

Diseño de termoconversor de película delgada con sensor resistivo de VO₂

M. Campo⁽¹⁾, H. Laiz⁽¹⁾, C. Huck⁽³⁾

mcampo@inti.gov.ar

⁽¹⁾Dto. Micro y Nano Fabricación-DT Micro y Nano Tecnologías-SOAC-GODTel-INTI,

⁽²⁾Gerencia de Metrología y Calidad - INTI,

⁽³⁾Laboratorio de Cristalografía Aplicada - UNSAM

Palabras Clave: termoconversor; simulación; sensor resistivo; dióxido de vanadio

INTRODUCCIÓN

El convertidor térmico es conocido por ser el método más exacto para la medición de tensión alterna entre 10 Hz y 1 MHz [1], donde se compara la aplicación de una tensión alterna desconocida con una de tensión continua conocida. Si en ambos casos se produce el mismo aumento de temperatura, el valor de la tensión continua es igual al valor eficaz de la tensión alterna.

Actualmente, los patrones nacionales de transferencia de AC-DC son los termoconvertidores de película delgada con termocuplas como sensores de temperatura. Como su fabricación es muy compleja, en este trabajo se presenta un nuevo diseño, mucho más simple, con sensor resistivo para medir el aumento de temperatura [2]. El material utilizado como sensor es dióxido de vanadio (IV), VO₂, conocido por ser usado en microbolómetros no refrigerados para detección de imágenes infrarrojas [3] por su alto coeficiente de temperatura de resistividad (TCR) de 0,02 /K que permite obtener alta sensibilidad.

OBJETIVO

En este proyecto, el objetivo es diseñar un nuevo dispositivo para la medición de tensiones alternas que resulte de más fácil fabricación mejorando su disponibilidad.

En este trabajo se presenta una simulación numérica para evaluar la respuesta que genera el dióxido de vanadio cuando producimos un aumento de temperatura en el dispositivo. Si el cambio de su resistencia es muy grande, se obtiene alta sensibilidad para las mediciones de tensión alterna.

DESARROLLO

El termoconversor diseñado (Figura 1) puede ser utilizado para la medición de tensión alterna de frecuencias aproximadas a 1 MHz. El dispositivo tiene una longitud de 7 mm y un ancho de 4,8 mm. Su fabricación se realiza sobre una oblea de silicio cubierta con una película delgada de nitruro de silicio (Si₃N₄).

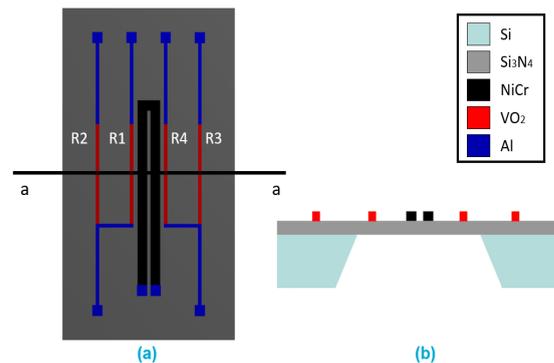


Figura 1. (a) Diseño del termoconversor. (b) Vista del corte a-a.

Está compuesto por un calentador bifilar de nichromo (NiCr) y cuatro resistencias de VO₂, ambos con espesores de 200 nm aproximadamente. Finalmente, se utilizan contactos de aluminio para conectar las resistencias en un puente de Wheatstone (Figura 2). Con un detector, se mide el desequilibrio del puente (V_{A-B}) provocado por el cambio de las resistencias cercanas al calentador.

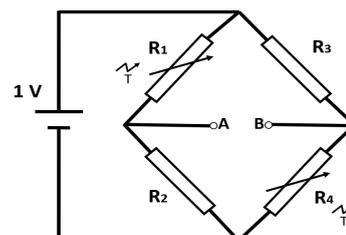


Figura 2. Puente de Wheatstone.

A fin de analizar el diseño, estudiamos la distribución de temperaturas para ver el efecto térmico que genera sobre las resistencias internas (cercanas al calentador) y para asegurar que no modifique la temperatura en las externas. Esta distribución se calculó por un método de elementos finitos, con el software ANSYS, aplicando 1 V al calentador. Debido a las dimensiones elegidas, la resistencia del calentador es de 180Ω y de las resistencias de VO_2 es de $10 \text{ k}\Omega$. Las propiedades del NiCr y del VO_2 utilizadas están registradas en publicaciones donde utilizan la técnica de sputtering para crear las películas [4,5].

RESULTADOS

En la figura 3 se observa la distribución de la temperatura a lo largo del dispositivo obtenidas por simulación, donde el calentador llega a temperaturas cercanas a los 310 K.

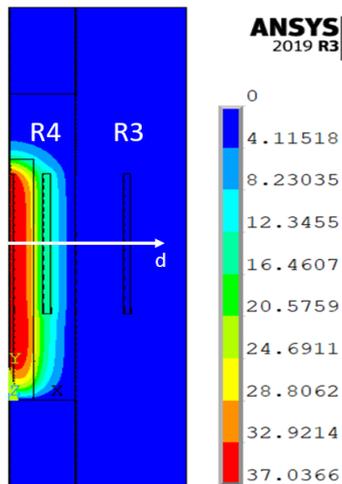


Figura 3. Distribución de temperatura en la mitad del dispositivo.

Para observar con mayor exactitud el cambio de temperatura en las resistencias, la figura 4 lo muestra a lo largo del eje “d” dibujado en la figura 3. El aumento de temperatura de las resistencias R_1 y R_4 ubicadas a 0,12 mm del calentador es de 14,5 K y el de las ubicadas a 1,12 mm es de 0,004 K. Debido al cambio del valor de las resistencias por la temperatura, el valor de V_{A-B} es de alrededor de 126 mV. Como resultado, se obtiene una sensibilidad de aproximadamente 12 V/W, cercana a los valores de sensibilidad de los termoconvertidores utilizados actualmente [6].

Se estudió también el caso en alto vacío, eliminando el aire que rodea al dispositivo. Para este caso, el valor de V_{A-B} es de 365 mV, casi tres veces más que en aire, y la sensibilidad llega a un valor de 36,5 V/W.

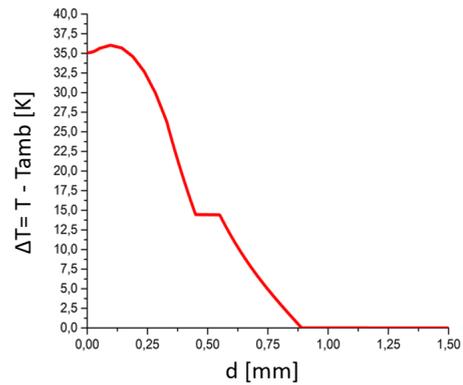


Figura 4. Distancia desde el centro del dispositivo vs. ΔT .

DISCUSIÓN Y CONCLUSIONES

Encontramos que el nuevo diseño presenta una distribución de temperatura adecuada, no afectando a las resistencias externas. De esta manera, hallamos que es viable el dispositivo diseñado, usando al dióxido de vanadio como sensor resistivo. Además, este material muestra su utilidad para medir el aumento de temperatura de un calentador de un convertidor térmico AC-DC obteniendo valores de tensión alterna con alta sensibilidad.

AGRADECIMIENTOS

La simulación con el software ANSYS se realizó con la ayuda de Lucas Di Lillo del Departamento de Metrología Física (INTI).

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] M. Klonz, H.Laiz, E. Kessler. "Development of Thin-Film Multijunction Thermal Converter at PTB/IPHT". IEEE Trans. Instrum. Meas., 50, 6, Dec. 2001.
- [2] F.L. Katzman. "A thermoresistive ac-dc transferencelement". IEEE Trans. Instrum. Meas., 35, 6, Dec. 1986.
- [3] Changhong Chen, et al.. "Linear uncooled microbolometer array based on VO_x thin films". Infrared Physics and Technology, 42, 2001, 87-90.
- [4] Ma, Xu, et al. "Influence of oxygen flow rate on metal-insulator transition of vanadium oxide thin films grown by RF magnetron sputtering." Applied Physics A, 123, 3, 2017, 1-6.
- [5] Yan, Jianwu and Jicheng Zhou. "Strain sensitivity and temperature influence of nichrome (80/20 wt.%) thin film fabricated by magnetron sputtering." International Journal of Modern Physics B, 21, 21, 2007, 3719-3731.
- [6] Laiz, Héctor, et al. "Low-frequency AC-DC voltage transfer standards with new high-sensitivity and low-power-coefficient thin-film multijunction thermal converters". IEEE Transactions on Instrumentation and Measurement, 52, 2, 2003, 350-354.
- [7] Di Lillo, L., et al. "A thin-film AC-DC thermal converter with VO_2 resistive sensing". Conference on Precision Electromagnetic Measurements Digest. IEEE, 2008, 580-581.