and gaussian beams in hollow circular waveguides", J.P.Crenn, 1993 Plenum Publishing Corporation), de aproximadamente un 98,558%.

Una vez obtenido un modo HE_{11} , con una pureza modal del 98,558%, podemos utilizar técnicas convencionales de aumentar el radio de la guía de ondas manteniendo la estructura de campos interna, minimizando el acoplo a modos espúrios (J.L.Doane: "Parabolic tapers for overmoded waveguides", Int. Journal of Infrared and Millimeter Waves, Vol. 5, n° 5, 1984, pp 737-751).

Aplicación

La aplicación básica de este componente es la generación del modo HE_{11} , a partir de una excitación en guía circular monomodo, TE_{11} .

Esta aplicación básica entra en una gran variedad de sistemas. Desde sistemas de caracterización de componentes en baja potencia, hasta sistemas de comunicaciones, ya sea vía satélite o entre estaciones terrenas.

El conversor de modos presentado, como dispositivo pasivo que es, puede ser utilizado indistintamente en ambos sentidos, lo que hace posible

la detección mediante una medida de potencia sobre la guía circular monomodo.

5

10

15

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Componente de sistemas electromagnéticos de guiado de energía de frecuencias de ondas milimétricas y microondas consistente en un conversor de modos que convierte el modo TE₁₁ (modo propio) de guía circular monomodo al modo HE₁₁ (modo propio) de guía circular corrugada, y viceversa, **caracterizado** por que el radio de la guía de onda cerrada corrugada varía de forma determinada desde el diámetro pequeño de la guía monomodo a un diámetro mayor de la guía corrugada de salida, estando el componente compuesto por dos tramos definidos por la misma función (1) colocados con simetría impar con respecto al punto de unión, de manera que cada tramo es una hipérbola definida por la ecuación (1)

$$y(z) = R_{in} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda z}{2 \pi \alpha R_{in}^2} \right)^2} \quad (1)$$

donde α es un parámetro que controla la pendiente máxima del conversor, R_{in} es el valor del radio de entrada (guía circular monomodo), y λ es la longitud de onda, calculada en función de la frecuencia mediante la relación (2)

$$\lambda = \frac{c}{f} \quad (2)$$

siendo f la frecuencia de trabajo y c la velocidad de la luz, todo ello de tal forma y configuración que la derivada del perfil del componente en todos los puntos es una función continua, cumpliéndose la ecuación (3)

$$r(z) = \begin{cases} y(z) & z < L/2 \\ -y(L-z) + y_0 & z \geq L/2 \end{cases} \quad (3)$$

siendo L la longitud total del componente, y estando definida y_0 como el valor del radio en el punto intermedio de unión de acuerdo con la expresión (4)

$$y_0 = 2 \cdot y(L/2). \quad (4)$$

2. Componente de sistemas electromagnéticos de guiado de energía de frecuencias de ondas milimétricas y microondas según Reivindicación 1 **caracterizado** por que, superpuesto en la parte inicial del componente, se coloca un adaptador de impedancia superficial de profundidad de corrugación desde $\lambda/2$ al principio hasta $\lambda/4$.

3. Componente de sistemas electromagnéticos de guiado de energía de frecuencias de ondas milimétricas y microondas según reivindicaciones 1 y 2 **caracterizado** por que la longitud del adaptador de impedancia superficial viene determinada por la distancia a la cual el radio menor de la corrugación permite la propagación del modo TM₁₁.

4. Componente de sistemas electromagnéticos de guiado de energía de frecuencias de ondas milimétricas y microondas según reivindicaciones anteriores **caracterizado** por que el parámetro α de la ecuación (1)

$$y(z) = R_{in} \sqrt{1 + \left(\frac{\lambda z}{2 \pi \alpha R_{in}^2} \right)^2} \quad (1)$$

es de un valor cercano a 1,3.

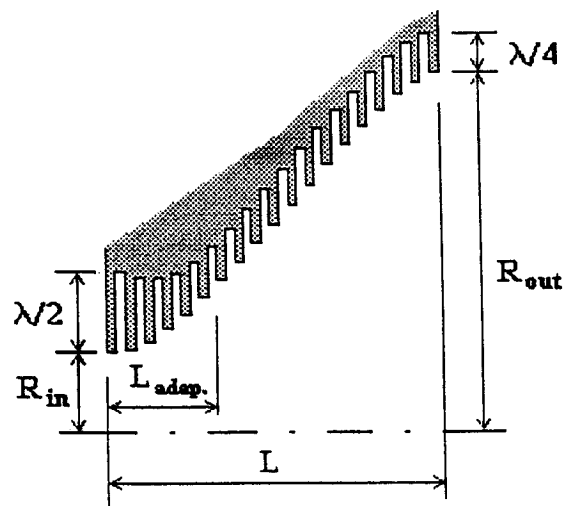


Figura 1



OFICINA ESPAÑOLA
DE PATENTES Y MARCAS
ESPAÑA

- ⑪ ES 2 120 893
⑫ N.º solicitud: 9601636
⑬ Fecha de presentación de la solicitud: 11.07.96
⑭ Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑮ Int. Cl.⁶: H01P 1/16

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	WO 8502945 A (TELEBRAS) 04.07.1985, todo el documento.	1,2
A	WO 8401472 A (HUGHES AIRCRAFT) 12.04.1984, todo el documento.	1,2
A	US 4956620 A (MOELLER) 11.09.1990	
A	THOMAS. "Mode conversion using circumferentially corrugated cylindrical waveguide". Electronics Letters, 27 Julio 1972, Vol. 8, n.º 15, páginas 394-396.	2,3
A	R.J. VERNON et al. "Design of a TE ₁₁ -to-HE ₁₁ mode converter in a highly over-moded corrugated circular waveguide to be used as a reflector feed for plasma heating". Antennas and Propagation Symposium Digest (Cat. N.º: 85CH2128-7). New York (USA); IEEE, 1985, páginas 327-330, Vol. 1.	2
Categoría de los documentos citados X: de particular relevancia Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría A: refleja el estado de la técnica O: referido a divulgación no escrita P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud		
El presente informe ha sido realizado ☒ para todas las reivindicaciones ☐ para las reivindicaciones n.º:		
Fecha de realización del informe 24.09.98	Examinador E. Rolán Cisneros	Página 1/1