

NUEVO MODELO DE CAPACIDAD DE PUERTA PARA TRANSISTORES MESFET DE MICROONDAS INCLUYENDO EFECTOS OPTICOS

J.M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega, Juan Saiz-Ipiña, A. Mediavilla

Departamento Ingeniería de Comunicaciones
UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
jose.zamanillo@unican.es

ABSTRACT

A new set of pseudo-empirical equations are presented in order to simulate the optical and bias dependencies of GaAs MESFET junction capacitances, which is valid for the whole I-V plane. The variations induced in the small signal equivalent circuit by the optical illumination are extracted from on-wafer scattering parameter measurements. New linear and quasi-logarithmic variations versus the incident optical power are shown for gate-to-drain and gate-to-source (C_{gd} and C_{gs}) capacitances. Furthermore, experimental results are in very good agreement with the simulated values for a wide range of optical power and bias conditions.

1. INTRODUCCIÓN

En los últimos años se ha experimentado un espectacular desarrollo de la tecnología de fabricación de los circuitos integrados monolíticos de microondas, cuyos componente fundamental suele ser el dispositivo MESFET/HEMT. Por otro lado, se pueden encontrar los sistemas ópticos basados en dispositivos optó-electrónicos, tales como diodos LED, láser, p-i-n, etc. [1-3]. Ambas disciplinas emplean para la construcción de sus circuitos principalmente el AsGa y otros compuestos correspondientes a las columnas III-V de la tabla periódica, existiendo una compatibilidad entre ambas tecnologías. La integración de dispositivos ópticos y de microondas en el mismo chip da lugar a los denominados OMMICs (Optical Microwave Monolithic Integrated Circuits).

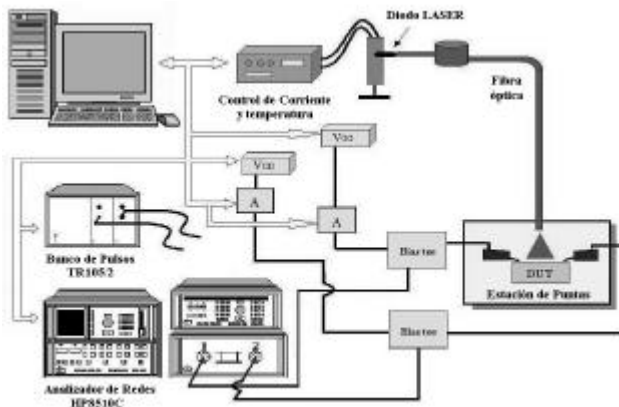


Figura 1. Esquema de la interconexión del equipo.

Este trabajo efectúa una completa caracterización de las capacidades de puerta C_{gs} y C_{gd} de un transistor MESFET en función de la potencia óptica aplicada. Cuando se ilumina un MESFET de GaAs se produce un fenómeno de absorción en las regiones gate-drain y gate-source, el cual induce dos efectos: uno de tipo fotovoltaico y otro de naturaleza fotoconduccion. Nuestro grupo ha investigado las características dinámicas de gran señal de los dispositivos MESFET de AsGa bajo iluminación óptica, y ha desarrollado el primer modelo electro-óptico para la fuente de corriente (I_{ds}), el cual incluye los efectos de la iluminación óptica y la dependencia con el punto de polarización [4], [5].

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Para establecer un modelo que incluya los parámetros ópticos, se han realizado medidas en DC y pulsadas, así como de parámetros de scattering a diferentes potencias ópticas mediante una estación de puntas Cascade SUMMIT 9000, nuestro banco de pulsos TR-105 y el analizador de redes HP8510C a una familia de MESFET proceso F20 de GEC-Marconi con diferentes longitudes de puerta. Aunque estos dispositivos no han sido diseñados para ser utilizados en aplicaciones ópticas, poseen la suficiente eficiencia óptica para permitir la observación y la medida de este tipo de interacción. La iluminación óptica ha sido generada mediante un diodo láser modelo SDL5301-G1 con $\lambda=0.83\mu\text{m}$ y una máxima potencia óptica de 12.5mW. La salida del diodo láser se ha guiado hacia el transistor MESFET mediante una fibra monomodo (5/125), cuyo final era orientado mediante un micro-posicionador para iluminar la zona activa (fingers) del MESFET de AsGa. El montaje experimental se muestra en la Fig. 1. Hay que remarcar que no se han añadido resistencias externas en Gate en el circuito de polarización. Las condiciones de iluminación mediante perfil Gausiano de campo lejano se han obtenido a partir de las características de la fibra. El diámetro de dicho haz al final de la fibra es de $W_0 = 3.1\text{ mm}$, y el ángulo de difracción, de $\phi = 0.085\text{ rad}$.

3. MODELO DE CAPACIDAD

Se ha efectuado una serie de medidas de parámetros de scattering en el rango de 0.5 a 26.5 GHz, para diferentes potencias ópticas. El circuito equivalente de pequeña señal del transistor MESFET ha sido calculado utilizando las técnicas clásicas de mostradas en [6]. Nuestro interés se ha localizado en modelar las variaciones de los valores de las capacidades C_{gs} y C_{gd} cuando el dispositivo está sujeto a iluminación óptica. Para poder desarrollar una expresión que ajuste fielmente dichas variaciones, teniendo en

cuenta los efectos ópticos se ha partido del modelo desarrollado por Scheinberg [7], el cual ha sido modificado para tener en cuenta la potencia óptica incidente (PL). Como C_{gd} muestra una dependencia lineal con la potencia óptica, la nueva ecuación incluyendo este parámetro puede establecerse como sigue:

$$C_{gd} = C_{gdo} \cdot \left\{ 1 + C_f \cdot \tanh \left(S_g \cdot [V_{GD} - D_c \cdot \tanh(D_k \cdot V_{GS})] \right) \right\} + m \cdot PL \quad (1)$$

donde C_{gdo} , C_f , S_g , D_c , and D_k son los parámetros propuestos por Scheinberg y m es una nueva constante semiempírica introducida para incluir la potencia óptica como una nueva variable. La ecuación de la capacidad gate-source es:

$$C_{gs} = C_{gso} \cdot \left\{ 1 + C_{fgs} \cdot \tanh \left(S_g \cdot [V_{GS} - D_{cgs} \cdot \tanh(D_k \cdot V_{GD})] \right) \right\} \quad (2)$$

La correcta descripción de esta capacidad bajo iluminación es más complicada que en caso de C_{gd} , por ello es necesario ajustar ciertos parámetros en función de la potencia óptica como se muestra:

$$C_{gso} = C_1 + \frac{C_2 \cdot PL + C_3 \cdot PL^2}{1 + C_4 \cdot PL^{C_5}} \quad (3)$$

$$C_{fgs} = A + \frac{B \cdot PL}{1 + C \cdot PL^D} \quad (4)$$

$$D_c = D_{c1} + \frac{D_{c2} \cdot PL + D_{c3} \cdot PL^2}{1 + D_{c4} \cdot PL^{D_{c5}}} \quad (5)$$

donde C_1 , C_2 , C_3 , C_4 , A , B , C , D , D_{c1} , D_{c2} , D_{c3} , D_{c4} y D_{c5} son constantes semi-empíricas.

La Fig. 2(a) muestra los valores medidos y simulados del parámetro C_{gso} frente a la potencia óptica utilizando nuestra aproximación. En dicha gráfica se puede observar la dependencia cuasi-logarítmica de dicho parámetro y el buen ajuste del mismo, así como de los otros parámetros (C_f y D_c). Los valores medidos y modelados de C_{gs} en función de V_{ds} y V_{gs} bajo una iluminación óptica de 10 mW se muestra en la fig. 2(b). Pensamos que es el primer modelo que ofrece este grado de precisión en función de la polarización y la potencia óptica.

4. CONCLUSIONES

Se ha presentado un nuevo modelo de capacidad que tiene en cuenta el comportamiento del MESFET bajo iluminación láser. La no incorporación de elementos eléctricos adicionales hace del mismo un firme candidato a ser introducido en simuladores comerciales y así poder diseñar OMMICs más precisos y fiables. Este trabajo ha sido financiado mediante el proyecto CICYT TIC 95/0364.

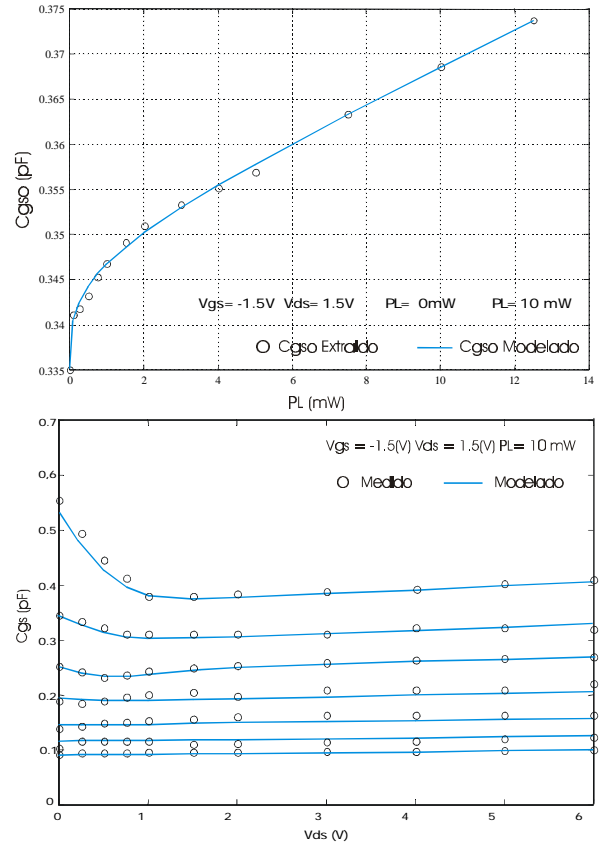


Figura 2. (a) C_{gso} medido versus modelado. (b) C_{gs} medido versus modelado.

5. REFERENCIAS

- [1] Govind P. Agrawal, "Fiber-Optic Communication Systems", 2nd Edition, Wiley-interscience publication, New York, John Wiley & Sons, Inc., 1997.
- [2] Rainee Simons, Optical Control of Microwave Devices, Artech House, Norwood, 1990.
- [3] Govind P. Agrawal, Fiber-Optic Communication Systems, John Wiley & Sons, New York, 1997.
- [4] A.Mediavilla, A.Tazón, J.L.García, T.Fernández, J.A.García, J.M. García, C.Navarro, J.M.Zamanillo. "Dynamic Properties and Modelling of Large Signal, Thermal, Optical and Intermodulation Effects in Microwave GaAs Devices" IEEE MTT Symp Digest, Denver, Jun. 1997.
- [5] C. Navarro, J.M. Zamanillo, A. Mediavilla, J.L. García. "Large Signal Dynamic Properties of GaAs MESFET/HEMT Devices under Optical Illumination" Proc. of the GaAs'98 Symposium, pp. 350-354, Amsterdam, Oct. 1998.
- [6] G. Dambrine, A. Cappy, F. Heliodore, and E. Playez, "A New Method of determining the FET small-signal equivalent circuit," IEEE Trans. MTT, Vol 36, pp. 1151-1159, July 1988.
- [7] Norman Scheinberg and Ellis Chisholm, "A Capacitance Model for GaAs MESFET" IEEE Journal of Solid-State Circuits, Vol 26, No 10, pp. 1467-1470, Oct 1991.