

# CONTROL ÓPTICO DE UN AMPLIFICADOR MMIC DE ASGA EN BANDA S

J. M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega,  
A. Mediavilla  
Departamento de Ingeniería de  
Comunicaciones  
Universidad de Cantabria  
e-mail :  
[jose.zamanillo@unican.es](mailto:jose.zamanillo@unican.es)

J. Portilla  
Departamento de Electricidad y Electrónica  
Universidad del País Vasco/EHU  
e-mail :  
[joaquin@we.lc.ehu.es](mailto:joaquin@we.lc.ehu.es)

**Abstract-** This paper shows the results of research on the optical control of a GaAs chip monolithic amplifier, and is an extension of previous work by our group in the field of optical-microwave interaction [1-3]. The amplifier was originally for the transmitter stage of an indoor mobile communications system in the 2.4 GHz band. The possibilities of optical control of this amplifier are evidenced as follows: if the amplifier operates with the same biasing, the gain can be optically controlled from a condition of almost isolation, (gain less than - 5 dB), up to an active condition, (gain greater than 10 dB), which gives a range of optical control of about 15 dB. At the same time, the optical control provides an improvement of the input and output matching in a range of 12dB and 6dB, respectively. This optical control promises an interesting control of gain and matching for other microwave FET based active devices.

## I. INTRODUCCIÓN

La capacidad de integración componentes de microondas y ópticos en una misma oblea de semiconductor usualmente denominada como OMMIC (Optical Microwave Monolithic Integrated Circuit), así como el espectacular crecimiento de los sistemas ópticos de comunicación, ha estimulado recientemente el interés sobre los sistemas opto-electrónicos.

Nuestro grupo en anteriores comunicaciones ha desarrollado modelos de gran señal para dispositivos MESFET y HEMT teniendo en cuenta la estimulación óptica de los mismos [1], [5]. Hasta ahora, solamente existen unas pocas comunicaciones [2-3] sobre el control óptico de subsistemas de microondas (amplificadores, osciladores, mezcladores activos, etc.), y por ello esta es una de las razones por la cual nuestro grupo se ha interesado en el control electro-óptico de este tipo de dispositivos, y en particular del amplificador MMIC presentado en esta comunicación. El amplificador ha sido fabricado utilizando tecnología F20 de la fundición GEC-Marconi, y está basado en un transistor MESFET de AsGa de 0.5 $\mu$ m de anchura de puerta. El uso de la tecnología de AsGa queda claro frente a otras tecnologías como el Si ya que el AsGa presenta niveles de figura de ruido inferior, es más rápido y consume menos

corriente continua. Por otro lado, las tecnologías basadas en AsGa son más caras que las basadas en el Si, no obstante, la tendencia actual de mercado va dirigida a reducir este obstáculo. Es bien conocido que cuando un FET de AsGa se ilumina mediante un láser de onda continua, tienen lugar efectos de absorción en los espacios entre electrodos de gate-drain y gate-source, de manera que induce una fotoexcitación en el canal del transistor. De hecho, tanto los dispositivos P-HEMT de AlGaAs, como los MESFET de AsGa presentan efectos fotoconductoros y fotovoltaicos, los cuales han sido modelado por nuestro grupo en anteriores comunicaciones [4-5]. Ello se traduce en que tanto las curvas de DC estáticas, como los parámetros del circuito equivalente de pequeña señal, cambian cuando el dispositivo absorbe la potencia óptica aplicada.

## II. CONTROL ÓPTICO DE DISPOSITIVOS DE MICROONDAS

El esquema eléctrico del amplificador se muestra en la figura 1, y su microfotografía en la figura 2. Dicho amplificador monoetapa consiste en un transistor MESFET de AsGa de 6 dedos y 175 $\mu$ m de anchura de puerta. Para conseguir la máxima ganancia, la adaptación se ha realizado utilizando redes reactivas pasivas con la idea de simplificar el circuito y minimizar su tamaño.

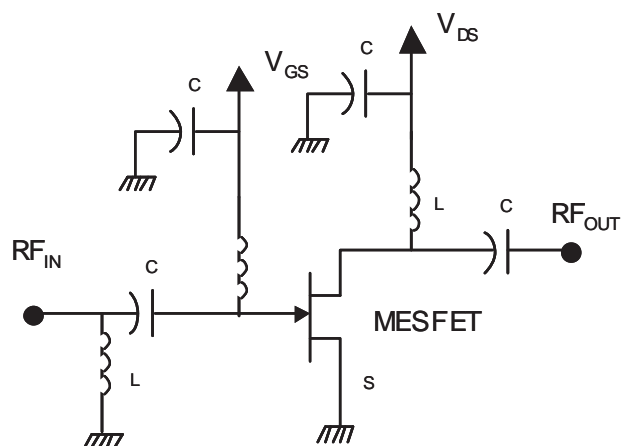


Fig. 1. Esquema eléctrico del amplificador a MESFET.

La red de entrada tiene una configuración en  $\pi$ , mientras que la red de salida consiste en una bobina impresa y un

condensador de tipo MIM. Además, puede apreciarse en la microfotografía que se han añadido los contactos necesarios para poder posicionar las sondas de medida coplanares (RFIN y RFOUT), así como la polarización del amplificador. Esto permite caracterizar directamente el dispositivo en parámetros de scattering mediante una estación de sondas coplanares modelo Cascade SUMMIT 9000 conectada al analizadores de redes HP8510C. El tamaño final del amplificador incluyendo los contactos de medida es de 1400 por 1050 micras.

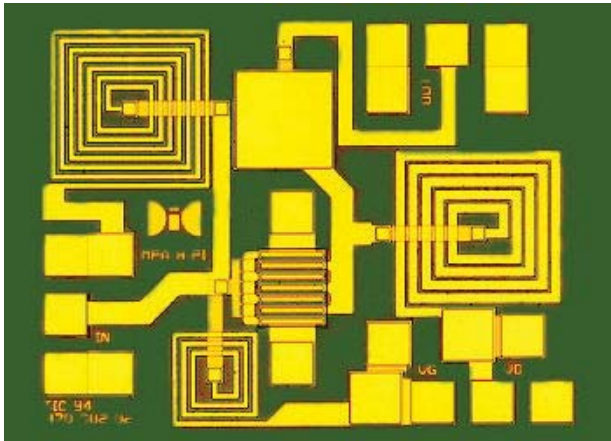


Fig. 2. Microfotografía del amplificador MMIC.

Con la idea de establecer el mejor punto de trabajo para el amplificador bajo estimulación óptica, se han realizado medidas preliminares de curvas I-V de DC, pulsadas y de parámetros de scattering a diferentes potencias ópticas en oblea, para el transistor aislado [4-5]. Aunque el amplificador no ha sido diseñado para aplicaciones ópticas, posee la suficiente eficiencia de acoplo óptica para que se observe este tipo de interacción. Una descripción detallada del sistema de medida y caracterización utilizado ha sido presentado por nuestro grupo en anteriores comunicaciones [8]. Se han llevado cabo medidas del amplificador completo bajo estimulación láser en el punto de polarización seleccionado ( $V_{gs} = -1.2$  V,  $V_{ds} = 3$  V), y en la banda de interés (2-4 GHz). El barrido en potencia óptica va desde los 0 mW (oscuridad) hasta los 10 mW. En esta comunicación solo se presentarán resultados para tres diferentes potencias ópticas. La variación de los parámetros de scattering a diferentes potencias ópticas para el amplificador estudiado se muestran en las figuras 3, 4 y 5 donde se puede apreciar un aumento de la ganancia en pequeña señal ( $S_{21}$ ) y una mejora sustancial de la adaptación entrada-salida ( $S_{11}$  y  $S_{22}$ ). En la figura 4, se observa un incremento en el parámetro  $S_{21}$  de 17 dB desde condiciones de oscuridad a cuando se estimula el amplificador con una potencia óptica de 10 mW, cuando el punto de trabajo del amplificador se fija en  $V_{gs} = -1.2$  V,  $V_{ds} = 3$  V, en ambas situaciones. Un fuerte incremento de las adaptaciones de entrada y salida puede observarse en las figuras 4 y 5. La mejora de la adaptación de salida dada por el parámetro  $S_{22}$  queda clara (superior a 8dB a 2.4 GHz), no obstante la mejora del parámetro  $S_{11}$  es de solo 3 dB a dicha frecuencia. En cambio a la frecuencia de 2.9 GHz la mejora de dicho parámetro es de 11 dB. Tal incremento se produce debido a

que el amplificador presenta un error de diseño en la adaptación de entrada a la frecuencia de 2.4 GHz, de esta manera el amplificador en condiciones de no-iluminación presenta una mejor adaptación a la frecuencia de 2.9 GHz que a 2.4 GHz, pero bajo una potencia óptica de 10mW la adaptación mejora en todo el ancho de banda útil del amplificador (2-4 GHz).

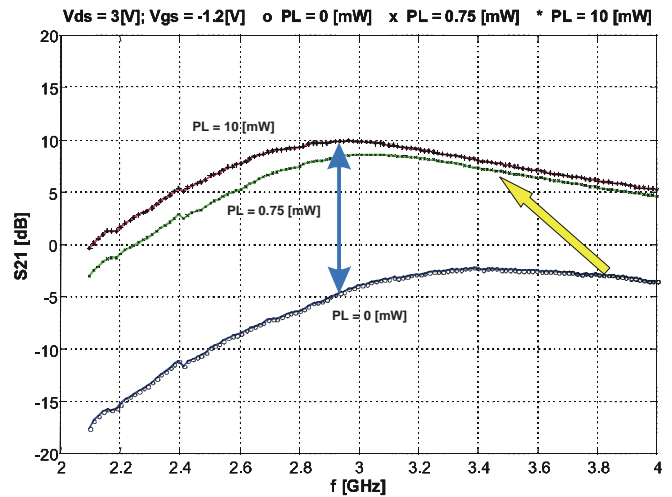


Fig. 3. Variación del módulo del parámetro  $S_{21}$  a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 5mW y 10mW.

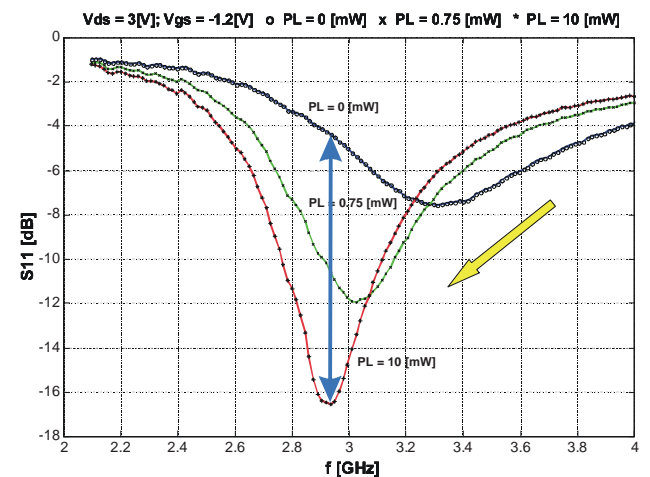


Fig. 4. Variación del parámetro  $S_{11}$  a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 5mW y 10mW.

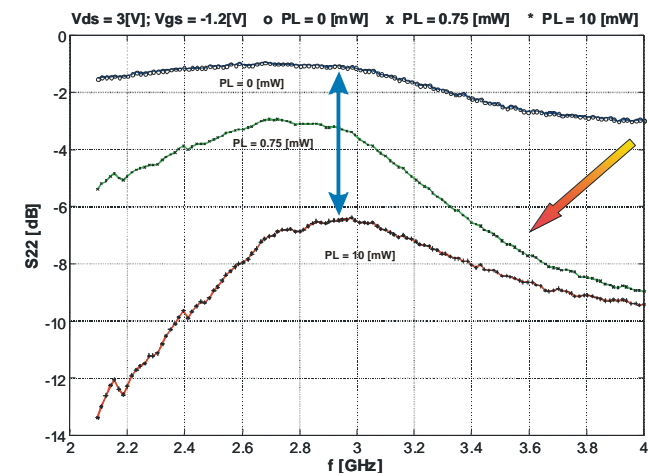


Fig. 5. Variación del parámetro  $S_{22}$  a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 5mW y 10mW.

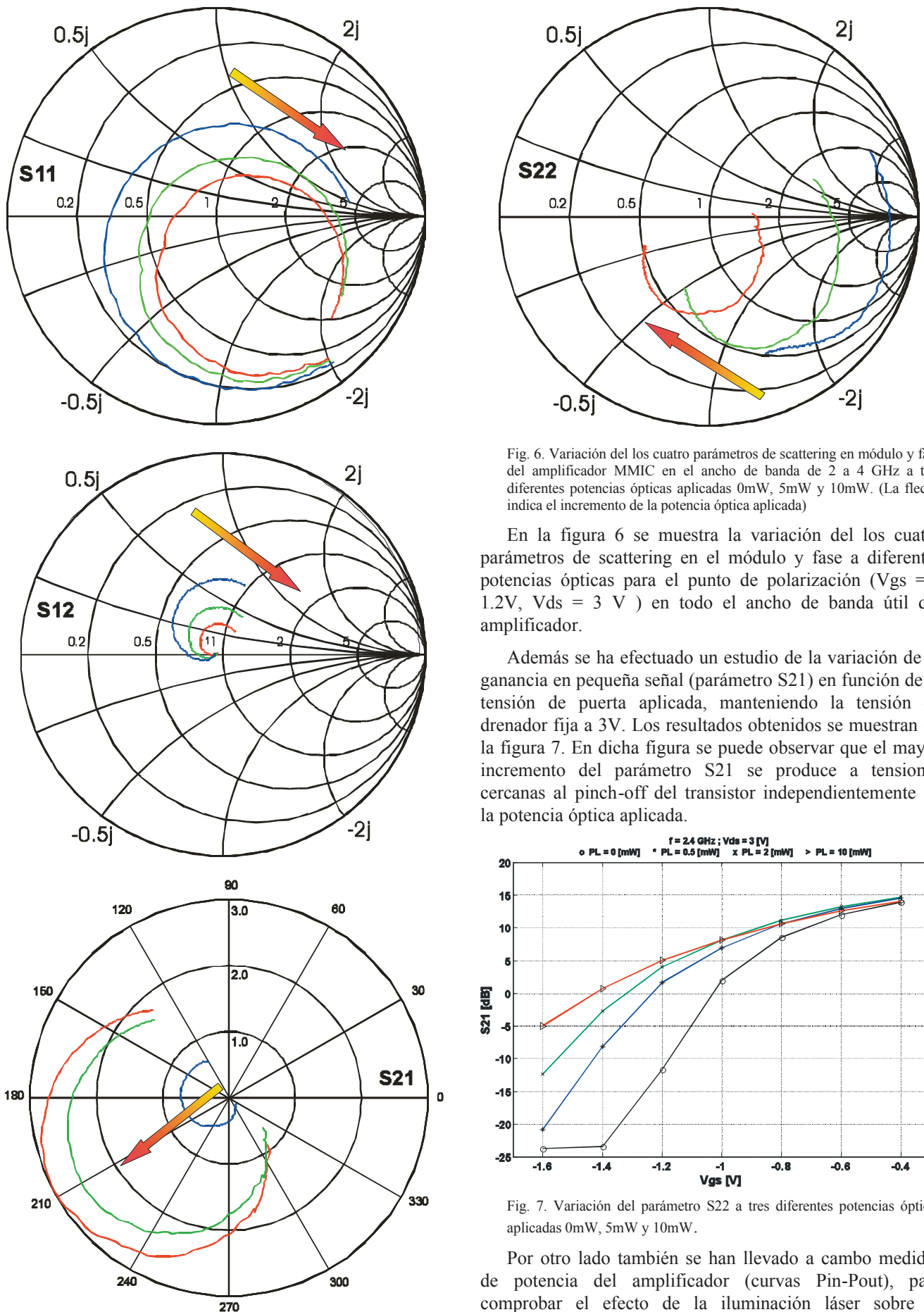


Fig. 6. Variación de los cuatro parámetros de scattering en módulo y fase del amplificador MMIC en el ancho de banda de 2 a 4 GHz a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 5mW y 10mW. (La flecha indica el incremento de la potencia óptica aplicada)

En la figura 6 se muestra la variación de los cuatro parámetros de scattering en el módulo y fase a diferentes potencias ópticas para el punto de polarización ( $V_{gs} = -1.2V$ ,  $V_{ds} = 3V$ ) en todo el ancho de banda útil del amplificador.

Además se ha efectuado un estudio de la variación de la ganancia en pequeña señal (parámetro S21) en función de la tensión de puerta aplicada, manteniendo la tensión de drenador fija a 3V. Los resultados obtenidos se muestran en la figura 7. En dicha figura se puede observar que el mayor incremento del parámetro S21 se produce a tensiones cercanas al pinch-off del transistor independientemente de la potencia óptica aplicada.

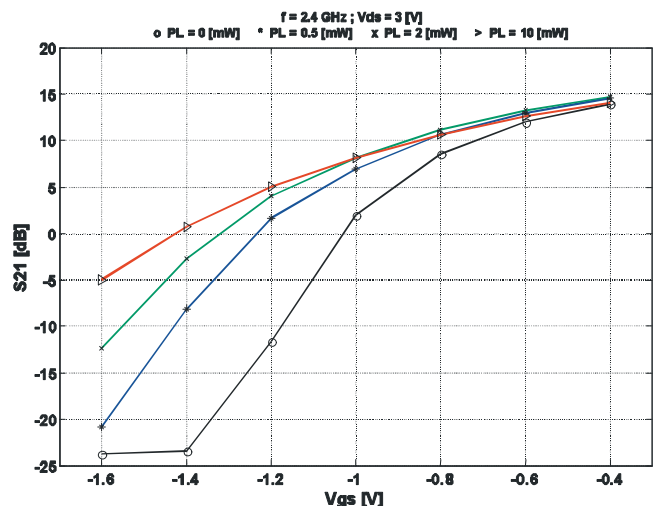


Fig. 7. Variación del parámetro S21 a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 5mW y 10mW.

Por otro lado también se han llevado a cabo medidas de potencia del amplificador (curvas Pin-Pout), para comprobar el efecto de la iluminación láser sobre la potencia de RF aplicada al amplificador. En la figura 8 se muestran las curvas de potencia de salida RF frente a la

potencia de entrada de RF en el punto de polarización ( $V_{gs} = -0.4$  V,  $V_{ds} = 3$  V) apreciándose un aumento de potencia de 2.5 dBm en la zona de saturación y de 0.5 dBm en la zona lineal.

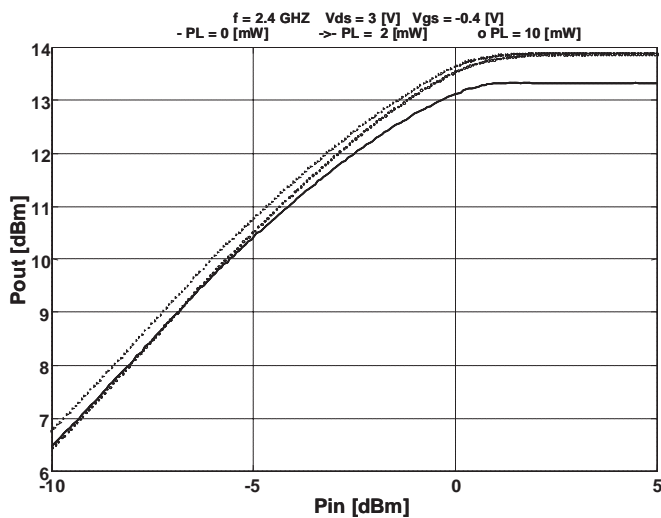


Fig. 8. Variación las curvas de potencia Pin- Pout a tres diferentes potencias ópticas aplicadas 0mW, 2mW y 10mW.

En la figura 9 se muestra el resultado de dibujar el aumento de la potencia de RF a la salida del amplificador frente a la potencia de RF aplicada a la entrada, a diferentes valores de tensión de puerta  $V_{gs}$ .

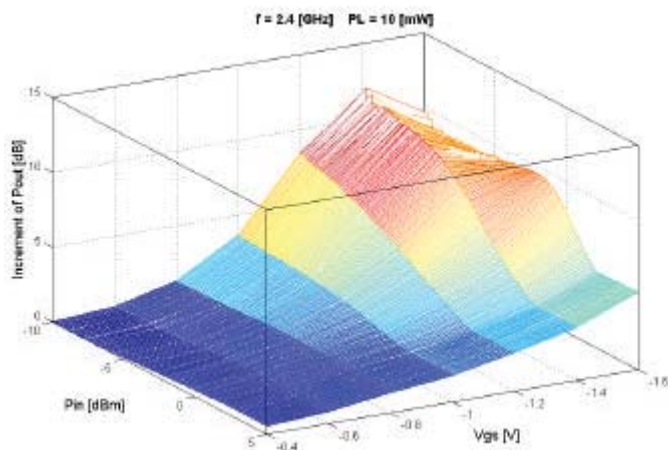


Fig. 7. Incremento de la potencia de salida del amplificador MMIC frente a la potencia de entrada y a la tensión de puerta aplicada a la frecuencia de 2.4 GHz bajo una potencia óptica de 10mW.

Como colofón de los aspectos que se acaban de tratar, es posible afirmar que cuando el amplificador se polariza en una zona cercana a la tensión de estrangulamiento de canal, el efecto de la estimulación óptica es mucho mas significativo que en otros puntos de polarización. Esta propiedad es muy interesante en el caso de transeptores de bajo consumo, ya que el usuario puede incrementar la potencia de salida utilizando señales de control ópticas, con lo cual el dispositivo casi no consume potencia de DC cuando el transistor está polarizado cerca del pinch-off y solamente consume potencia cuando se le estimula con

potencia óptica, con lo cual se produce un aumento considerable de la vida de las baterías del equipo.

### III. CONCLUSIONES

Se ha llevado a cabo una investigación exhaustiva de las propiedades de control de un amplificador MMIC de AsGa en banda S baja iluminación láser. Además, se han mostrado las principales dependencias de sus parámetros, así como la manera de integrar los mismos en otras técnicas clásicas de control para las corrientes de puerta y drenador.

El procedimiento de control óptico mostrado en la comunicación, es válido para otro tipo de componentes y subsistemas de microondas como: mezcladores, conversores ascendentes y descendentes, etc. Además, la técnica puede mejorar el desarrollo de las generaciones futuras de OMMICS.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores quieren agradecer al grupo de ingeniería fotónica de la Universidad de Cantabria el préstamo del láser utilizado para poder efectuar el trabajo presentado en la presente comunicación.

### REFERENCIAS

- [1] J.M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega, A. Mediavilla, and A. Tazón "Large Signal Model Predicts Dynamic Behavior of GaAs MESFET Under Optical Illumination". Microwave and Optical Technology Letters. Vol. 29 No.1, pp 25-31. April 5 2001.
- [2] A. J. Seeds, A. A de Sales, "Optical Control of Microwave Semiconductor Devices". IEEE Transactions on Microwave Theory and Techniques, Vol. 38, No. 5, 1990, pp. 577-585.
- [3] S. J. Rossek, C. E. Free, "Optical Control of Microwave Signals Using GaAs FETs". Electronics and Communication Engineering Journal, Febr. 1994, pp. 21-30
- [4] C. Navarro, A. Mediavilla, A. Tazón, J.M. Zamanillo, J.L. García, M. Lomer and J.M. López-Higuera. "An Accurate Photonic Capacitance Model for GaAs MESFET", IEEE Transactions on MTT, Vol 50, No. 4, pp 1193-1197, April 2002.
- [5] J. M. Zamanillo, C. Navarro, C. Pérez-Vega, J. A. García, A. Mediavilla and A. Tazón. "New Large Signal Model of AlGaAs P-HEMT and GaAs MESFET Under Optical Illumination". GaAs 2002 European Gallium Arsenide, Applications Symposium Proceedings, pp.121-124. Milan, Italy. Sept. 2002.
- [6] J.M. Zamanillo, C. Navarro, J. Sáiz-Ipiña, C. Pérez-Vega and A. Mediavilla. "New Large Signal Electrical Model of GaAs MESFET Under Optical Illumination". GaAs 2001 European Gallium Arsenide, Applications Symposium Proceedings, pp.167-170, London, Sept-2001.