MESFET GaAs CONTROLADO FOTONICAMENTE

M. Lomer *, C. Navarro * *, J.L. Arce*, A.Mediavilla **, J.M. López-Higuera *

*GRUPO DE INGENIERÍA FOTÓNICA. **GRUPO DE MICROONDAS.
E.T.S.I.I. TELECOMUNICACIONES, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA Avda. LOS CASTROS S/N, 39005 SANTANDER - SPAIN
Tel. +34 (9)42-201495, +34 (9)42-201391, FAX. +34 (9)42-201873, +34 (9)42-201488
E-mail : lomer@teisa.unican.es, microw@dicom.unican.es

Abstract. The illumination characteristic of GaAs MESFET has been measured with single optical fiber is reported. This technique permit an optical control and observer the edge-effect in the MESFET planar. Application in high speed device is proposed.

1. Introducción

Son conocidos los efectos de la irradiación luminosa sobre la materia, particularmente, en los semiconductores. Numerosos trabajos se han desarrollado en las técnicas control óptico de los dispositivos de microondas (MESFET, HBT, HEMT) [1].

Recientemente se ha observado un efecto en el MESFET de tipo planar bajo iluminación puntual [2] [3]. Este efecto, llamado de borde, que permite aumentar la ganancia interna del dispositivo en un factor 10, pueden dar lugar a aplicaciones potenciales en dominios diversos.

La utilización de la fibra óptica en la iluminación de superficies activas del MESFET tiene la ventaja de que se realiza sin alteración en el circuito electrónico y puede ejercer como un cuarto electrodo de control.

En esta comunicación se presentan los resultados experimentales obtenidos al iluminar con una radiación fotónica monomodo de un transistor MESFET comercial y aprovechar el efecto de borde.

2. Utilización de la fibra monomodo

Con la finalidad de simplificar los cálculos en campo lejano del haz de luz proveniente de la extremidad de una fibra monomodo, se adopta la aproximación gaussiana desarrollada por Kogelnik [4]. En coordenadas cilíndricas, la amplitud compleja del campo eléctrico de un haz gaussiano que se propaga en un medio homogéneo a lo largo del eje Oz es caracterizado por:

$$E(r,z) = E_o \frac{W_o}{W} \cdot e^{-r^2/W^2} \cdot e^{jkz} \qquad (1)$$

donde W_o, es el radio del campo del modo en la salida de la fibra y W el radio en campo lejano. Si se define una superficie circular de radio r_o en la cual la densidad de potencia sea superior o igual al 90% de la densidad máxima, se escribe:

$$\frac{dP}{ds} = \frac{1}{2\sqrt{\mu_o/\varepsilon_o}} E_o^2 \left(\frac{W_o}{W}\right)^2 \cdot e^{-2r^2/W^2} \qquad (2)$$

El radio máximo r_o de esta zona, considerada como máxima, es determinada por la condición:

$e^{-2r_o^2/W^2} = 0.9$. En la relación (2), se traduce en:

$$r_o \approx 0.23 \frac{\lambda_o z}{\pi W_o} \qquad (3)$$

donde λ_o es la longitud de onda de la luz utilizada. El ángulo de divergencia de la onda es: $\varphi = \lambda_o/\pi W_o$.

A partir la relación (3) se puede prever el área de la superficie a iluminar así como la energía que llega sobre la superficie del MESFET. El valor de W_o es obtenida a partir de la relación empírica de Marcuse [5].

3. Técnica de iluminación del MESFET

En este trabajo se ha utilizado un transistor MESFET (F20 GEC Marconi) 4X75, con una separación entre puerta-drenador y puerta fuente de 2,5 μm. La polarización de fijada del transistor ha sido de V_{DS} = 3V y V_{GG} =-1,3V. Se ha ubicado una resistencia de puerta exterior Rg = 5 MΩ.

La fuente óptica proveniente de un diodo láser (λ = 830 nm) se encuentra conectada a una fibra óptica monomodo standard (5/125/250). Con las característica de la fuente de luz y la fibra óptica (W_o=3.1 μm, φ = 0,085 rad.) y estableciendo una distancia fibra-superficie del transistor de z = 150 μm, se tienen W = 12,5 μm y r_o = 3 μm. Este último valor es suficiente para cubrir la zona de separación entre drenador y fuente (figura 1). La proyección de la luz permite iluminar la región activa del transistor (zona de deplexión) creando portadores minoritarios en exceso que a su vez influyen en los parámetros del MESFET.

4. Resultados experimentales y su discusión

La estructura del MESFET ha sido iluminada con potencias ópticas comprendidas entre 7 μW y 300 μW. Un sistema de microposicionamiento x-y-z permite desplazar la fibra óptica y realizar un barrido sobre toda la superficie del transistor. En la figura 2, se muestra el resultado de la medida de la corriente de drenador cuando la potencia óptica en la

salida de la fibra es de 300 μW. Los ejes X e Y corresponden el ancho y la longitud del MESFET.

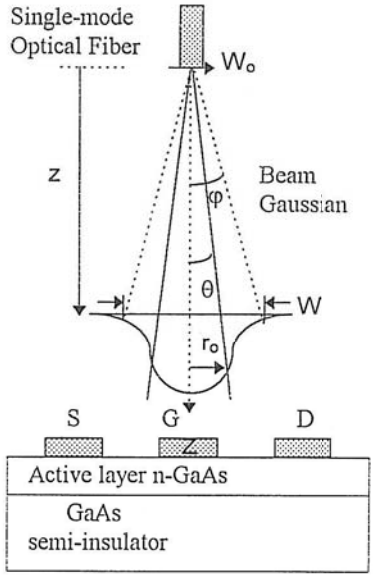

Figura 1. Iluminación de la superficie del transistor MESFET con fibra óptica monomodo.

La densidad de potencia prevista en la superficie de diámetro $2r_o$ es de 1KW/cm^2. Se pueden observar las dos filas de picos que corresponden a las regiones de alta ganancia (I_D=70mA) y un valle central de baja ganancia (I_D=20 mA). Se observan así mismo 4 picos en cada fila, que ponen en evidencia la correspondencia de la estructura del transistor.

Como se han demostrado anteriormente [2]-[3], son varios los mecanismos de ganancia óptica que aparecen en el MESFET cuando es iluminado, que incluyen el efecto fotovoltaico y el efecto fotocorriente. Estos efectos se manifiestan en el aumento de la corriente de drenador y se incrementan de manera significativa cuando se ubica una resistencia exterior en el electrodo de la puerta Rg, que permite a su vez disminuir la potencia óptica.

Dado la estructura particular del MESFET planar, existen regiones donde la creación de pares de electrón-huecos, por efecto de la luz, son mas importante, estas se encuentran en el borde de la estructura. Estas regiones, de alta ganancia, pueden ser obtenidas con energías luminosas débiles si se ubica una resistencia Rg de gran valor. La alta ganancia obtenida en estas regiones, se sugiere que es debida al efecto de borde que el campo eléctrico introduce en las referidas áreas iluminadas.

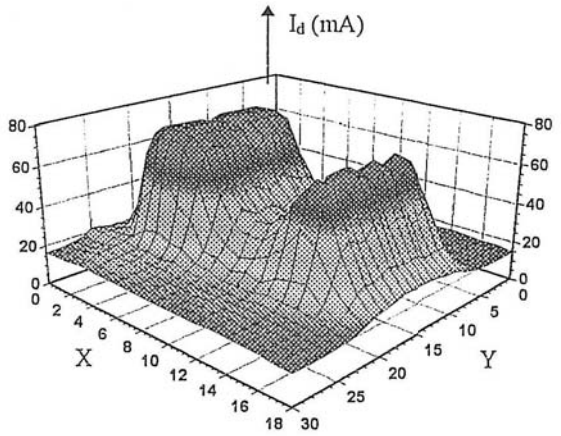

Figura 2. Medida de la corriente I_D del MESFET para una potencia óptica P_o = 300μW.

5. Conclusión

Resultados experimentales obtenidos al iluminar un MESFET con una radiación fotónica monomodo procedente de una fibra óptica y utilizar efectos de borde, demuestran la viabilidad de controlar eficientemente, las características que ofrecen dispositivos como el de microonadas. La sencillez de la técnica de incorporar permanentemente el extremo de la fibra óptica sobre la región óptima y la versatilidad que puede ofrecer un dispositivo controlado ópticamente, con materiales dieléctricos, sugieren la utilización de la técnica propuesta en dispositivos de microondas.

Agradecimientos: Se hace constar que este trabajo es soportado por la CICYT, a través del proyecto: CICYT.TIC 95-0394, razón por la que los autores muestran su agradecimiento.

references

[1] Seeds, A. Salles, A.A.A. " Optical Control of Microwave Semiconductor Devices". *IEEE Trans. Microwave Theory Tech.* Vol 38, No 5, 577-585, May 1990.

[2] Abbott, D. Cui, S. Eshraghian, K. McCabe, E. "Photovoltaic gate biasing edge effect in GaAs MESFETs" *Electronics Letters*. Vol-21, No 21, October 1991.

[3] M.Lomer, C. Navarro, F. J. Ruiz, A. Mediavilla, J.M. López-Higuera, , "Efecto de borde en el transistor MESFET GaAs bajo iluminación óptica", URSI'97, Vol. I, pp 37-39, Bilbao, Septiembre 1997.

[4] H. Kolgelnik and T. Li, "Laser Beams and Resonators", Proceedings IEEE, Vol. 54, n° 10, pp. 1312-29, 1966.

[5] L.B. Jeunhomme, "Single-mode fiber optics", Principles and applications, Marcel Dekker, Inc., 1984.