

Medida de la Resistencia Térmica en Amplificadores de Potencia de AsGa

Germán Torregrosa Penalva, Alberto Asensio López, Álvaro Blanco del Campo, Francisco Javier Ortega González.

Abstract-- El tiempo medio de vida (MTTF) de los transmisores de RF depende básicamente de la temperatura de canal de los FETs de los amplificadores MMIC de potencia. Esta temperatura depende a su vez de la resistencia térmica R_{th} del MMIC y su montaje. Para conocer el parámetro MTTF es necesario determinar R_{th} con precisión. Este artículo revisa los métodos existentes propuestos para obtener R_{th} .

Palabras clave-- resistencia térmica, amplificadores de potencia de AsGa, medidas en temperatura.

I. INTRODUCCIÓN

Actualmente son numerosos los equipos transmisores de radiofrecuencia, tanto en sistemas de comunicaciones como el LMDS, como en sistemas radar, que requieren una elevada potencia a su salida (superior a $P_{out}>2W$). La madurez que ha alcanzado la tecnología de fabricación de MMICs de AsGa hace que sea esta tecnología la empleada mayoritariamente para la producción comercial de amplificadores monolíticos de potencia, tanto en banda X como en banda Ka. El tiempo de vida MTTF (*mean time to failure*) de los módulos transmisores que integran MMICs de este tipo, formados por lo general por sucesivas etapas de combinación de FETs simples, viene dado por la temperatura T_{ch} que alcanza el canal de los transistores FETs. La temperatura T_{ch} depende de la resistencia térmica R_{th} del AsGa y de la R_{th} que presenta la estructura de montaje del MMIC utilizada.

Para aumentar el tiempo de vida basta con minimizar T_{ch} para lo que resulta imprescindible hacer mínima R_{th} mediante, por ejemplo, el empleo de una aleación AuSn para fijar el MMIC a un *carrier* metálico que garantice una buena disipación del calor. Sin embargo, el uso de este tipo de aleaciones en aplicaciones de bajo coste es inviable. Adhesivos como el *epoxy*, aunque no recomendados, son en la práctica un requisito para equipos de producción industrial y bajo coste para fijar el MMIC. Este tipo de

adhesivos presenta una R_{th} muy superior a la del AuSn. Con el fin de conocer con exactitud las prestaciones del equipo transmisor en cuanto a su MTTF, el diseñador de módulos transmisores de potencia necesita conocer con precisión cuál es la R_{th} de su montaje, incluyendo el material utilizado para fijar el amplificador.

En este artículo se describen distintos métodos empleados para la caracterización de la R_{th} de diferentes MMICs en las bandas X y Ka, fijados a un soporte metálico con resina conductora *epoxy* plateada.

II. EXTRACCIÓN DE LA R_{th} MEDIANTE MODELADO DE LOS FETS

Si se miden las curvas de continua (I_D-V_D como función de V_G , ver fig. 1) del MMIC cuya R_{th} se desea calcular, para diferentes temperaturas ambiente T_{amb} , es posible extraer los parámetros que caracterizan al dispositivo, de acuerdo a alguno de los modelos disponibles en la literatura, en función de la temperatura.

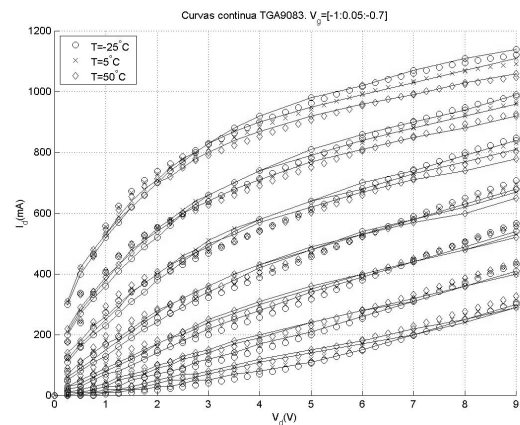


FIGURA 1. Curvas de continua del amplificador de Triquint TGA9083. Los ajustes se realizaron para diferentes valores de R_{th} utilizando el modelo de TOM.

La temperatura T_{ch} en cada punto de las curvas de DC vendrá dada por la siguiente expresión:

$$T_{ch} = T_{amb} + P_{dis} R_{th} \quad (1)$$

En el proceso de extracción de los parámetros del modelo utilizado es posible obtener también R_{th} . Sin embargo en los modelos existentes la obtención precisa de R_{th} no es factible bien porque el modelo incluye ya un parámetro que actúa en parte como R_{th} , caso de δ en [1] o de C_i en [2], bien porque la dependencia con la temperatura no está correctamente planteada [3].

III. EXTRACCIÓN DE LA R_{TH} MEDIANTE SIMULACIÓN NUMÉRICA

Otra manera de predecir la R_{th} consiste en resolver el problema integro-diferencial del flujo de calor haciendo uso de herramientas [4], como los elementos finitos o las diferencias finitas, para la estructura de materiales del MMIC y montaje en cuestión y para unas condiciones de frontera determinadas. Sin embargo la precisión de este tipo de estimaciones de la R_{th} está muy condicionada por el desconocimiento por parte del diseñador del sistema transmisor tanto de la estructura interna del amplificador de potencia, como de la dependencia de las propiedades de los materiales empleados con la temperatura [5].

IV. EXTRACCIÓN DE LA R_{TH} MEDIANTE MÉTODOS INDIRECTOS

Los métodos indirectos más comúnmente utilizados para medir la R_{th} son el método del cristal líquido y los rayos infrarrojos. El método del cristal líquido, aparte de adolecer de cierto grado de subjetividad en la medida, puede alterar las propiedades térmicas del MMIC y es invasivo, y por tanto no apto para dispositivos caros. La medida mediante infrarrojos [6] requiere un equipo caro y complejo, y además su precisión en la determinación de R_{th} está íntimamente relacionada con la resolución espacial del equipo de medida.

V. EXTRACCIÓN DE LA R_{TH} MEDIANTE MÉTODOS DIRECTOS

La R_{th} del amplificador también se puede obtener mediante la medida directa de un parámetro del MMIC cuya variación con la temperatura se conoce ($\alpha = f(T)$). Dicho parámetro α se mide en dos condiciones distintas de potencia disipada, pero es necesario que la temperatura del dispositivo en ambos casos sea la misma, para lo cual es evidente que la medida precisa una rápida conmutación entre ambos estados. De dichas medidas se puede calcular la R_{th} como sigue:

$$R_{th} = \frac{\Delta T}{\Delta P_{dis}} = \frac{f^{-1}(\alpha_1) - f^{-1}(\alpha_2)}{P_{dis1}|_{T_1} - P_{dis2}|_{T_1}}. \quad (2)$$

En [7] el parámetro α utilizado es la resistividad de la metalización de puerta del FET. Su principal inconveniente

reside en que es necesaria una topología concreta de FET que no es la habitual en MMICs comerciales de potencia. En [8] el parámetro utilizado es la propia corriente de drenador I_D .

El método directo tradicionalmente empleado [9] hace uso de la dependencia de la unión Schottky puerta-fuente en directa con la temperatura. Este método no es aplicable sin embargo en amplificadores con elevadas I_{DSS} . Otro tanto le ocurre al método propuesto en [10] que realiza una medida parecida de la misma unión Schottky empleando para ello sólo medidas de DC, sin utilizar ninguna conmutación entre estados de distinta P_{dis} .

Finalmente mencionar que haciendo uso tanto de medidas en continua como pulsadas, también es posible el cálculo de la R_{th} , ya sea bien utilizando como parámetro de medida la ganancia en pequeña señal del amplificador [11] o, de nuevo, I_D [12].

VI. CONCLUSIONES

Se han planteado distintos métodos para la obtención o medida de la resistencia térmica de amplificadores MMICs de potencia indicando sus puntos fuertes y sus inconvenientes.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado con la financiación de INDRA, IKUSI y la CICYT (Proyecto TIC 1999-1172-CO2-Q1).

REFERENCIAS

- [1] An Improved GaAs MESFET Model for SPICE. A. J. McCamant, G. D. McVormack, D. H. Smith. IEEE TMTT, Vol 38, No 6, 1990.
- [2] An Accurate Large-Signal Model of GaAs MESFET Which Accounts for Charge Conservation, Dispersion, and Self-Heating. C. Wei, Y. Tkachenko, D. Bartle. IEEE TMTT, Vol 46, No 11, 1998.
- [3] Modeling of Frequency and Temperature Effects in GaAs MESFETs. P. C. Canfield, S. C. F. Lam, D. J. Allstot. IEEE JSSC, Vol 25, No 1, 1990.
- [4] TXYZ Program for Semiconductor IC Thermal Analysis. J. Albers. 1984.
- [5] Electrical and Thermal Characterization of MESFETs, HEMTs, and HBTs. R. Anholt. Artech House Inc., 1995.
- [6] Thermal Resistance Measurement by IR Scanning. L. G. Walshak and W. E. Poole. Microwave Journal, February, 1977.
- [7] A DC Technique for Determining GaAs MESFET Thermal Resistance. D. B. Estreich. IEEE TCHMT, Vol. 12, No. 4, 1989.
- [8] A Novel Non-Destructive Method for Assessing the Thermal Resistance of Power GaAs RF-MMIC Amplifiers. R. Petersen, W. De Ceuninck, L. De Scepper. High Frequency Postgraduate Student Colloquium, 2000.
- [9] MIL-STD-750D. Method 3104.
- [10] A Novel Thermal Resistance Extraction Technique for Temperature-Dependent FET Modelling. I. Schmale, G. Kompas. GaAs98, Amsterdam, 1998.
- [11] Channel Temperature Measurement Using Pulse-Gate Method. S. Chen, T. Duong, M. Luo. IEEE TMTT, Vol. 47, No. 3, 1999.
- [12] Thermal Characterization of MESFETs using I-V Pulsed and DC Measurements. A. Hammache, G. Brassard, M. Bouchard, F. Beauregard, c. Akyel, F. M. Ghannouchi. IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference. Ottawa, Canada, 1997.