

SENSORES DE TEMPERATURA DE PELICULA DELGADA

E. Broitman, D. Latorre y R. Zimmerman

Departamento de Física, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,
Paseo Colón 850, 1063 Buenos Aires

Se depositaron trayectos de película delgada de Ni de 1800 Å de espesor diseñados por fotolitografía para ser usados como sensores de temperatura. Los trayectos resistivos fueron provistos de contactos de Cu para soldar terminales. Después de ser recubiertos con una capa de OSi como protección, fueron sometidos a un tratamiento térmico de estabilización.

Se obtuvieron sensores pequeños, estables y precisos.

1. INTRODUCCION

Cuando se deposita una película delgada es importante medir en forma confiable la temperatura del sustrato, porque ésta tiene un efecto importante sobre las propiedades de la película. La composición, tamaño de grano, tensiones mecánicas, adherencia, resistencia laminar, son todas propiedades de la película sobre las que influye la temperatura del sustrato.

Las termocuplas y las termorresistencias de alambre dejan dudas respecto al contacto sensor-sustrato, sobre todo cuando se trata de sustratos como vidrio y cerámica. Por esta razón, se pensó en la posibilidad de usar como sensores de temperatura trayectos de película delgada metálica que, además de asegurar un contacto íntimo película-sustrato, tienen tiempos rápidos de respuesta debido a su tamaño pequeño.

En este trabajo se describe la fabricación y caracterización de un sensor de película delgada de níquel y su aplicación en la medición de la temperatura de los sustratos en depósitos hechos por la técnica de ion-plating.

2. FABRICACION DEL SENSOR

2.1. Diseño del resistor

El cambio en el valor de resistencia R debido a una variación de temperatura ΔT está dado por:

$$R(T_2) - R(T_1) = \alpha_T R_T (T_2 - T_1) \quad (1)$$

donde α_T es el coeficiente térmico de resistencia (TCR) para el intervalo ΔT ($T_2 > T > T_1$). La medición, entonces, será tanto más sencilla cuanto mayor sea el valor de ΔR , lo que implica a su vez un mayor valor de R .

El valor de R está dado por:

$$R = \rho l / ea$$

donde ρ es la resistividad específica l la longitud, e es el espesor y a es el ancho. Las películas delgadas, además de tener muy pequeños espesores, ofrecen la ventaja de poder ser diseñadas por medio de técnicas fotolitográficas. Así se pueden obtener trayectos muy largos y de anchos muy reducidos con los que se logran resistores de valor nominal grande sobre un área muy pequeña.

El trayecto resistivo usado se muestra en la figura 1. Corresponde a 120 cuadrados, o sea $R = 120 R_l$ donde R_l es la resistencia laminar y ocupa un área total de 36 mm².

Para delinear el trayecto se siguieron los pasos ilustrados en la figura 2.

2.2. Depósito del trayecto resistivo y contactos eléctricos

Las películas de níquel fueron depositadas por evaporación en vacío a una presión de 10⁻⁵ mmHg sobre sustratos cerámicos Alsimag 838.

Los contactos eléctricos fueron depositados a través de máscaras de contacto de cobre de 0,5 mm de espesor. Se evaporó primero una delgada capa de NiCr de 200 Å de espesor para proveer adherencia y sobre ella una película de cobre de 2000 Å a la que luego se soldaron terminales normalizados con una aleación de estaño-plomo^{2,3} 60:40. Finalmente se recubrió el sensor con una capa de OSi de 2500 Å para protegerlo de una ulterior oxidación. Un efecto adicional de este recubrimiento es reducir la posibilidad que la película se aglomere⁴.

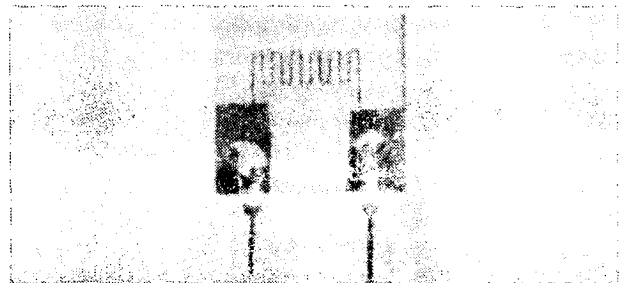


Figura 1: Termorresistencia de níquel.

2.3. Tratamiento térmico de estabilización

Antes de proceder a la calibración, los resistores deben ser sometidos a un tratamiento térmico de estabilización que tiene por objeto eliminar defectos cristalinos y tensiones internas de la película que pueden producir cambios irreversibles durante su funcionamiento. El tratamiento térmico se hizo en un horno a presión atmosférica durante 3 horas a 160 °C.

3. RESULTADOS Y DISCUSION

El comportamiento de las termorresistencias con respecto a la temperatura se estudió sumer-

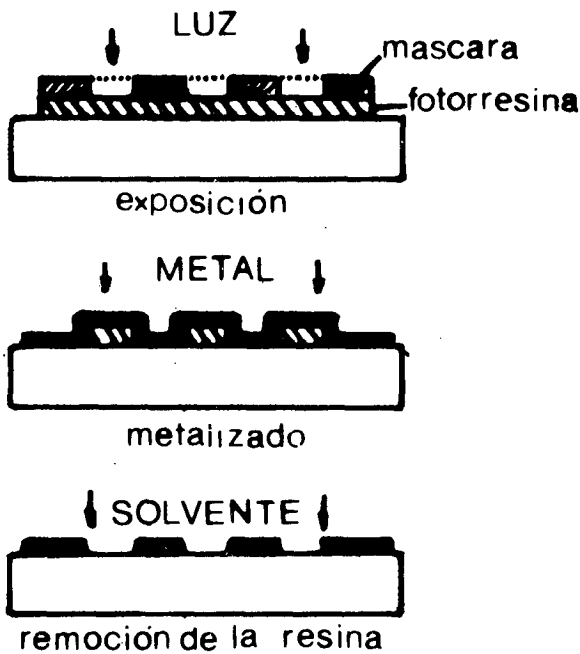


Figura 2: Proceso de fotolitografía.

giéndolas en un baño de aceite de siliconas cuya temperatura se midió con un termómetro preciso de mercurio. Se hicieron varios ciclos entre 20 y 120 °C.

En la figura 3 se muestra la variación de la resistencia relativa al valor inicial en función de la temperatura para un sensor sin tratamiento térmico. Se observa que en cada ciclo la pendiente de la curva (TCR) va aumentando.

En la figura 4 se muestra la variación de la resistencia nominal en función de la temperatura para un sensor estabilizado. La pendiente se mantuvo inalterada desde el primer ciclo. Su valor para este resistor particular resultó de 0,5 Ω / °C.

La desviación de la linealidad en ambos casos fue menor que 0,5%.

En contraste con el valor del TCR volumétrico del Ni (6840 ppm / °C)⁴ el TCR promedio de películas de 1800Å de espesor resultó ser 3400 ppm / °C. El valor menor hallado puede explicarse a partir del hecho que en las películas delgadas hay mayor cantidad de defectos cristalinos e impurezas absorbidas que en el material en volumen⁴. Como la contribución de los mismos a la resistividad, una vez estabilizada la película, es independiente de la temperatura, el TCR resulta menor.

4. CONCLUSIONES

Conociendo y controlando los factores que afectan el depósito de la película: presión residual, velocidad de depósito, temperatura del sustrato y espesor, se obtuvieron sensores de película delgada de Ni pequeños, estables y precisos que pueden medir diferencias de temperatura del orden de 0,1 °C.

En una aplicación en el laboratorio, los sensores se utilizaron en el crecimiento epitaxial de películas de Ag por la técnica de ion-plating⁵. Se pudo determinar el efecto de la presión residual y de la po-

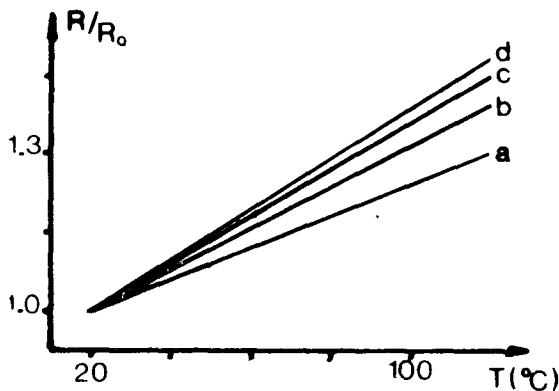


Figura 3: R/R_0 vs. T para un sensor sin tratamiento térmico durante varios ciclos de calentamiento.

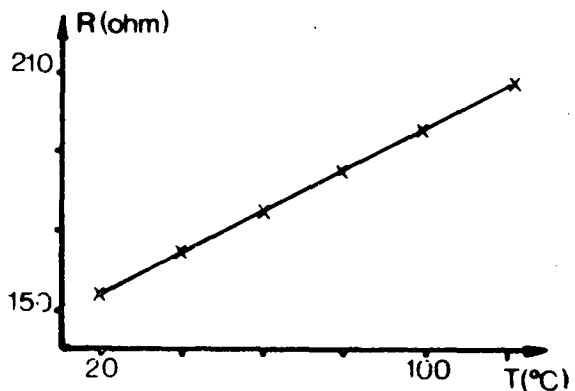


Figura 4: R vs. T para un sensor estabilizado.

tencia de la descarga sobre el calentamiento de los sustratos. Se trataba de monocristales de CINA que son malos conductores térmicos, por lo que, si bien los sustratos se mantenían a temperatura ambiente, su superficie podía calentarse por efecto de la descarga gaseosa.

5. REFERENCIAS

1. L. I. Maissel, "Electrical properties of metallic thin films" en Handbook of Thin Technology, Eds. Maissel and Glang, Mc. Graw-Hill, New York, (1970) Cap. 13.
2. P. J. Giarratano et al, "A thin film platinum for transient heat transfer studies", Proc. Sixth Int. Symp. Temperature, Washington (1982) 859-863.
3. E. Oker and H. Merle, Journal of Heat Transfer; **103** (1981) pag. 65
4. N. Schwartz and R. W. Berry, "Thin-film components and circuits" en Physics of Thin Films, Ed. G. Hass, Academic Press, New York (1964) Vol 2, Cap. 7.
5. R. Zimmerman, E. Broitman and D. Latorre, Thin Solid Films **165** (1988) 101-105.