

METODO SIMPLIFICADO DE EXTRACCION DE LAS RESISTENCIAS PARASITAS DE MESFET'S

Jesús Lanero, Francesc Purroy, Antonio Lázaro, Lluís Pradell
 Departament de Teoria del Senyal i Comunicacions.
 Grupo D3-EEF. E.T.S.E.T.B.
 Universitat Politècnica de Catalunya (UPC)
 Sor Eulalia de Anzizu s/n. 08034 Barcelona.
 Tf.401 68 34. Fax 401 72 32. E-mail purroy@voltor.upc.es

ABSTRACT

A new method to compute the parasitic resistances of GaAs- MESFET's using a reduced set of DC measurements is described. Because the method is based on the End-Resistance concept, we call it the Modified Lee Method. The results are compared with the classical Fukui Methods and with a Cold-Fet S-parameter extraction method, using a commercial MESFET library, showing similar results.

1. INTRODUCCION

Todos los modelos circuitales utilizados en la caracterización lineal de transistores tipo MESFET incluyen una serie de efectos parásitos, o no deseados. Entre éstos se incluyen los resistivos de los contactos de surtidor, puerta y drenador, los cuales reducen las prestaciones en cuanto a ruido y potencia del dispositivo.

En esta comunicación se presenta un método alternativo para la extracción de dichas resistencias, a partir de medidas en continua, utilizando sólo dos configuraciones de medida, lo cual supone reducir a la mitad el número de configuraciones usadas en los métodos de extracción en continua tradicionales [1].

2. METODO DE LEE MODIFICADO.

En 1985 K.Lee utilizó un modelado unidimensional del canal para definir las resistencias terminales de fuente, drenador y puerta. Según [2], las resistencias terminales se miden entre dos terminales cualquiera del transistor, estando el tercero flotante, al aire.

En concreto, para poder aplicar éste método a la extracción de las resistencias parásitas, se considerarán las configuraciones en la cuales se dejan flotantes los terminales de drenador y fuente, polarizando la puerta del transistor con tensiones positivas respecto del terminal conectado a masa (drenador o fuente). Estas configuraciones permiten definir las resistencias terminales de la siguiente forma, véase Figura 1:

$$\begin{aligned} R_t^s &= \frac{V_{ds}}{I_{gs}} & R_t^d &= \frac{V_{sd}}{I_{gd}} \\ R_t^{gs} &= \frac{V_{gs}}{I_{gs}} & R_t^{gd} &= \frac{V_{gd}}{I_{gd}} \end{aligned} \quad (1)$$

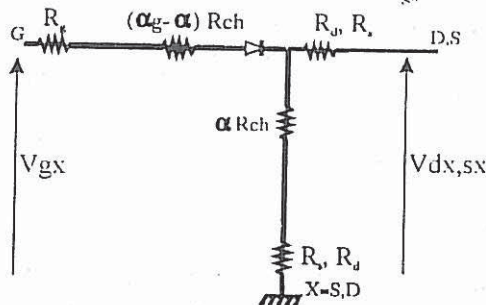


Figura 1 Modelo circuital.

En estas resistencias terminales hay que incluir una parte debida a la contribución de la resistencia de canal. Teniendo en cuenta la simetría del dispositivo el método de Lee considera que la resistencia de canal se distribuye por igual entre los contactos de surtidor y drenador ($\alpha_g=1/2$ y $\alpha_g=1/3$, Figura 1).

De las medidas, véase Figura 4, se comprueba que estas resistencias (1) varían con el punto de polarización, lo cual hace pensar que la contribución de la resistencia de canal no es constante, con la tensión de puerta. Ésta variación

queda reflejada matemáticamente con unas constantes α y α_g funciones de la polarización, lo que permite reescribir (1) de la siguiente forma :

$$R_t^s = R_s + \alpha \cdot R_{ch} \quad R_t^d = R_d + \alpha \cdot R_{ch}$$

$$R_t^{gs} = R_g + R_s + \frac{nV_T}{I_{gs}} + \alpha_g \cdot R_{ch} \quad R_t^{gd} = R_g + R_d + \frac{nV_T}{I_{gd}} + \alpha_g \cdot R_{ch} \quad (2)$$

El método de Lee modificado aprovecha el mismo análisis unidimensional del canal para extraer las resistencias parásitas, sin suponer constantes las funciones α y α_g , tal como se muestra a continuación:

2.1. Extracción de la resistencia de puerta R_g .

Resolviendo el modelo unidimensional de la configuración de drenador o surtidor al aire (x), se puede expresar la corriente de puerta, para tensiones de puerta elevadas (por encima de la tensión de *Built-In*), en función de los datos de medida (Corriente puerta-x, Tensión terminal al aire y Tensión de puerta-x (x=drenador o fuente)), considerando la resistencia de puerta constante con el punto de polarización, es decir :

$$I_{gx} = J_s \cdot L \cdot W \cdot \exp\left(\frac{V_{gx} - I_{gx} \cdot R_g - V_{dx, sx}}{n \cdot V_T}\right) \quad (3)$$

Donde :

- L : Longitud de puerta.
- W : Ancho de puerta.
- J_s : Densidad superficial corriente de saturación.
- n : Factor de idealidad de la unión Schottky de puerta.
- V_T : Potencial térmico.

De (3) se puede obtener con tan solo dos valores de V_{gx} diferentes (dos medidas), el valor de la resistencia de puerta en un punto de polarización. Si se miden n valores distintos, se pueden obtener la evolución de la resistencia de puerta con la tensión puerta-x, véase Figura 5, comprobándose que se mantiene constante con la polarización.

Se observa como al disminuir la tensión de polarización y el ancho de puerta la resistencia calculada con el nuevo método, se vuelve menos constante. Esto es debido a que al disminuir la anchura de puerta aumenta la resistencia de canal y, al disminuir la tensión de puerta aumenta la constante α : estos dos factores provocan un aumento de la caída de tensión en el canal invalidando la expresión (2), en la cual se ha supuesto que la caída en el canal es inferior al producto $n \cdot V_T$.

2.2. Extracción de las resistencias de drenador R_d y fuente R_s .

De la medida de la resistencia terminal de drenador R_t^d y del conocimiento de la relación entre las funciones α y el punto de polarización, obtenida teóricamente, es posible realizar un proceso de optimización bidimensional (R_{ch} , R_d), independiente del punto inicial, para la obtención de R_d . De la misma forma se obtienen R_s a partir de la resistencia terminal de surtidor R_t^s .

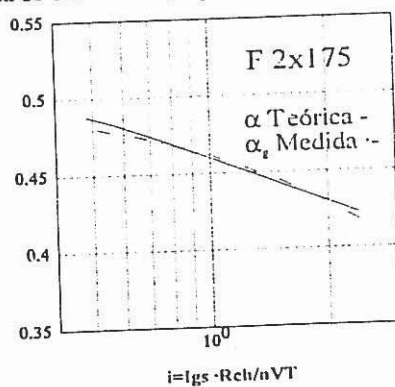


Figura 2. α Teórica vs medida.

Es decir se realiza un ajuste entre el valor de la función α teórica y el valor de la función α medida, véase Figura 2. Aunque el desarrollo teórico se ha hecho para todo el margen de polarización, se comprueba, que únicamente es válido para tensiones por encima de la tensión de *Built-In*, ya que para valores de tensión inferiores, la evolución de la resistencia de canal con la tensión de puerta es significativa, invalidando las hipótesis sobre las que se basa el modelo del canal unidimensional utilizado. El límite superior de tensiones de polarización para la extracción de la resistencia de drenador y fuente viene determinado por la corriente máxima de puerta que puede soportar el dispositivo.

3. RESULTADOS.

A partir de las medidas realizadas de la librería de transistores MESFET F20 de GEC-Marconi, utilizando el Banco de medida automatizado descrito en [3], se ha validado el método descrito anteriormente.

3.1. Comparación métodos 4 configuraciones (Fukui) vs Lee modificado.

El método de Fukui [1] utiliza cuatro configuraciones de medida en DC para obtener las tres resistencias terminales. En este apartado se muestra la comparación de los resultados obtenidos con el método de Fukui con los resultados obtenidos con el nuevo método presentado en esta comunicación.

Como se observa en la Tabla I, se llegan a valores muy similares resaltando que la diferencia entre las resistencias de drenador y fuente obtenidas con el nuevo método y las obtenidas con Fukui coinciden, debido a que en ambos métodos se considera que la aportación del canal es la misma en el terminal de drenador que en el terminal de fuente, véase Figura 1. Finalmente constatar que el nuevo método, evita el cálculo de la suma de las resistencias de drenador y fuente, dato necesario para aplicar el método de Fukui y que supone utilizar otra configuración de medida.

Método Transistor	Método de Fukui			Método de Lee modificado		
	$R_g(\Omega)$	$R_d(\Omega)$	$R_s(\Omega)$	$R_g(\Omega)$	$R_d(\Omega)$	$R_s(\Omega)$
F 2x175	3.47	2.55	2.49	3.62	3.02	2.95
F 2X150	3.19	2.71	2.64	3.32	3.54	3.47
F 2X125	2.74	3.48	3.42	2.90	4.24	4.20
F 2X100	2.21	4.32	4.28	2.36	5.23	5.17
F 2X75	1.64	6.50	6.45	1.69	7.00	6.97
F 6X50	0.26	2.56	2.53	0.33	3.43	3.46

Tabla I.

3.2. Comparación métodos en DC vs métodos a partir de parámetros S.

Es posible obtener las resistencias parásitas a partir de medidas de parámetros S del transistor polarizado en frío ($V_{ds}=0$), utilizando el método descrito en [4]. Los resultados obtenidos se muestran en la siguiente Tabla II.

Método Transistor	Método de Wolff		
	$R_g(\Omega)$	$R_d(\Omega)$	$R_s(\Omega)$
F 2x175	7.56	2.79	2.64
F 2X150	6.97	3.79	3.62
F 2X125	5.81	5.33	5.15
F 2X100	5.33	5.95	5.73
F 2X75	4.09	10.02	9.70
F 6X50	2.09	2.9	2.74

Tabla II.

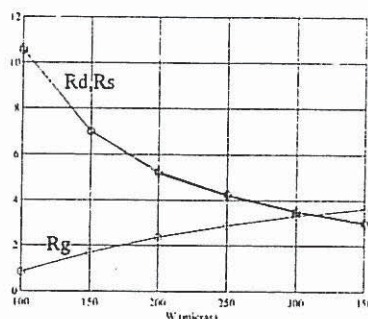


Figura 3. Escalado resistencias.

Se observan importantes diferencias en el valor de las resistencias de puerta obtenidas a partir de medidas de parámetros S, respecto de los métodos en continua, como consecuencia de que el método de Wolff, utiliza tensiones de puerta cercanas a *Pinch-Off*, lo cual provoca un enmascaramiento de la resistencia de puerta

3.3. Verificación del escalado con el ancho de puerta.

Por la estructura física de los contactos del MESFET se sabe que R_g es directamente proporcional a la anchura de puerta mientras que las resistencias de drenador, fuente y canal son inversamente proporcionales a la dicha anchura. Los resultados obtenidos con el nuevo método confirman este escalado tal como puede comprobarse en la Figura 3.

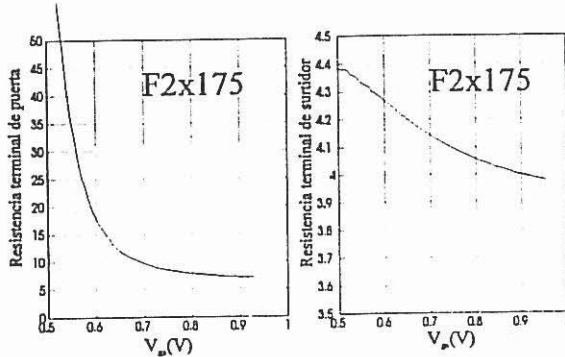


Figura 4. Evolución R. Terminales.

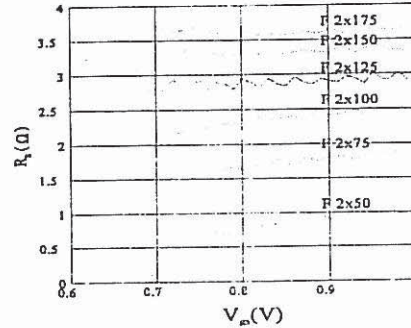


Figura 5. Evolución R. de puerta.

5. CONCLUSIONES

En la presente comunicación se ha descrito un nuevo método de extracción de las resistencias parásitas de un MESFET basado en medidas en continua. La principal ventaja del método de Lee modificado es la reducción a la mitad del número de configuraciones de medida a utilizar, eliminando la medida de la resistencia suma de drenador y fuente.

El método ha sido validado para un conjunto de transistores de diferentes anchuras de puerta llegando a valores muy similares a los obtenidos con otros métodos (Fukui y Wolff), verificando el escalado previsto con la anchura de puerta. Tan solo se observan discrepancias en el valor de la resistencia de puerta obtenido a partir de medidas de parámetros S que pueden ser atribuidas al hecho de trabajar con tensiones de puerta cercanas a *Pinch-Off*.

6. AGRADECIMIENTOS.

Este trabajo se ha realizado dentro del marco de los siguientes Proyectos Coordinados de Investigación financiados por la CICYT:

Ref. TIC. 92-1020-C02-02. "Modelado no lineal incluyendo el ruido y efectos térmicos. Aplicación a dispositivos en tecnología monolítica". Convocatoria 1991.

Ref. TIC. 93-0672-C04-03. "Modelado de MODFETs y su aplicación a circuitos monolíticos de microondas". Convocatoria 1992.

Los transistores medidos fueron amablemente cedidos por *Eduardo Artal Latorre* de la Universidad de Cantabria.

7. REFERENCIAS

- [1] H.Fukui. "Determination of the basic devices parameters of GaAs MESFET". Bell System Technical Journal. pp.711-797. Marzo 1979.
- [2] W.Lee, M.Shur. "Source, drain and gate resistances and electron saturation velocity in ion-implanted GaAs FET's". IEEE Transactions on Electron Devices DE-32. pp.987-992. Mayo 1985.
- [3] Ll.Pradell, F.Purroy. "Banco Automatizado para la Medida de Parámetros S , de Ruido y Características DC de Transistores en Oblicua". Actas IX, Simposium Nacional U.R.S.I. pp 1349-1353. Septiembre 1994.
- [4] H.Sledzik, I.Wolff. "Large-Signal Modeling and simulation of Ga-As-MESFET's and HFET's". Duisburg University Dept. Electrical Engineering and SBF 254. Marzo 1991.