

DEMOSTRADOR DEL MÓDULO POSTERIOR DEL RADIÓMETRO DE 30 GHZ DE PLANCK

*Eduardo Artal, Beatriz Aja, M. Luisa de la Fuente,
Carmen Palacios, Angel Mediavilla, J. Pablo Pascual y
Joaquín Portilla**

Departamento de Ingeniería de Comunicaciones, ETSI de
Telecomunicación. Universidad de Cantabria.

*Departamento de Electricidad y Electrónica. Universidad
del País Vasco.

artal@dicom.unican.es

ABSTRACT

A radiometer back end module based on broadband low noise amplifiers and band pass filters is presented. Low noise amplifiers are multistage HEMT MMIC chips. A 20% of bandwidth at 30 GHz have been achieved. The passband is fixed by coupled lines microstrip filters. A complete module containing two identical branches of amplification and filtering stages with a gain greater than 30 dB has been developed. The low $1/f$ noise behavior of gain fluctuations allows the module to be used as the back end module for the differential radiometers in the european scientific mission Planck. Details of the MMICs chips and filters assembly as well as experimental results are included.

1. INTRODUCCIÓN

La misión "Planck Surveyor" se enmarca en el programa de ciencia de la Agencia Espacial Europea (ESA) [1] y tiene por objeto la investigación astronómica en el rango de frecuencias submilimétricas y milimétricas. Se generarán mapas calibrados de alta sensibilidad de la totalidad del cielo. La misión Planck permitirá caracterizar pequeñas fluctuaciones en la radiación cósmica de fondo de microondas localizando sus anisotropías. Un consorcio internacional de instituciones de investigación es responsable de la carga útil correspondiente al instrumento científico. El instrumento de baja frecuencia de la misión Planck (LFI) es un receptor de tipo radiómetro diferencial llamado, en concreto, radiómetro de comparación continua, que tiene por objeto minimizar el ruido $1/f$ debido a fluctuaciones de ganancia. El radiómetro completo de 30GHz consta de un módulo frontal (FEM) con amplificadores HEMT de InP refrigerados a 20K y de un módulo posterior (BEM) con HEMTs de GaAs que opera a temperatura ambiente (300K). Los receptores del LFI son radiómetros de detección directa en los que la señal es amplificada suficientemente y luego detectada con un diodo. La estabilidad de la cadena amplificadora es uno de los elementos críticos. Otro aspecto necesario para la supresión de errores sistemáticos es el buen comportamiento de los amplificadores del BEM en cuanto a ruido $1/f$ [2].

2. DIAGRAMA DE BLOQUES DEL RADIÓMETRO DIFERENCIAL

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques básico del radiómetro diferencial [3].

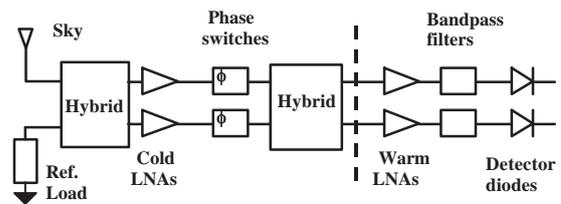


Figura 1. Diagrama de bloques del radiómetro Planck.

Esta estructura permite detectar alternativamente la señal del cielo y la señal de una carga de referencia de 4 K. Además el nivel de ruido es el mismo en ambas señales y se puede suprimir gran parte del ruido $1/f$ procedente de las fluctuaciones de ganancia.

3. AMPLIFICADORES DE BAJO RUIDO

Se ha desarrollado y testado un prototipo demostrador para validar el concepto del radiómetro. Se han unido en cascada dos LNAs MMIC para formar un bloque de amplificación. Los MMICs, que han sido fabricados por UMS, tienen un rango de funcionamiento mayor de la banda requerida (20-30GHz) y constan de tres etapas. Los dispositivos empleados son PHEMT de $0.25\mu\text{m}$ de puerta. La ganancia típica de un MMIC en oblea es 22 dB. Los chips se conectan mediante hilos de oro a líneas microstrip en sustrato de Al_2O_3 (grosor 0.254 mm y constante dieléctrica 9.9). Además se emplean capacidades cerámicas y filtros RC en la polarización. En la figura 2 se puede ver la fotografía de un detalle del montaje, donde aparecen los dos chips unidos por una línea de 50 Ohm.

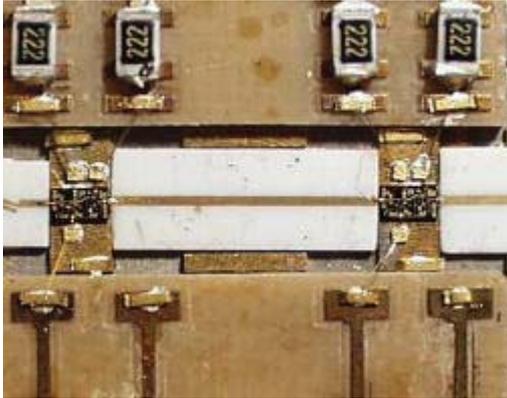


Figura 2. Fotografía de los dos LNAs MMIC de una de las ramas del BEM.

4. FILTROS PASO BANDA

Se requiere un filtrado paso banda para ajustar las mediciones a la banda de la radiación de interés. Se ha escogido una topología de líneas acopladas basándose en la formulación de Matthaei [4] que ha sido simulada también por métodos electromagnéticos considerando el efecto de la cavidad en la que se encuentra el filtro.

5. RESULTADOS EXPERIMENTALES

La transmisión en RF del conjunto LNAs y filtro paso banda se ha medido en la banda de operación con un analizador de redes HP8510C. En la figura 3 se muestran superpuestas las respuestas de ganancia de cada una de las dos ramas, siendo mayor de 30 dB entre 27 y 33GHz.

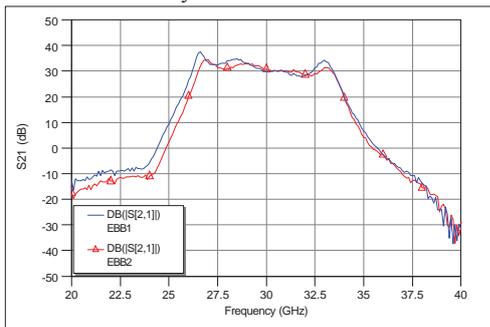


Figura 3. Transmisión en RF de cada una de las ramas del BEM.

La medida de la figura de ruido del conjunto LNAs + filtro paso banda se ha hecho con el medidor de figura de ruido HP8970B combinado con un conversor externo, dada la banda de trabajo. El valor promedio de figura de ruido medido es de 4.5 dB. La medida de ruido $1/f$ se ha realizado con el analizador vectorial de señal HP89410A. En la figura 4 se muestra el nivel mínimo de ruido del sistema y la densidad espectral de ruido $1/f$ para ambas

ramas del BEM entre 10mHz y 100 Hz. El codo de ruido $1/f$ se estima en ambas ramas entorno a 100Hz, que es un valor menor que la frecuencia de cambio (switching frequency) de los radiómetros.

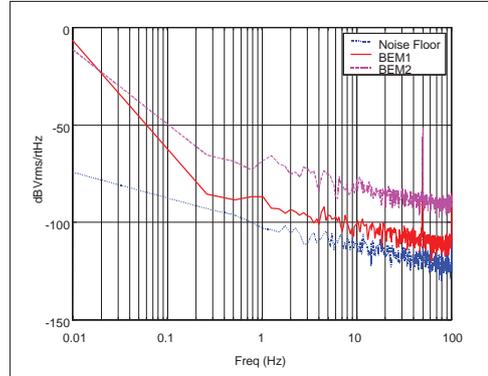


Figura 4. Densidad espectral de fluctuaciones de ganancia de baja frecuencia de la salida del BEM.

6. CONCLUSIONES

Como parte del desarrollo del radiómetro de 30GHz de la misión Planck se ha fabricado y medido un prototipo demostrador de la parte de amplificación y filtrado del modulo posterior. La unidad se compone de LNAs MMIC comerciales, y circuitos microstrip en sustrato de Al_2O_3 . El funcionamiento en general, y especialmente en cuanto a fluctuaciones de ganancia de baja frecuencia, cumple con las especificaciones del proyecto.

7. AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido cofinanciado por la Comisión Nacional de Ciencia y Tecnología (CICYT) y la Comisión Europea (referencia 1FD97-1769-C0402). Los autores desean agradecer a Eva Cuerno su esmero en la realización de los montajes.

8. REFERENCIAS

- [1] ESA Astrophysics Home page of Science team of Planck: <http://astro.estec.esa.nl/Planck/>
- [2] N.C.Jarosik, "Measurements of the Low-Frequency-Gain Fluctuations of a 30GHz High-Electron-Mobility-Transistor Cryogenic Amplifier", IEEE Trans. On Microwave Theory and Techniques, vol.MTT-44, n°2, pp193-197, February 1996.
- [3] M. Bersanelli, N. Mandolesi, S. Weinreb, R. Ambrosini, G.F. Smoot, "The LFI differential receiver concept", Internal Report ITESRE 177/1995- COBRAS memo n. 5
- [4] G.L. Matthaei, L.Young, E.M. Jones, Microwave Filters Impedance-Matching Networks and Coupling Structures. Mc.Graw-Hill, 1964.