CARACTERIZACION DE TRANSISTORES DE MICROONDAS MEDIANTE LA TECNICA DE CALIBRACION TRL

L. PRADELL, C. SABATER, E. ARTAL, A. COMERON, I. CORBELLA
Dept. de T.S.C. - Grupo A.M.R.
E.T.S.E. Telecomunicació - U.P.C.
Apdo. 30002, 08080 - Barcelona

ABSTRACT

In this paper, the design of a Microstrip Test Fixture for TRL calibration is described. Experimental results for S-parameters measurement of a GaAs FET chip in the 3-22 GHz frequency range are presented. Repeatability of connections and measurements is discussed and experimental results are also presented.

INTRODUCCION

En el diseño de amplificadores híbridos en las bandas de microondas y ondas milimétricas, es a menudo necesaria la medida precisa y repetible de los parámetros S de transistores chip GaAs FET y HEMT. El método de calibración TRL (THRU-REFLECT-LINE [1]), ofrece dos importantes ventajas al trabajar en microstrip. La primera consiste en que los estandars de calibración son más sencillos de obtener y resultan menos críticos [2] que los empleados en otros métodos de calibración como el OSL (Open-Short-Load).En este trabajo se describe el diseño de un conjunto de circuitos de calibración y medida (Test Fixture) en microstrip para calibración TRL, y se presentan resultados de medidas de parámetros S de un transistor chip comercial hasta 22 GHz utilizando esta técnica. También se discute y mide la repetibilidad de conexiones y medidas.

DISEÑO DE UN TEST FIXTURE MICROSTRIP PARA CALIBRACION TRL

Los factores claves en el diseño de este tipo de sistemas son la repetibilidad de las transiciones coaxial-microstrip en el Test Fixture, la similitud de las dos cargas de alto coeficiente de reflexión (REFLECTS) utilizados en el conjunto de estandars, y la precisión en la longitud de las líneas de transmisión requeridas para la implementación de los estandars y del carrier del dispositivo a medir.

Existen varias referencias en la literatura sobre Test Fixture microstrip en bandas de hasta 46 GHz [3], [4], [5]. El método seleccionado para asegurar una buena repetibilidad minimizando los efectos parásitos, ha sido la implementación de un Test Fixture compuesto por tres piezas separadas [3]: la pared lateral soporte del conector de entrada, el soporte central (donde se sitúan los estandars de calibración y los carriers de los dispositivos a medir), y la pared lateral soporte del conector de salida. La estructura debe montarse en cada paso de calibración o medida. La figura 1 muestra las distintas piezas que componen el Test Fixture diseñado.

El contacto eléctrico (ver la figura 2) se efectúa por presión vertical. Todos los estandars y el carrier del chip tienen una repisa especialmente diseñada, mediante la que se asegura la continuidad del plano de masa (para ambos conectores) por contacto con su correspondiente repisa mecanizada en las paredes laterales soporte de los conectores. Con ello se consigue a su vez una minimización de los caminos de masa. El contacto del pin del conector con la línea de transmisión microstrip se efectúa simultáneamente al contacto de masa.

Todas las piezas han sido fabricadas en latón, al que se ha aplicado un baño de oro. Los conectores utilizados son del tipo SMA, utilizables hasta 22 GHz. El substrato escogido es Cu-Clad 217 (Er= 2.17, h=

0.254 mm). Las longitudes del THRU y del LINE (10 y 14.5 mm respectivamente), permiten calibrar y medir dentro de la banda de frecuencias de 3 a 22 GHz. Los REFLECTS son sendos cortocircuitos implementados al final de dos líneas microstrip de 5 mm cada una. Todas las líneas de los estandars y del carrier del chip están montadas en el interior de un canal de 3.5 mm de anchura por 3 mm de altura, que en realidad constituye una guía rectangular en corte para evitar la propagación de modos superiores.Todas las dimensiones mecánicas han sido comprobadas meticulosamente con el fin de obtener un perfecto acoplo en todas las transiciones.

MEDIDAS DE PARAMETROS S CON EL TEST FIXTURE

El transistor GaAs FET sin encapsular (chip) escogido para realizar las medidas ha sido el FSX02X de Fujitsu.

Utilizando los estandars implementados, se efectuó una calibración TRL de todo el sistema de medida. En todo el proceso de medida y calibración se ha utilizado el analizador automático de redes HP 8510B, el cual incluye el software necesario para la calibración TRL. En la figura 3 se muestran los parámetros S medidos del chip, incluyendo los hilos de termocompresión y todas las capacidades parásitas asociadas. Estas capacidades parásitas pueden, a su vez, obtenerse de la medida del chip con los hilos de termocompresión de puerta y de drenador desconectados [7]. A partir de estos datos y de los parámetros del transistor medidos, pueden calcularse los parámetros S correspondientes al chip (incluyendo siempre el efecto de los hilos de termocompresión), observándose diferencias poco significativas con respecto a los resultados del chip incluyendo efectos parásitos (2° en fase y 0.1 dB en módulo como máximo).

La comparación de los parámetros S del chip medidos, con los que facilita el fabricante en las especificaciones técnicas (figura 3), arroja el resultado de una pequeña desviación en módulo. La desviación en fase es sólo significativa en el parámetro S12 (54° de desviación máxima a 20 GHz). Las causas de estas divergencias pueden ser las diferencias entre las condiciones de medida utilizadas por el fabricante y las utilizadas en nuestro caso (substrato, longitud de hilos de termocompresión, condiciones de apantallado).

MEDIDAS DE REPETIBILIDAD

La repetibilidad de los conectores, adaptadores y transiciones puede definirse [6] como el módulo del vector diferencia entre medidas repetidas del coeficiente de reflexión. En nuestro caso, sólo la transición coaxial-microstrip es variable (desconexiones y conexiones sucesivas) a lo largo del proceso de calibración y medida.

La repetibilidad obtenida para un ciclo de desconexión-conexión de la transición pin-micostrip se muestra en la figura 4. La cota mínima de repetibilidad es de -30 dB. Gracias a las posibilidades que ofrece el HP 8510B, tenemos la opción de hacer medidas en el dominio del tiempo, de tal forma que mediante la aplicación de ventanas podremos aislar la respuesta de la parte del circuito que nos interese (en nuestro caso concreto el contacto del pin del conector con la pista microstrip). Esta respuesta enventanada puede transformarse de nuevo al dominio frecuencial, obteniéndose la característica más lisa mostrada en la figura 4, y cuya cota de repetibilidad se encuentra en los -44 dB. Sin embargo la precisión del proceso de calibración viene limitada por la repetibilidad de la transición bajo condiciones más restrictivas, como por ejemplo el cambio de estandar (-37 dB)(ver figura 5).

Otro elemento que de manera más indirecta también limita la precisión de la calibración es la diferencia existente entre los cortocircuitos utilizados como cargas reflectivas. En la figura 7 pueden

observarse unas diferencias máximas de -18 dB en la parte superior de la banda estudiada.

La repetibilidad de los parámetros S medidos bajo una misma calibración TRL, puede definirse como |Sij-Sij'|, donde Sij' es el parámetro medido después de una desconexión-conexión del pin del conector con la pista microstrip. La cota de repetibilidad se obtiene en los -30 dB. Si definimos el error relativo para este caso como |Sij-Sij'|/|Sij|, se puede calcular el porcentaje de dispersión de la serie de medidas en función de la frecuencia (ver figura 6). El peor de los valores obtenidos es de 5.5% para el parámetro S21.

CONCLUSIONES

Se ha presentado el diseño de un test fixture microstrip para calibración TRL que permite medidas de parámetros S de transistores chip GaAs FET en la banda de 3 a 22 GHz. Los resultados experimentales muestran pequeñas desviaciones con respecto a los datos ofrecidos por el fabricante (excepto para la fase de S12). También se han medido las capacidades parásitas de circuito abierto de las líneas microstrip a las que se conecta el dispositivo a medir mediante los hilos de termocompresión, obsevándose que su influencia sobre los parámetros S del chip medidos es poco significativa.

Se ha estudiado la repetibilidad de la transición coaxial-microstrip. Los resultados experimentales (usando ventanas en el dominio temporal), muestran que el cambio de estandar en el proceso de calibración es el que limita la repetibilidad, obteniéndose una cota de la misma de -37 dB.

También se ha medido la falta de similitud entre los dos cortocircuitos utilizados como cargas reflectivas (REFLECT), que también nos limita de forma indirecta la precisión del proceso de calibración global, observándose una cota de -18 dB.

Se ha definido también la repetibilidad de las series de parámetros S medidos bajo una misma calibración TRL. Los resultados muestran que el ciclo de desconexión-conexión es el factor que limita la repetibilidad obteniéndose una cota de la misma de -30 dB.

AGRADECIMIENTOS

Los autores desean agradecer al responsable del taller mecánico Sr. Alfredo Cano su colaboración en el diseño y realización de las piezas que componen el Test Fixture.

Este trabajo ha sido desarrollado con soporte de TELEFONICA (Contrato ref.UPC TC-368).

REFERENCIAS

[1] G.F. Engen, C.A. Hoer
"Thru-Reflect-Line: An improved technique for calibrating the dual six-port automatic network analyzer"
IEEE Trans. M.T.T., vol. MTT-27, no. 12, dic. 1979, pp. 987-993

[2] HEWLETT PACKARD Co.
Product Note 8510-8
"Applying the HP 8510B TRL calibration for non-coaxial measurements"

[3] P. Bagley Ross, B.D. Geller
"A broadband microwave test fixture"
Microwave Journal, vol. 30, no. 5, may 1987, pp. 233-248

[4] H.F. Cooke
"A universal fixture for transistor chip and microwave amplifier measurement"
Micowave Systems News, vol. 17, no. 3, pp. 64-70, mar. 1987

[5] R.J. Lang, W.P. Jewett, J.D. Merrill
"Tests fixtures for frequencies from DC to 75 GHz"
Microwave Journal, vol. 31, no. 5, pp. 367-371, may 1988

[6] CASCADE MICROTECH, Inc.
"Repeatability: The key to accurate microstrip measurements"
Microwave Journal, vol. 31, no. 4, pp. 160-163, abril 1988

[7] D. Brubaker, J. Eisenberg
"Measure S-parameters with the TSD Technique"
Microwaves & RF, vol. 24, no. 11, pp. 97-101,159, nov. 1985

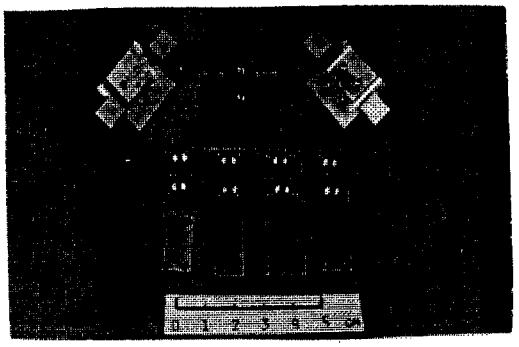


Figura 1 - Test Fixture

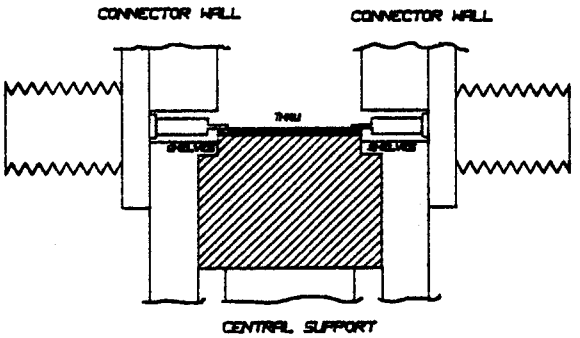
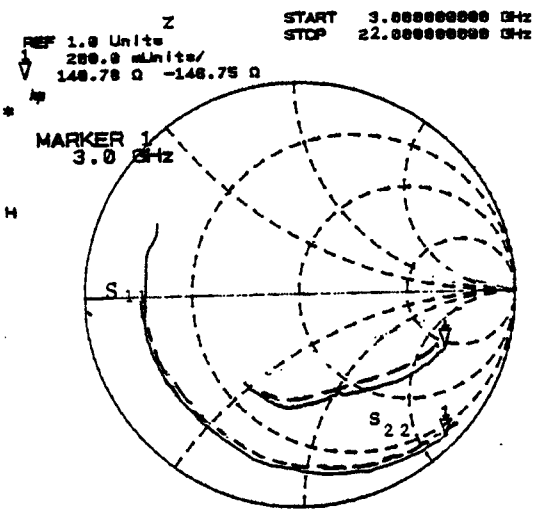
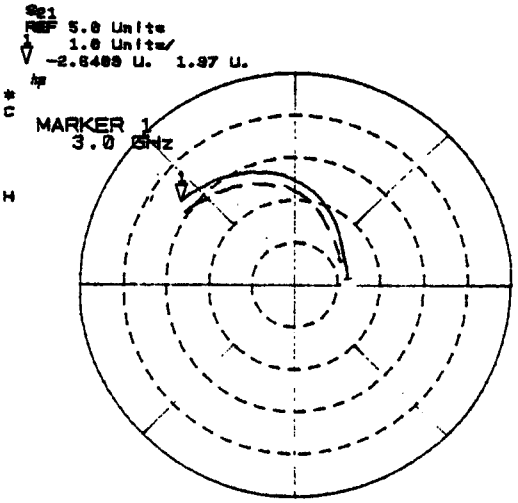


Figura 2 - Contactos eléctricos entre paredes laterales y soporte central





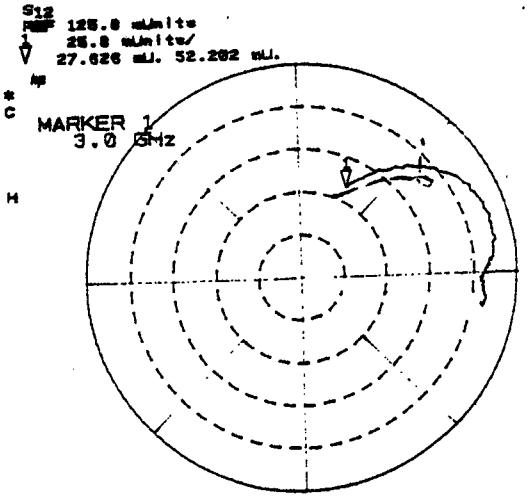


Figura 3 - Parámetros S del FSX02X
——— medidas 3-22 GHz
- - - - fabricante 3-20 GHz

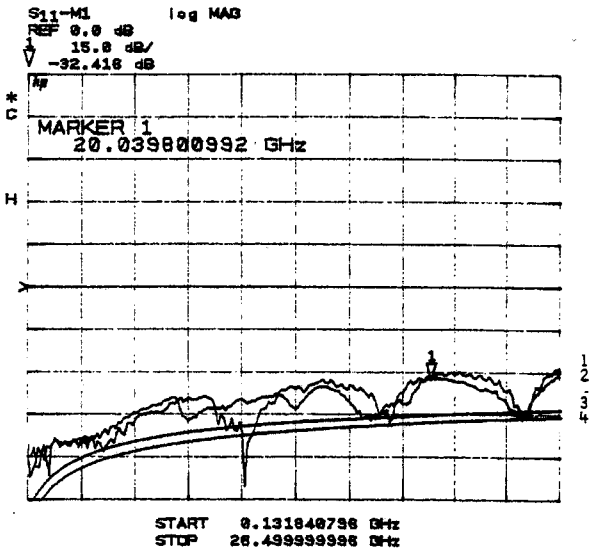


Figura 4 - Repetibilidad de la transición
1- Transición 1
2- Transición 2
3- Transición 1 (enventanada)
4- Transición 2 (enventanada)

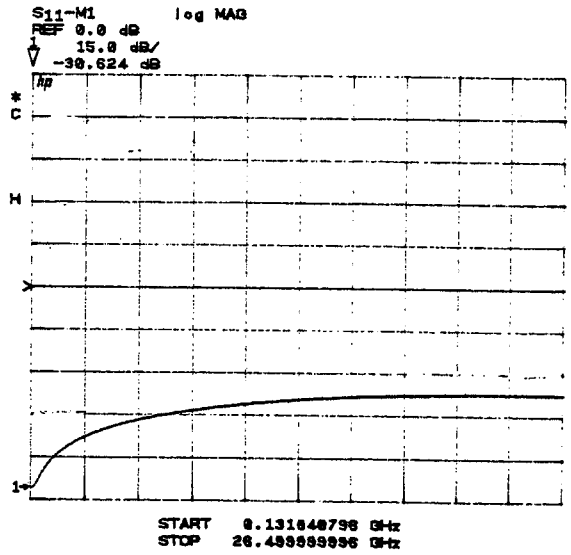


Figura 5 - Repetibilidad de la transición (Cambio de estandar)

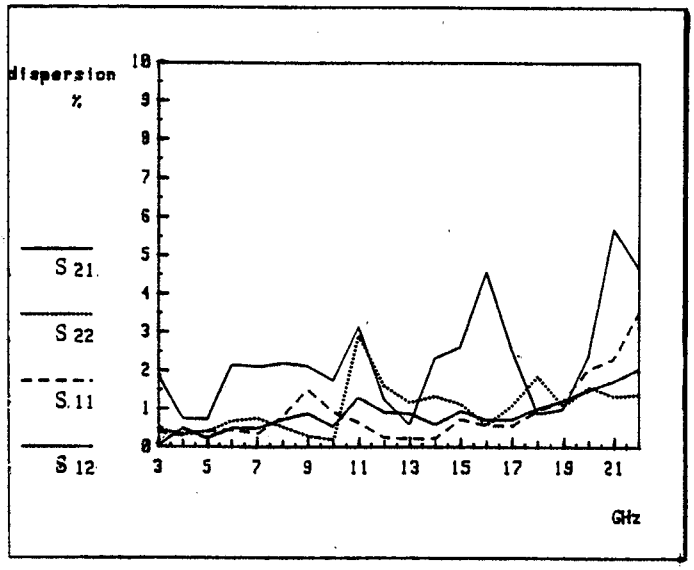


Figura 6 - Porcentage de dispersión de una serie de medidas

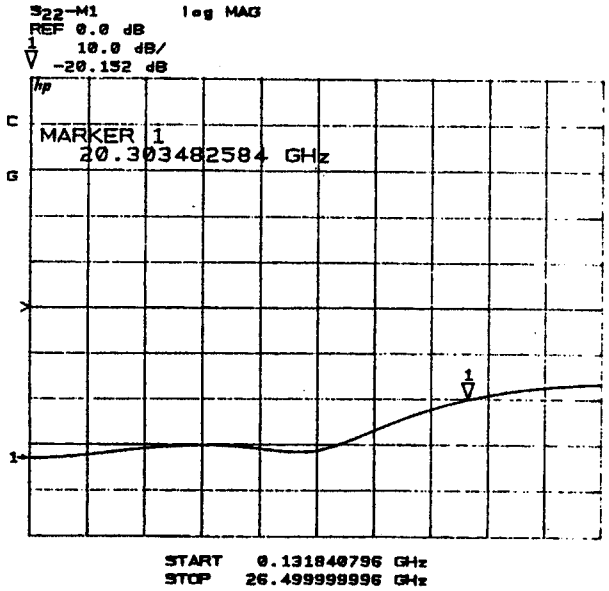


Figura 7 - Repetibilidad entre cortocircuitos del REFLECT