

Cr-Ni THERMOPILE SENSOR FOR CW-LASER POWER MEASUREMENT.

M. A. García, J. G. Darias, H. Lubian, J.L. Martín
Centro de Estudios Aplicados al Desarrollo Nuclear.
P.O. Box 6122, C. Habana, Cuba
Fax 537-221518, E-mail maria@ceaden.edu.cu

ABSTRACT

In the present paper the manufacturing and characterization of a Cr-Ni thermopile sensor for CW-laser power measurements is described. The sensor was obtained using the vacuum evaporation method. We have chosen a thin film approach because it gives more flexibility in the design of the elements and in the choice of materials. The substrate of the sensitive element is a 1mm thick ceramic disk having a diameter of 40 mm. The thermopile metals were chosen for two reasons: (1) They have good thermocouple properties and (2) the evaporated films are tough and adherent. The geometry of the 11-junction thermopiles sufficiently coarse to allow fabrication of the thermopiles by successive evaporations through registering masks. The sensor is capable of power measurements of 1 to 30 watt and this version has a sensibility of 350 $\mu\text{V/W}$.

INTRODUCCION.

Entre los diferentes tipos de detectores de la radiación luminosa y en especial de la radiación láser se encuentran los detectores térmicos. Estos detectores trabajan sobre la base de los fenómenos relacionados con la variación de la temperatura de los materiales que ocurren como resultado de la absorción de la radiación incidente.

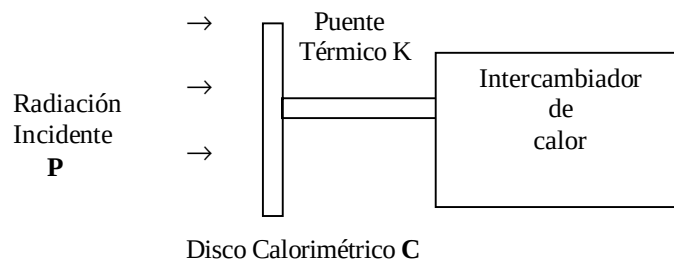


Fig.1. Esquema de un detector térmico.

El esquema más simple de un detector térmico consiste en un elemento sensible con capacidad calorífica C , unido a un intercambiador de calor mediante un puente térmico que posee una determinada conductancia térmica K (Fig.1). Transcurrido un tiempo suficientemente mayor a C/K la temperatura del detector será proporcional a la potencia de la radiación absorbida:

$$P = K \cdot \Delta T$$

A partir de este resultado es posible determinar P mediante la medición de la temperatura que alcanza el elemento receptor de la radiación o el gradiente de temperatura entre dos puntos del puente térmico entre el elemento receptor y el intercambiador de calor.

Desde el descubrimiento por Seebeck en 1826 del Principio de la termoelectricidad; los termopares son unos de los sensores térmicos más ampliamente utilizados para la determinación de la temperatura o del gradiente de temperatura. El trabajo de dichos dispositivos se basan en la diferencia de potencial que se establece entre sus extremos proporcional a la diferencia de temperatura. Con el objetivo de aumentar el valor de la señal de salida se utilizan varios termopares formando lo que se denomina una termobatería o termopila. En el presente trabajo se describe el proceso de obtención de una termopila de Ni-Cr usada como elemento sensor en un cabezal térmico diseñado para la medición de la potencia de la radiación de los láseres continuos en el rango de 1 a 30 W.

DISEÑO Y FABRICACION.

Un esquema del cabezal térmico se muestra en la Fig. 2. Para la optimización del disco calorimétrico así como para la determinación de los puntos en los cuales se debería medir la temperatura, se elaboró un programa a partir de la discretización de la ecuación diferencial de conducción del calor resuelta por el método de integración volumétrica en una celda genérica [1,2], el cual permitió conocer el comportamiento temporal del campo de temperaturas del cabezal, así como la influencia en el mismo de los diferentes factores tanto físicos como geométricos del cabezal diseñado.

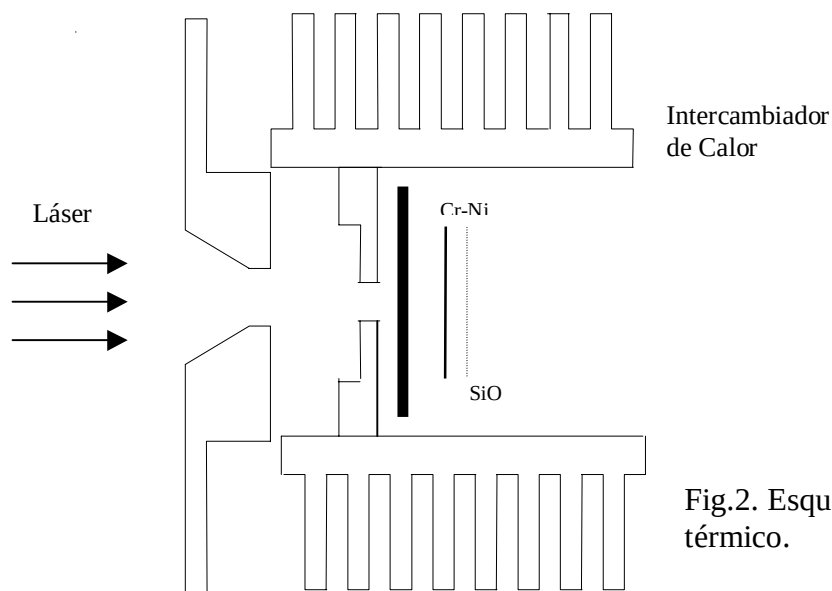


Fig.2. Esquema del cabezal térmico.

Con los resultados obtenidos a partir del programa antes mencionado se diseñó el disco calorimétrico así como una primera variante de una termopila con 11 termopares situados en la parte posterior del disco calorimétrico según muestra la Fig. 3. Las uniones calientes forman un anillo de 15mm de diámetro desde el centro del disco y las uniones frías están distribuidas formando un anillo de 25mm.

La metodología de fabricación de la termopila se basa en la técnica de evaporación al vacío. El disco calorimétrico es de aluminio. Un disco cerámico de buena conductividad térmica se emplea

como sustrato sobre el cual se depositan los termopares de níquel y cromo. Estos materiales fueron escogidos porque además de presentar buenas propiedades termopares ($-20.4\mu V/^{\circ}C$, $0 \leq T \leq 100^{\circ}C$), las capas evaporadas son resistentes y adherentes. Un aspecto importante que se debe tomar en consideración es la pureza de los materiales que se van a depositar. Estos exigen un elevado nivel de pureza (99% o más) de lo que depende en alto grado sus propiedades termoeléctricas.

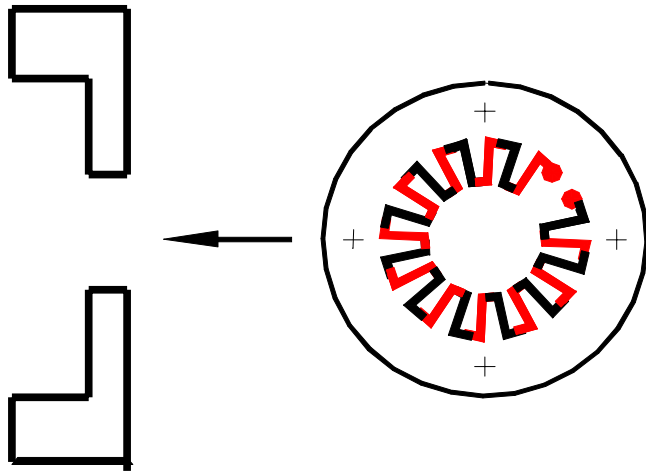


Fig.3 Esquema del disco calorimétrico y de la termopila de 11 termopares.

La red de termopares se obtuvo por evaporaciones sucesivas a través de máscaras de impresión. Las máscaras de impresión fueron fabricadas en una lámina de latón de 0,050mm de espesor por medio de un proceso de impresión fotosensible y ataque químico.

El grado de integración que se pretende lograr permite el empleo de mascarar superpuestas, sin embargo para lograr una mayor resolución es necesario pasar a las máscaras fotográficas.

Sobre el sustrato cerámico, a través de la máscara correspondiente, se deposita una capa fina de aproximadamente $0,4\mu m$ de espesor a una presión de cerca de 10^{-6} torr. El sustrato se mantiene a una temperatura de $200^{\circ}C$. [3]

Las condiciones para la evaporación posterior de la red de conductores de Ni son similares a las del Cr previa colocación de la máscara correspondiente correctamente alineada. Los contactos se fijan con pasta conductora de plata (RS186-3593) a ambos extremos de la termopila.

Sobre la termopila se deposita una capa protectora de SiO_2 de aproximadamente $1\mu m$ de espesor. Para la caracterización de este dispositivo como detector térmico se determina el valor de dos parámetros fundamentales: la sensibilidad y el tiempo de respuesta. Para la medición de estos se empleó la instalación que se muestra en la Fig.4.

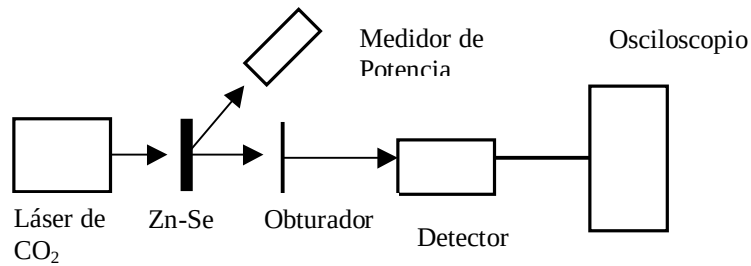


Fig.4. Instalación para la determinación de la sensibilidad y el tiempo de respuesta.

La señal de respuesta del cabezal térmico a la radiación luminosa procedente de un láser de CO₂ y modulada por un obturador mecánico se mide con un osciloscopio digital FLUKE-97/ 50Hz. Fig.5.

A partir del gráfico obtenido se determina la sensibilidad del detector, o sea, la relación entre la señal de respuesta en mV y la potencia de la radiación incidente, y el tiempo de respuesta, que se define como el tiempo después del cual la señal es igual a la relación de su valor máximo sobre el número de Euler (e). Como resultado se obtuvo que la sensibilidad de este dispositivo es de 0.354mV y el tiempo de respuesta de 4 seg.

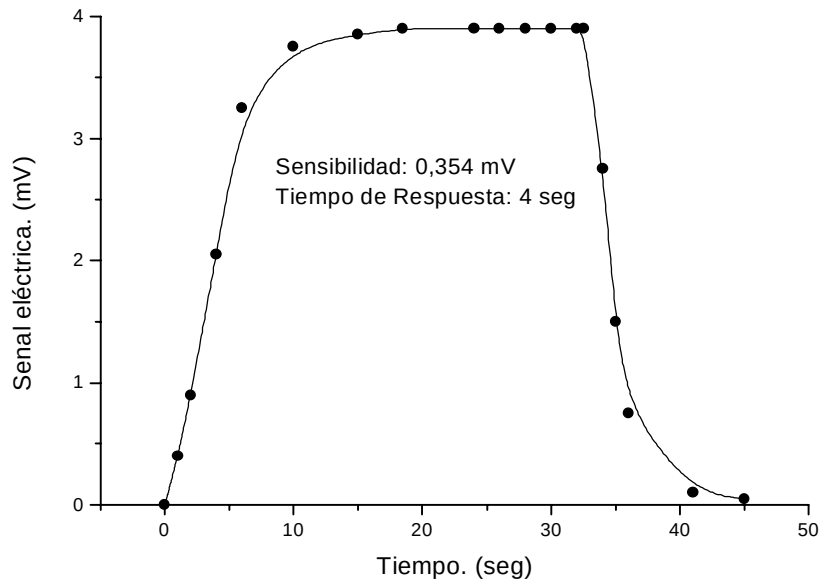


Fig 5. Señal de respuesta del detector.

CONCLUSIONES

A partir de los resultados obtenidos se puede concluir que el dispositivo construido puede ser empleado como detector térmico para la medición de potencia de los láseres continuos. Esta metodología está sujeta a posibles modificaciones con vistas a mejorar sus resultados.

El desarrollo de esta tecnología crea condiciones para su empleo en otros tipos de aplicaciones de amplia demanda en la actualidad como son la medición de temperatura a distancia, detectores de intruso, etc.[4,5]

BIBLIOGRAFIA.

[1]. Darias G.J.G, Frías S. D. Relatorio técnico “Estudio del campo de temperatura en un detector térmico de radiación láser”. Instituto Politecnico de Rio de Janeiro. 6/96.

[2]. Darias G.J.G, Frías S. D. Relatorio técnico “Estudio del comportamiento dinámico de un detector térmico de radiación láser.

[3]. Boivin L. P. and Smith T. C. Applied Optics. 1978. V17 N19, 3067

[4,5]. US Pat Nos. 4,456 919 y 4 795 498.