

GENERACION DE SUPERFICIES AMORFAS POR MEDIO DE UN CAÑÓN ELECTRONICO DE CATODO FRIO

N. Mingolo

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

J. Rocca

Department of Electrical Engineering, Colorado State University, Fort Collins, CO 80521, U.S.A

Se utilizó un cañón de electrones basado en una descarga gaseosa de baja presión para la generación de superficies amorfas. Dicho cañón, similar a los utilizados para experimentos de excitación de láseres gaseosos, constaba en un cátodo frío de 7,5 cm de diámetro, que entregaba una corriente de hasta 100A a 40kV, depositando en la muestra densidades de energía de hasta 200J/cm² en pulsos de 10μs a 30μs de duración. Dicha energía resulta más que suficiente para fundir superficies de muestras metálicas, que se enfrían rápidamente por disipación contra el sustrato y solidificando en una fase amorfa. El sistema permitía controlar tanto la tensión como la corriente del cañón, así como variar la focalización cambiando la distancia del cátodo al blanco. Luego de una búsqueda sistemática para distintos valores de los parámetros, se lograron identificar por difracción de rayos X muestras con superficies amorfas en aleaciones de Mg-Zn.

En este trabajo se presenta por primera vez la amorfización de superficies metálicas por medio de un cañón electrónico de cátodo frío. Los antecedentes en el procesamiento de superficies con haces electrónicos pulsados son con cañones de cátodo caliente y restringido a la recrystalización de superficies¹. Cañones electrónicos de cátodo frío continuos han sido utilizados en recrystalización de semiconductores². La técnica aquí descrita ofrece varias ventajas sobre la técnica alternativa de amorfización por medio de pulsos láser³; estas son: mayor energía por pulso, mayor coeficiente de absorción, menor complejidad y precio, mayor número de parámetros de control (densidad de energía, penetración, duración del pulso). Respecto de los cañones de cátodo caliente, tiene la ventaja de proveer una mayor corriente y tener menor requerimiento de vacío (bomba mecánica en vez de difusora).

El cañón utilizado es una modificación del fabricado por Ranea Sandoval y otros⁴ para la excitación de láseres iónicos. En la figura 1 se muestra el circuito de descarga, observándose en la figura 2 el detalle del cañón y el soporte de la muestra. Una fuente de alta tensión carga un capacitor de 90μF, que se descarga a través del cañón cuando un pulso de disparo es aplicado a un "spark gap". Podía dispararse manualmente en pulso único (modo en que se utiliza para tratar las muestras), o en forma repetitiva hasta la frecuencia de 1Hz (modo utilizado para ajustar las características del disparo). El pulso de corriente y la tensión sobre el cátodo eran medidas simultáneamente en un osciloscopio de memoria, en la figura 1 se muestra un disparo característico.

La muestra era sujeta a un portamuestras manteniendo contacto eléctrico a tierra para evitar efectos de carga espacial. El portamuestras podía alejarse o acercarse del cátodo para variar el área del haz de electrones. El mismo era montado excéntrico al eje del cañón, permitiendo seleccionar

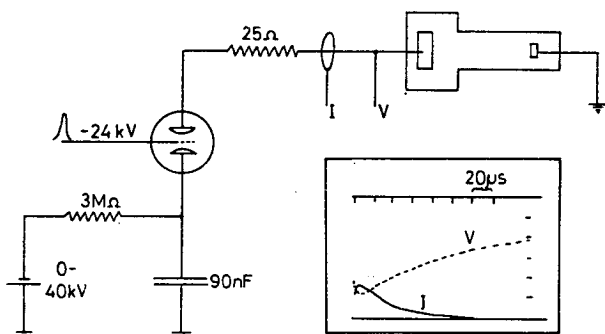


Figura 1: Circuito de descarga. En el recuadro un disparo característico.

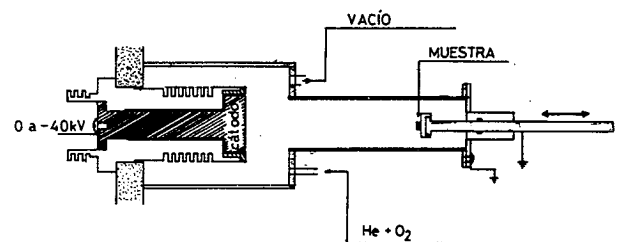


Figura 2: Cañón y soporte de la muestra.

V _{fuelle} (kV)	V _{cátodo} (kV)	I _{cátodo} (A)
25	17,5	70
27,5	19	90
30	20	100
32,5	21	120

Tabla 1 Características de la descarga variando el potencial. P_{He} = 300 m Torr

P _{He}	V _{cat.}	I _{cat.}	τ (μs)	E (J)
290	22,5	50	20	22,5
250	25	43	24	25
200	26	30	35	27
50	27	20	50	27

Tabla 2: Características de la descarga variando la presión de He. V_f = 29 KV

Nota: la diferencia en los valores de la corriente entre ambas tablas se debe al distinto estado de oxidación del cátodo. Por eso es necesario mantener una presión parcial de O₂ de 10 mTorr.

hasta cuatro puntos de impacto por carga con sólo rotar aquél.

Las características de la descarga fueron estudiadas para distintos valores de tensión de fuente (Tabla 1) así como para distintos valores de presión de He (Tabla 2). Se estudió, además, el tamaño de la marca sobre una muestra en función de la distancia al cátodo, pudiéndose variar el área del haz entre 3mm² y 40 cm².

El material elegido para probar el sistema es una aleación de Mg₇₀ y Zn₃₀, en la que ya hay amplia experiencia con otros métodos de amorfización por enfriamiento rápido. Para esta aleación, la penetración de los electrones en el rango de energía utilizado es de unos 7μm⁵, mientras que por difusión térmica durante los 20 μs de duración del pulso, la energía depositada penetra del orden de unos 50 μm.

Para caracterizar las muestras se utilizó un difractor de rayos X convencional con tubo de Co (λ = 1,79Å). La penetración característica en el material de las muestras utilizadas es de 130 μm, lo que corresponde a una profundidad de 40 a 60 μm para el rango de ángulos de incidencia de interés.

En la figura 3 se muestra el espectro de rayos X de la aleación Mg₇₀ Zn₃₀ después de haber sido bombardeada con un haz de electrones de 41A, con potencial acelerador de 22,5 kV, una duración de 20 μs y energía de 21 J. No ha sido posible aún establecer la fracción de la energía depositada en la muestra.

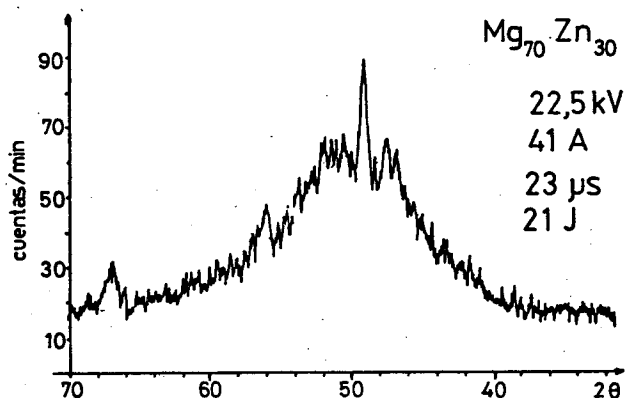


Figura 3: Espectro de rayos X de la muestra después de bombardeada con un haz de 41 A, 22,5 kV, 23μs (energía 21 J).

El espectro muestra un pico ancho de baja intensidad, característico de una muestra amorfa.

Otras muestras tratadas con menores energías (10, 12 y 15J) presentan espectros con picos angostos con intensidades varios órdenes de magnitud mayor, indicando la presencia de fases cristalinas. Cabe hacer notar que, dada la penetración de la técnica de estudio, no es posible discernir la existencia de capas superficiales amorfas del orden de la decena de micrones.

En resumen, se ha mostrado la posibilidad de amorfizar superficies metálicas por un nuevo método y están en curso estudios más precisos para la completa caracterización del material.

Deseamos expresar nuestro agradecimiento a Francisco Gonzalez por su colaboración en diseño del soporte de muestras, y a Daniel Hermida por facilitar el equipo de difracción de rayos X.

REFERENCIAS

1. "Laser and Electron Beam Processing of Materials" editado por C. W. White y P. S. Peercy, Academic Press, New York, 1980.
2. J. J. Rocca, J. D. Meyer, M. R. Farrel, y G. J. Collins, J. Apl. Phys., vol. 56, pg. 790, (1984).
3. M.von Allmen, "Laser Quenching" en Glassy Metals II, (Topics in Applied Physics), Springer-Verlag, Berlin.
4. H. F. Ranea-Sandoval, N. Reesor, B. T. Szapiro, C. Murray, y J. J. Rocca, IEEE Trans. on Plasma Phys., vol. PS-15, pg. 361, (1987).
5. R. Castaing, "Advances Electron Physics" vol. 13, pg.317.