

# RESISTIVIDAD ELECTRICA RESIDUAL EN PELICULAS DELGADAS

E. Broitman, R. Zimmerman

Laboratorio de Películas Delgadas, Facultad de Ingeniería, Universidad de Buenos Aires,  
Paseo Colón 850, (1063) Buenos Aires, Argentina

Ha sido bien establecido que la resistividad de las películas delgadas depende fuertemente de su estructura. Para entender mejor dicha influencia se comparó la resistividad residual (0°K) de películas obtenidas por evaporación en vacío y por ion-plating. Las películas obtenidas por esta última técnica se caracterizan por tener un diámetro de grano menor, y mayor uniformidad en tamaño y forma de los granos. La resistividad residual fue determinada midiendo la resistividad a distintas temperaturas para muestras de distintos espesores. El tamaño de grano se obtuvo por microscopía electrónica de transmisión.

## I. INTRODUCCIÓN

Las películas delgadas depositadas por ion-plating (I-P) se caracterizan por tener un tamaño final de grano menor que las evaporadas en vacío (E-V) y una mayor uniformidad en tamaño y forma de los granos<sup>1</sup>. Las propiedades físicas de las películas dependen de la estructura y si bien hay trabajos donde se estudia la influencia de la técnica de I-P sobre las propiedades tribológicas fricción y desgaste, muy poco se ha hecho sobre las propiedades eléctricas<sup>2</sup>.

Varios autores mostraron que, para películas delgadas depositadas en vacío, el mecanismo dominante en la resistividad es el scattering en borde de grano; calcularon el coeficiente de reflexión en el borde de grano y midieron la resistividad residual ( $\rho(0)$ ). También han observado que el tamaño de grano aumenta con el espesor de las películas<sup>3-6</sup>.

En este trabajo se midió la resistividad residual de películas policristalinas de oro obtenidas por I-P y se comparó con los valores obtenidos para películas E-V.

## II. PARTE EXPERIMENTAL

El método de I-P ha sido descrito en un trabajo anterior<sup>7</sup>. Los parámetros de depósito fueron: presión de argón 20  $\mu\text{mHg}$ , potencial catódico 3 kV y densidad de corriente en el sustrato 0.7 mA/cm<sup>2</sup>. Las películas depositadas por E-V se obtuvieron a una presión de 10<sup>-5</sup> mmHg.

Las películas de oro fueron depositadas sobre

sustratos de vidrio *corning 7059* para las mediciones eléctricas y sobre monocristales de CINA para su observación por TEM.

El espesor de las películas fue medido por interferometría óptica.

La resistividad a temperatura ambiente se midió por el método de las cuatro puntas. La resistividad en función de la temperatura fue medida usando una configuración tipo "Hall bar pattern"<sup>6</sup> en el rango 5-300 °K. Las mediciones fueron hechas cada 2-4 °K utilizando un equipo del Laboratorio de Bajas Temperaturas de la FCE y N (UBA).

## III. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la Fig. 1 se muestra la relación entre tamaño de grano y espesor para películas E-V y I-P. Mientras que en las películas E-V el diámetro de

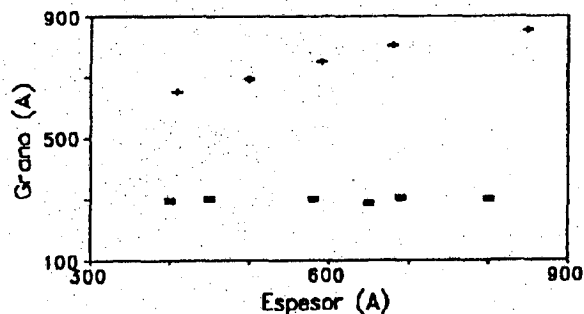


Fig. 1: Tamaño de grano vs. espesor para películas E-V y I-P. Vacío: (+); Ion-plating ■

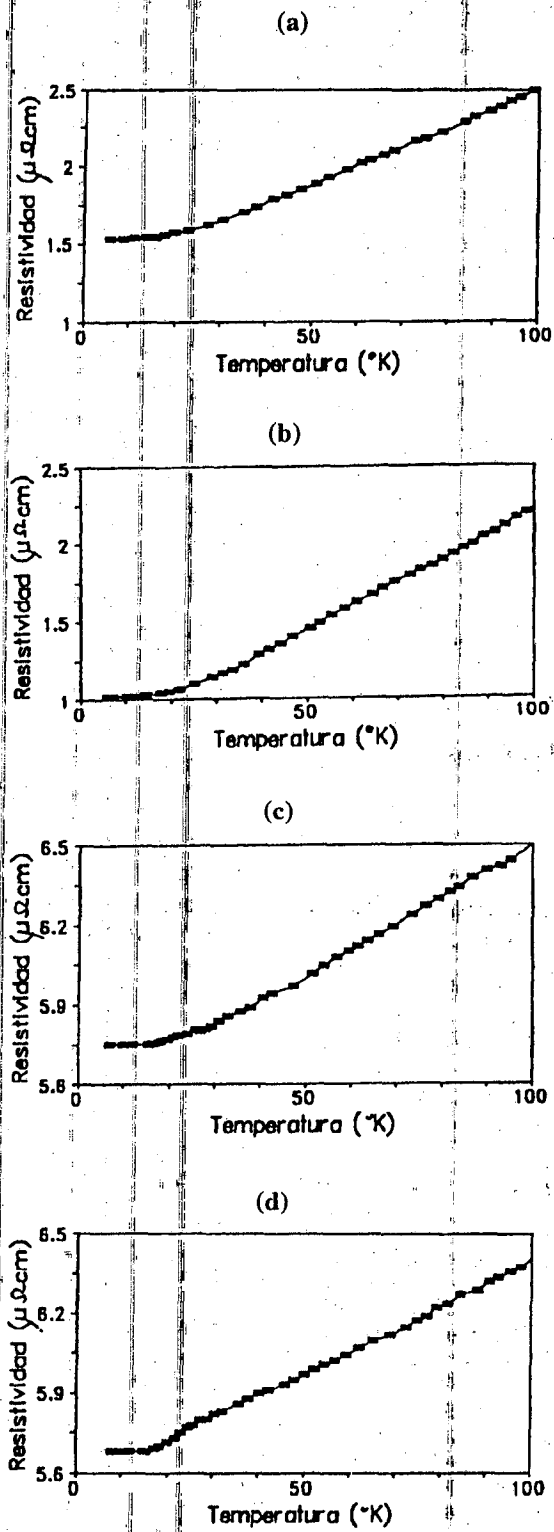


Fig. 2: Resistividad vs. temperatura para películas E-V: (a): 400 Å; (b): 680 Å y para películas I-P: (c): 400 Å; (d): 650 Å.

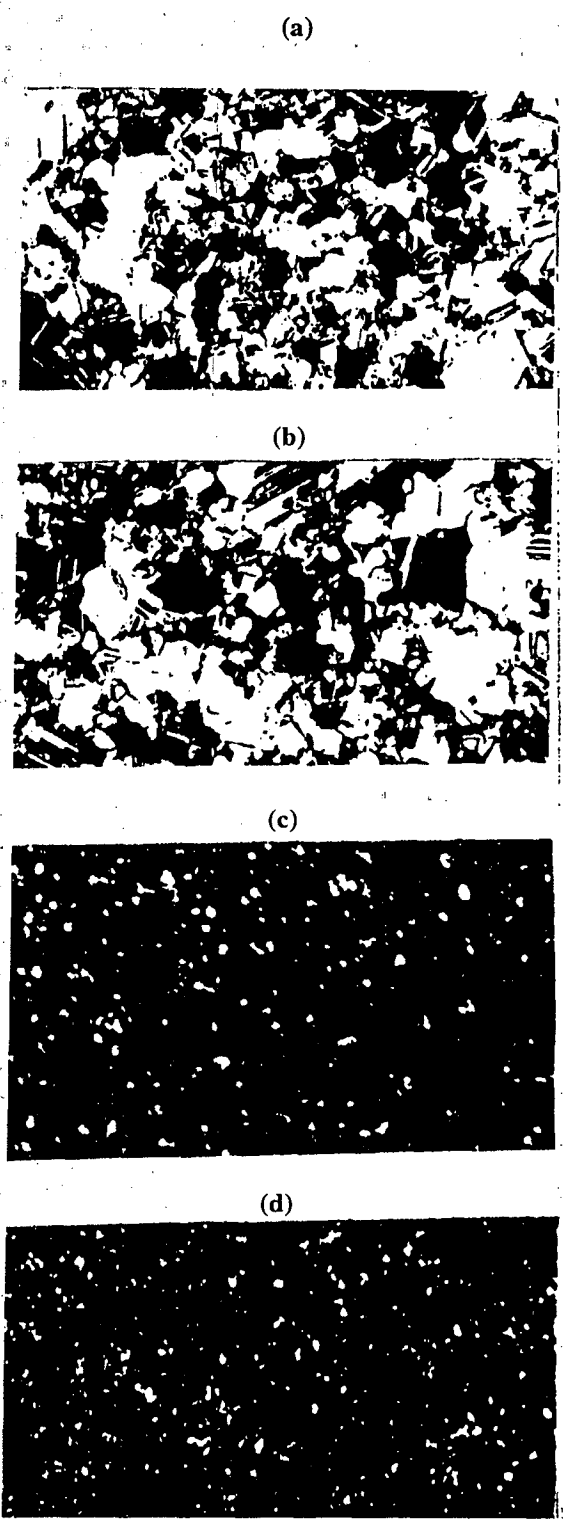


Fig. 3: Micrografías correspondientes a las películas de la Fig. 2. Diámetro de grano: (a): 650 Å; (b): 800 Å; (c): 290 Å; (d): 280 Å. Aumento: 8000 X.

grano va aumentando a medida que aumenta el espesor, en las películas I-P el diámetro se mantiene prácticamente constante para todos los espesores observados.

En las Figs. 2a-d se muestra la variación de la resistividad con la temperatura para películas obtenidas por las dos técnicas.

	ESPESOR Å	DIAMETRO GRANO Å	RESISTIVIDAD $\mu\Omega\text{cm}$ (300° K)	RESISTIVIDAD $\mu\Omega\text{cm}$ (0° K)	TCR ppm/°C. (30-100° K)
ION PLATING	400	290	7.79	5.75	1380
	650	280	7.80	5.68	1340
VACÍO	400	650	3.62	1.53	3560
	680	800	2.49	1.02	3790

En las Figs. 3 a-d se muestran las micrográficas correspondientes. La película E-V de mayor espesor tiene un tamaño de grano de 80 nm mientras que la de 41 nm de espesor tiene un tamaño de grano de 65 nm.

Para las películas I-P el tamaño de grano es prácticamente igual para los dos espesores mostrando una mayor uniformidad en tamaño y forma de los granos. Esto es consecuencia de las especiales características de nucleación y crecimiento de las películas debidas al bombardeo iónico permanente del sustrato durante el depósito<sup>1</sup>.

En el cuadro se muestran los valores obtenidos.

Teniendo en cuenta que la mayor contribución a la resistividad es el scattering en borde de grano, se puede explicar, que mientras para las películas E-V el  $\rho(0)$  es menor cuando el espesor (tamaño de grano) es mayor, para las películas I-P  $\rho(0)$  sea el mismo para los dos espesores.

Además como la contribución de los defectos

a la resistividad es independiente de la temperatura también se explica que el TCR varíe en las películas E-V y permanezca constante en las I-P cuando cambia el espesor.

#### IV. CONCLUSIONES

Se ha determinado el valor de la resistividad residual de películas obtenidas por ion-plating y se ha comparado con películas evaporadas. En las películas depositadas por ion-plating la resistividad residual es independiente del espesor.

#### REFERENCIAS

1. R. Zimmerman, E. Broitman & D. Latorre "The growth of single crystal films on rocksalt by ion-plating". Thin Solid Films, **165** (1), 101-105 (1988).
2. R. Zimmerman, E. Broitman & D. Latorre "Termorresistencias de níquel depositadas por ion-plating". Anales AFA **3**, 357-360 (1991).
3. A. F. Mayadas, M. Shatzkes & J. F. Janak. "Electrical resistivity model for polycrystalline films". Appl. Phys. Lett. **14**, 345-347 (1969).
4. C. R. Tellier & A. J. Tosser. "Size effects in thin films". Thin Films Science and Technology, **2**, Elsevier Scientific Publishing Company, Amster-dan (1982) Chap 1.
5. J.R. Sambles "The resistivity of thin metal films - some critical remarks". Thin Solid Films **106**, 321-331 (1983).
6. J. W. C. de Vries "Temperature dependent resistivity measurements on polycrystalline SiO<sub>2</sub> covered thin gold films". Thin Solid Films **150**, 201-208 (1987).
7. R. Zimmerman, E. Broitman & D. Latorre "Recubrimientos adherentes obtenidos por la técnica de ion-plating". Tribología, **18**, 6-11 (1989).