

# Adquisición Automática de Datos de un Sensor de Temperatura Instalado en un Sistema de Fabricación de Dispositivos Electrónicos

**María Fernanda Córdoba**  
Ingeniera Física  
Integrante Grupo de Física de Bajas Temperaturas Universidad del Cauca

**Horacio Coy**  
Ingeniero Físico  
Docente Departamento de Física Universidad del Cauca

**Gilberto Bolaños**  
Doctor en Ciencias Físicas  
Docente e Investigador Universidad del Cauca

**Resumen:** En este trabajo se presenta el acondicionamiento de la señal de un sensor de temperatura con adquisición automática de datos para un horno instalado en una cámara de vacío de un sistema de pulverización catódica activado con radiofrecuencia. El horno calefactor alcanza temperaturas hasta 900°C. Se presenta el acondicionamiento y conversión análoga-digital de la señal de voltaje proveniente del sensor de temperatura incorporado en el horno, para luego desplegar y almacenar estos valores automáticamente en memoria.

**Palabras Clave:** Dispositivos electrónicos, pulverización catódica, interferencia por radiofrecuencia

**P**ara la fabricación de nuevos dispositivos electrónicos se necesita crecer materiales especiales con espesores de nanómetros (milésimas de milímetro) por lo que es indispensable disponer de equipos con parámetros altamente controlados como presión, voltaje, corriente y temperatura. Una técnica muy eficiente es la pulverización catódica que consiste en el desprendimiento de átomos de un material para ser depositados sobre un sustrato en forma completamente ordenada.

En el proceso de fabricación de películas delgadas por la técnica de pulverización catódica, la temperatura del sustrato es un parámetro crítico y de difícil control. La temperatura del sustrato influye en el crecimiento de las películas delgadas así como en su estructura final. La temperatura es usualmente medida y controlada con termopares conectados a controladores de potencia; sin embargo, es necesario lograr un aislamiento eléctrico de los termopares para reducir los componentes de offset dc y rf generados.

El ruido causado por fuentes de radiofrecuencia y sistemas de acople de impedancia, en los sistemas de pulverización catódica R.F., causan medidas erróneas en los valores de la fuerza electromotriz de los termopares. El ruido causado por ondas de radiofrecuencia es un tipo de ruido que se transmite por radiación, lo cual dificulta su diagnóstico y corrección. Existen diversos métodos que permiten disminuir la interferencia causada por radiofrecuencia en circuitos electrónicos, entre los cuales los más usados son: la adición de tiras de ferrita a lo largo de los cables conductores y acople de filtros LC y RC. La medida de temperatura también se encuentra afectada por otras fuentes de ruido como: fuentes de alta corriente, circuitos de manejo de potencia, osciladores, presentes en el sistema de pulverización catódica.

En este trabajo se presenta la instalación de un horno calefactor en la cámara de vacío de un sistema de pulverización catódica. El horno calefactor tiene una resistencia eléctrica de 4.7 $\Omega$ , y permite el calentamiento de los sustratos hasta 900°C durante el proceso de fabricación de

películas delgadas. Además, se presenta el tratamiento de la señal del termopar tipo J (Hierro-Constantan), acoplado al horno como sensor de temperatura.

Para el monitoreo de la temperatura se diseñó y construyó un circuito electrónico con varias etapas de filtrado que permiten la disminución del ruido eléctrico, registro automático y visualización de la temperatura del horno, así como su almacenamiento en memoria cada dos minutos.

### Desarrollo Experimental

Para la instalación del horno calefactor en la cámara de vacío, se diseñó y construyó un pasamuros en aluminio, que permite el paso de los cables del termopar a través de la cámara y se diseñó un soporte para el sustrato y el horno durante el crecimiento de la película delgada. En la Figura No.1. se observa un esquema de la cámara de vacío del sistema de pulverización catódica, con el horno instalado.

El acondicionamiento de la señal de voltaje proveniente del termopar se realizó por medio de filtrado análogo y digital. El filtro análogo consiste de un filtro pasivo RC, con frecuencia de corte de 2.41 KHz, que disminuye la interferencia de la radiofrecuencia, un filtro activo Butterwoth pasa bajas de octavo

orden, MAX7480, con frecuencia de corte de 8Hz, que reduce el ruido proveniente de la red eléctrica de 60Hz y el ruido producido por señales superpuestas.

El filtro digital es un filtro de media móvil, con periodo de muestreo de 2ms, que elimina el ruido causado durante el proceso de conversión análoga digital y se implementó en un microcontrolador PIC18F452 de Microchip.

Para compensar los valores de voltaje generados en la juntura de referencia del termopar, se utilizó un amplificador de instrumentación con compensador de voltaje para un termopar tipo J, AD594, de Analog Devices.

La conversión A/D se realizó utilizando un microcontrolador PIC18F452, así como la conversión de voltaje a temperatura en grados centígrados. Para visualizar la temperatura utilizaron 3 despliegues de 7 segmentos. El registro de la temperatura cada dos minutos se almacenó en la memoria de programa del microcontrolador y se accede a los datos almacenados por medio de interfaz RS-232 con un PC. Se implementó un programa en el software LabVIEW que permite visualizar la información almacenada en memoria.

En la Figura No.2, se muestra el diagrama del circuito electrónico diseñado e implementado para desplegar y almacenar los datos de temperatura del horno instalado en el sistema de pulverización catódica.

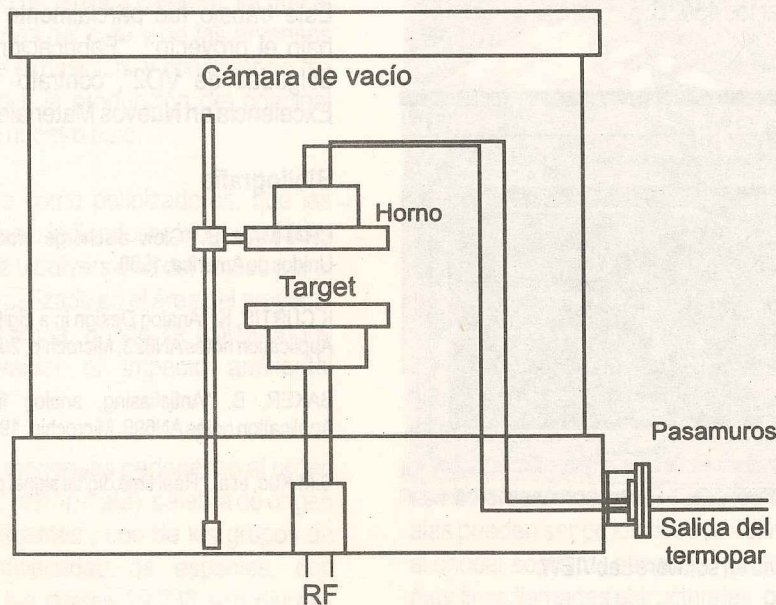


Figura No.1. Esquema de cámara de vacío del sistema de pulverización catódica.

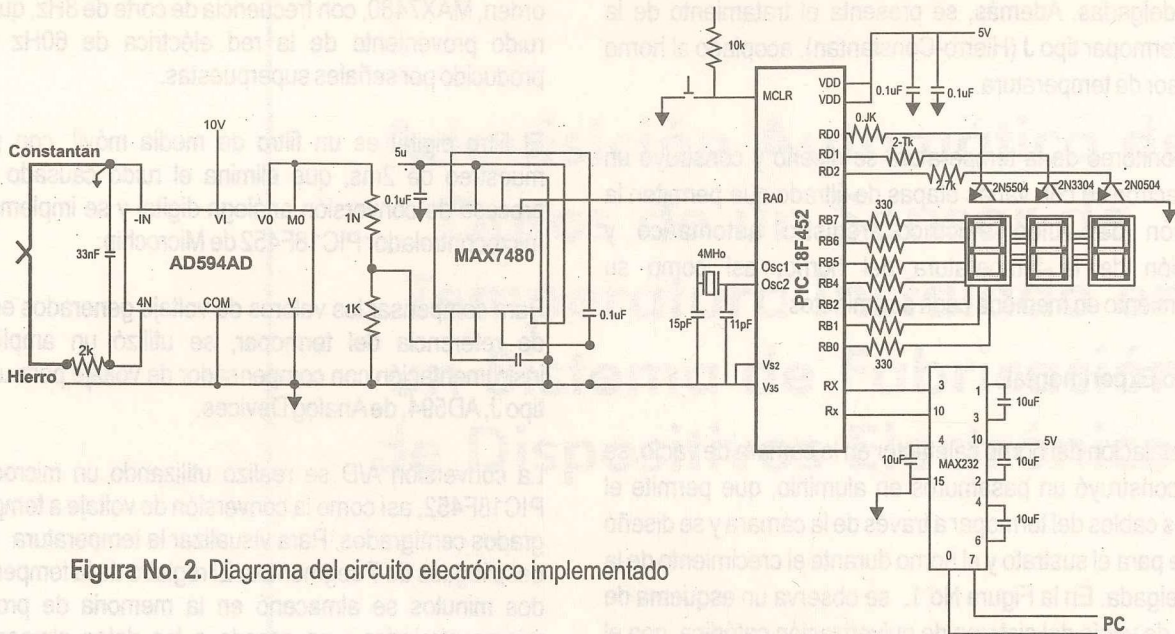


Figura No. 2. Diagrama del circuito electrónico implementado

### 3. Resultados y Discusión

En la Figura No.3 se presenta la interfaz de usuario del programa implementado en el software LabVIEW, que permite visualizar los datos de temperatura almacenados en la memoria del microcontrolador, durante el crecimiento de una película delgada de dióxido de vanadio, en donde se requiere mantener por 2 horas la temperatura del sustrato a 450°C. Se aplicó una corriente de 3A al horno para alcanzar la temperatura indicada en 1 hora. El comportamiento de la temperatura del horno se mantiene estable al alcanzar los 450°C.

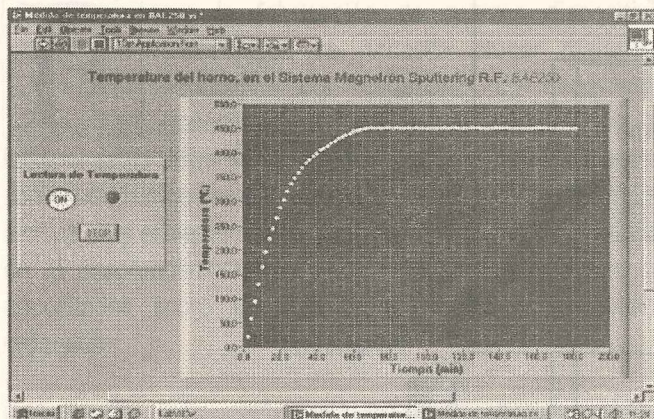


Figura No. 3. Interfaz de usuario en software LabVIEW.

### 4. Conclusiones

El horno instalado en el sistema de pulverización catódica permite el suministro de temperatura a los sustratos para el crecimiento de películas delgadas.

El sistema de filtros diseñado permitió disminuir la interferencia por radiofrecuencia y el ruido eléctrico presente en la señal del termopar, obteniendo medidas de temperatura estables.

Se obtuvo un registro detallado de la temperatura durante el proceso de crecimiento de una película delgada de dióxido de vanadio.

### Agradecimientos

Este trabajo fue parcialmente financiado por COLCIENCIAS, bajo el proyecto: "Fabricación y caracterización de películas delgadas de VO<sub>2</sub>", contrato 1103-05-13646 y el Centro de Excelencia en Nuevos Materiales CENM, contrato No 043-2005.

### Bibliografía

- CHAPMAN. B. "Glow discharge processes", John Wiley & Sons, Estados Unidos de America, 1980.
- K.CURTIS, K. "Analog Design in a digital world using mixed signal controllers", Application notes AN823, Microchip, 2002.
- BAKER, B. "Antialiasing, analog filters for data acquisition systems". Application notes AN699, Microchip, 1999.
- S.M.Kuo, et al. "Real time digital signal processing". John Wiley, 2000.