

DISEÑO Y CONSTRUCCIÓN DE PORTA-BLANCOS MÚLTIPLE PARA UN SISTEMA DE DEPOSICIÓN POR LÁSER PULSADO

DESING AND CONSTRUCTION OF MULTITARGET HOLDER FOR PULSED LASER DEPOSITION SYSTEM

M. I. Oliva^{1,2,3*}, C. I. Zandalazini^{1,2,4}, J. C. Ferrero^{1,5}

1 Centro Láser de Ciencias Moleculares INFIQC - Departamento de Fisicoquímica – Facultad de Ciencias Químicas - Universidad Nacional de Córdoba – Ciudad Universitaria – (5000) Córdoba – Argentina

2 Grupo de Ciencia de Materiales - Facultad de Matemática Astronomía y Física - Universidad Nacional de Córdoba – Ciudad Universitaria – (5000) Córdoba – Argentina

3 SeCyT - Universidad Nacional de Córdoba – Ciudad Universitaria – (5000) Córdoba – Argentina

4 Becario doctoral – ANPCyT - FoNCyT

5 INVESTIGADOR CONICET

e-mail: omarcos@famaf.unc.edu.ar

Se desarrollo un porta-blancos múltiple que permite rotar el blanco durante la deposición, además del cambio de blanco para el crecimiento de películas multicapas, sin necesidad de abrir la cámara de deposición, condición que es indispensable para el crecimiento de las películas multicapas de buena calidad. El dispositivo esta compuesto por cinco porta-blancos desmontables, que son manipulados exteriormente mediante dos motores de corriente continua, uno para posicionar los blancos frente al porta-substrato y el otro es el responsable de la rotación axial de cada porta-blanco. Con éste diseño se consigue un costo total muy inferior al costo del los multi-blancos comerciales. También se desarrollo un modulo controlador que permite seleccionar la velocidad y el sentido de giro de los blancos. El comportamiento del dispositivo fue chequeado por la deposición de una película tricapa de BaFe₁₂O₁₉-BaTiO₃-BaFe₁₂O₁₉ sobre zafiro. El depósito conseguido fue homogéneo, logrando un film con muy escasa rugosidad superficial, indicando así las ventajas del movimiento del blanco.

Palabras Claves: portablancos, películas delgadas, deposición, láser pulsado, propiedades magnéticas.

In this paper the instructions for making “camera-ready” contributions to ANALES AFA are presented. This document can be found via Internet in the home pages of the Universidad Nacional del Centro de la Provincia de Buenos Aires www.unicen.edu.ar/crecic/analesafa under the appropriate choice.

Key Word: multitarget holder, thin films, deposition laser pulsed.

I. INTRODUCCIÓN

En los últimos años, las técnicas de deposición de películas delgadas han cobrado gran importancia. Es ampliamente conocido que los materiales formados a partir de películas delgadas presentan características peculiares respecto al material “bulk”, proporcionando una amplia gama de aplicaciones en áreas como la de biofísica, optoelectrónica y la nanotecnología. La técnica de deposición por láser pulsado (PLD) es una de las técnicas de mayor importancia por la posibilidad de reproducción estequiométrica del material blanco, por mencionar una de las características principales. Ha sido ampliamente reportada la dependencia de la calidad, morfología, estructura y propiedades de las películas delgadas respecto de los parámetros de deposición [1-4] (referentes al láser: fluencia, longitud de onda, ancho del pulso y tasa de repetición; además de la presión en la cámara de deposición, atmósfera, temperatura, distancia blanco-substrato, y su velocidad de rotación). La influencia del movimiento del blanco en la calidad del film está plasmada esencialmente en su morfología, respecto de la cual dependen fuertemente las propiedades físicas de la película depositada.

El láser, en su proceso de ablación, va dañando la superficie del material blanco, transformándola en una superficie rugosa. Esto favorece la eyección de “particulados”, es decir, especies demasiado grandes que al arribar sobre el substrato, lo dañan o generan un film muy rugoso favoreciendo el crecimiento de “islotes” que llegan a tener dimensiones micrométricas. Si bien el crecimiento de estos “islotes” en el film no se debe enteramente al proceso erosivo del blanco, gran parte (2/3 aproximadamente) es debido a esto [5]. Con el movimiento del blanco se consigue reducir ampliamente el daño superficial disminuyendo el número de pulsos en cada punto de incidencia.

En este trabajo se desarrolló un portablancos múltiple que posibilita mantener rotando el blanco durante la deposición, permitiendo además, el cambio de material blanco para el crecimiento de películas multicapas sin necesidad de abrir la cámara de ablación, condición que es indispensable para el crecimiento de las películas multicapas de buena calidad.

II. DISEÑO Y CONSTRUCCION

El dispositivo mostrado en la figura 1 y 2 está compuesto por cinco portablancos desmontables, que son manipulados exteriormente mediante dos motores de corriente continua. Uno de los motores permite posicionar los blancos frente al portasubstrato y el otro es el responsable de la rotación axial de cada portablancos. Los materiales usados en su construcción fueron, aluminio para el soporte, los ejes y engranajes de transmisión en acero inoxidable y los bujes están contruidos en bronce.

Portablancos

En el diseño entra en juego el número de blancos y la dimensión final del dispositivo, ya que es favorable la mayor cantidad de portablancos pero a su vez se cuenta con espacio reducido por encontrarse en el interior de la cámara de vacío.

Cada portablancos puede alojar un blanco de 12mm de diámetro máximo y fueron contruidos en bronce siendo totalmente desmontables, permitiendo un cómodo acceso al momento de remplazar y ubicar el blanco.

En lo que respecta al soporte, fue contruido en aluminio, y los ejes y engranajes de transmisión en acero inoxidable. Los bujes en su totalidad están contruidos en bronce.

Cada uno de estos blancos puede girar en torno a su eje axial con 16 velocidades diferentes, en ambos sentidos de giro.

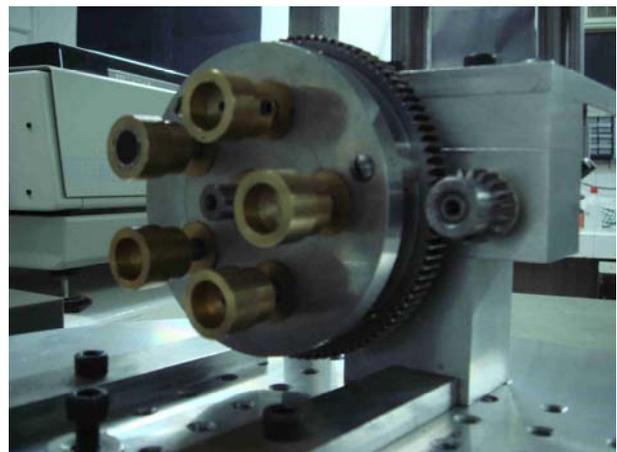
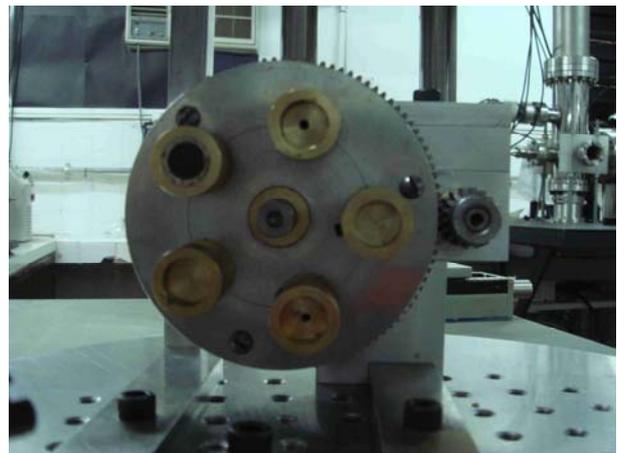


Figura 1. Fotografías de un portablancos y de sus partes componentes.

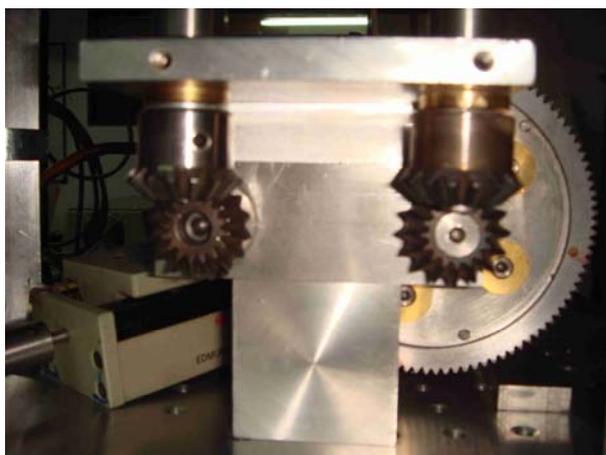
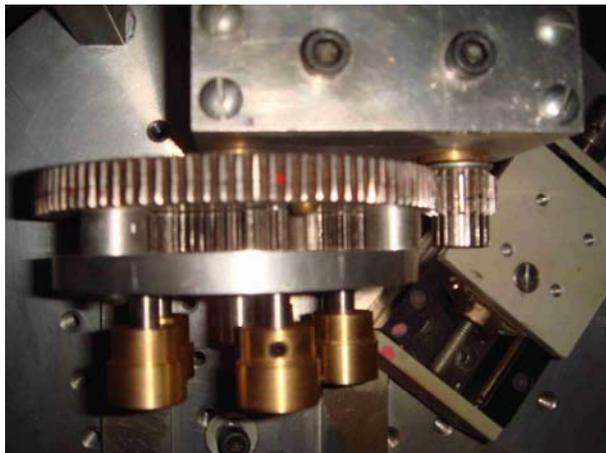


Figura 2. Fotografías del Portablancos múltiple y su sistema de movimiento.

Micro Controlador

El módulo controlador esquematizado en la figura 3, se desarrollo de manera tal que permita posicionar el blanco de interés frente al sustrato, así como establecer la velocidad y sentido de giro de blancos y del sustrato.

Cada portablancos puede ser llevado a una posición que está exactamente enfrentada con el horno. Si al encender el módulo, ningún blanco se encuentra en dicha posición, automáticamente éste es llevado hasta esa posición, y a la misma se le asigna el número 1. Esta posición inicial es utilizada como posición de referencia. Es decir que la posición de referencia de los blancos es relativa y puede cambiar cada vez que se encienda el módulo.

El módulo se comunica con una PC utilizando un puerto serie RS232C configurado de la siguiente manera: 4800 baudios, 8 bits de datos, 1 bit de stop, sin paridad. El protocolo utilizado en el modo ECO. Es decir que por cada carácter transmitido deberá esperarse un eco del mismo.

A el control de movimiento se accede por el envío del carácter correspondiente para posicionar el blanco inicialmente, luego su velocidad y sentido de giro.

Además es posible cargar una secuencia y guardarla en memoria no volátil, transmitiendo: tiempo, sentido de giro, velocidad de giro, y posición, permitiendo así comenzar una rutina mediante una botonera incorporada en el módulo que posibilita acceder a esta secuencia cargada o simplemente la operación manual de cada movimiento.

Motores

Consta de dos motores de corriente continua marca IGNIS, cada uno tiene incorporado un motorreductor. Se utilizo Ignis MR 82-6 0704 operando a 6 RPM para el giro axial, y para el cambio de posición se utilizo Ignis MR82-17 0705 con 17 RPM. Estos operan con 12 Volts de voltaje nominal y una corriente de 0.4 A.

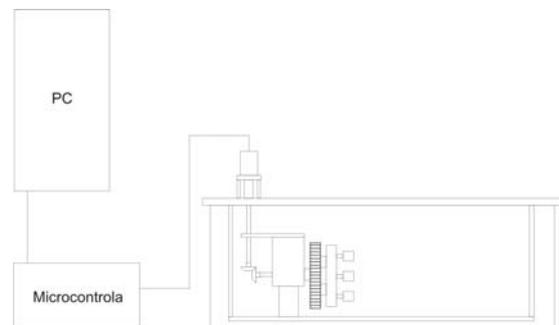


Figura 3. Esquema del sistema de movimiento de los portablancos.

La tabla 1 muestra las velocidades desarrolladas por cada uno de los portablancos.

Tabla 1. Velocidad de giro del los portablancos

Portablancos	
#	RPM
0	23,64
1	22,74
2	22,08
3	21,30
4	19,14
5	18,54
6	17,70
7	17,28
8	12,66
9	12,30
10	11,94
11	11,70
12	10,74
13	10,44
14	10,14
15	10,02

III. DESEMPEÑO

Se realizó un depósito multicapa comprobando el funcionamiento del dispositivo multiblancos. El deposito consto de tres capas, ferrita de bario ($BaFe_{12}O_{19}$), titanato de bario ($BaTiO_3$), y nuevamente ferrita de

bario, en un sustrato de vidrio. Los blancos de ferrita fueron preparados moliendo material de imán comercial en un molino de alta energía durante 5 hs. Y para los de

titanato, se usó titanato de Ba en polvo con 99% de pureza. En ambos casos se los prensó con 5 tn durante 10 minutos, y se usó como aglutinante alcohol polivinilo 3%. Posteriormente se les realizó un tratamiento térmico en aire. Para los blancos de ferrita se consideró la siguiente rampa: hasta 550°C con 18°C/min, manteniéndolo por 15 minutos a esa temperatura, se prosigue el incremento hasta 1000°C con una tasa de 7°C/min, a esta temperatura se lo mantiene por 4hs. Respecto a los blancos de titanato, fueron calcinados directamente a 1000 °C por 5 hs. El enfriamiento en ambos casos fue lento (1°/min aproximadamente).

El láser utilizado fue Nd-YAG en la longitud de onda de 532nm, frecuencia y duración de pulso 10Hz y 6ns respectivamente. La fluencia fue 105mW, y el spot de 0,0078 cm², generó 14 J/cm² en la superficie del blanco. La presión durante la deposición fue de 7,0E-5 Torr, y la distancia entre blanco y sustrato fue de 3,5cm. Los blancos fueron rotados a 23,64 rpm, y los tiempos de deposición fueron: 20 minutos para las capas de ferrita, y de 10 minutos para la de titanato. Durante la deposición se mantuvo la temperatura del sustrato en 300°C.

Propiedades magnéticas

Mediante un magnetómetro SQUID se realizaron mediciones de M(H,T), y además de curvas ZFC-FC.

De las curvas de ZFC-FC mostradas en la figura 4 y la región ampliada mostrada en la figura 5, se obtuvo la temperatura de bloqueo $T_B=131$ °K y la temperatura de irreversibilidad $T_{irr}=150$ °K. El campo aplicado en FC fue de 500Oe.

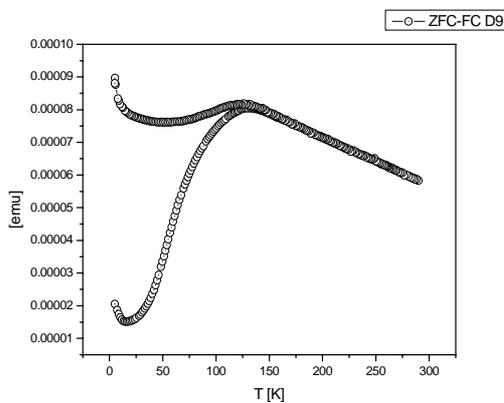


Figura 4. Curva ZFC-FC con un campo aplicado de 500Oe.

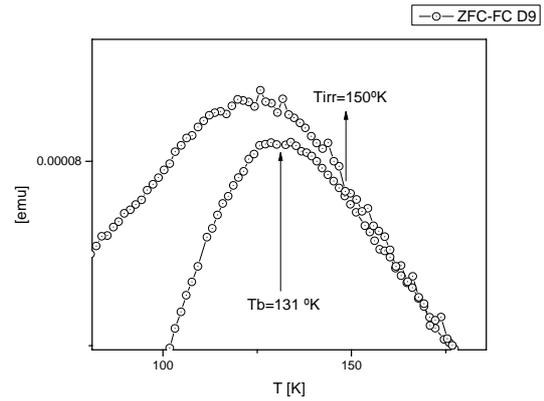


Figura 5. Ampliación de la figura 4 indicando las temperaturas de bloqueo y de irreversibilidad.

Mediante el cálculo de $-d(FC-ZFC)$ se obtiene el perfil de tamaño de partículas [6], indicando que estas tienen tamaños muy similares dado el pico acentuado que se observa en el correspondiente gráfico (ver figura 6).

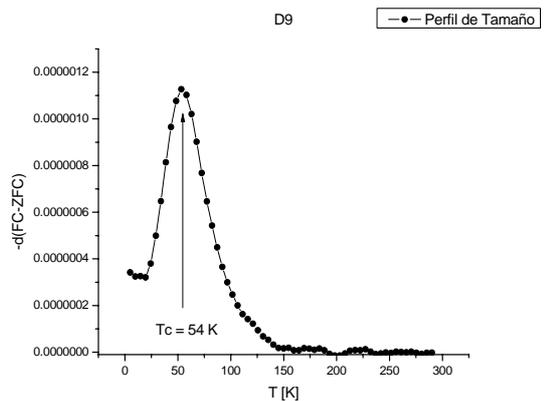


Figura 6. Perfil de distribución de tamaño de partículas.

Considerando el modelo teórico propuesto por Stearns et al. [7] para el FM y por Langevin [8] para el comportamiento SPM, se realizó un ajuste para la magnetización M(H) a T=50°K suponiendo el sistema compuesto por componente FM y SPM. Esto arrojó como resultado un tamaño de partícula de radio $R=4,16$ nm (considerándola esférica). $R=[V_p \cdot 3/4\pi]^{1/3}$, donde $V_p=\mu/M_{sp}$, μ es el momento dipolar magnético por partícula y M_{sp} es la magnetización de saturación correspondiente al régimen SPM.

IV. CONCLUSIONES

El portablancos múltiple desarrollado permite depositar películas multicapas sin necesidad de modificar las condiciones internas de la cámara. El número de portablancos favorece doblemente en la morfología del film, para el caso en que se realicen multicapas de menos de cinco materiales, es posible ubicar blancos repitiendo el material de mayor vulnerabilidad a la

erosión, lo que posibilita el cambio de blanco para una misma capa reduciendo aún más la eyección de “particulados” debido al surco generado por el láser en una exposición prolongada. Además se cuenta con una amplia gama de velocidades de blancos, yendo desde 10 a 24 rpm, lo cual permite estudiar posibles influencias de la velocidad relativa blanco-substrato en el crecimiento del film.

Con el diseño presentado aquí se consigue un costo total muy inferior al costo de los dispositivos multiblancos comerciales [9].

El análisis del film mostró que los tamaños de las partículas en el depósito son muy similares, y de carácter estimativo se obtuvo un tamaño promedio con un radio de 4,16nm, indicando un depósito uniforme.

Referencias

- [1] P. R. Wilmott, J. R. Huber, *Rev. of Mod. Phys.* 72, 1 2000.
- [2] D. Bäuerle, “*Laser Processing and Chemistry*” 3rd edn. Springer, Berlin, Heidelberg (2000).
- [3] C. H. Lei, *Thin Sol. Film.*, 515, (2006) 1701-1707.
- [4] C. Vispe, I. Nicolae, C. Sima, C. Grigoriu, R. Medianu, *Thin Sol. Film.*, 515, (2007) 8771-775.
- [5] S. Fähler, M. Strörmer, H. U. Krebs, *Appl. Surf. S.* 109 (1997) 433.
- [6] L. M. Socolovsky, M. Knobel, J. M. Vargas. *Rev. Cubana de Física*, 20, (1) 2003.
- [7] M. B. Stearns, Y. Cheng, *J. Appl. Phys.* 75 (10), 1994. [8] P. Langevin, “*Teoria Microscopica del Magnetisme*”, *Annales of Chem. Phys.* 5 (1905) 70.
- [9] X. Wang, A. Pun, Y. Xin, J. Zheng, *Rev. of Scient. Inst.* 75, 10, (2004) 3365-3367.