

Formación de una película de aluminio conductora

Méndez Matías y Villar Gustavo

{matías.mendez y gustavo.villar}@ug.uchile.cl

Profesores: Falcón Claudio y Fuenzalida Víctor

Profesores Auxiliares: Contreras Consuelo y González Gregorio

Resumen—En este documento se presenta el informe sobre la evaporación de aluminio, correspondiente a la unidad 2 sobre vacío del curso de Física Experimental I. Se presenta el montaje del experimento realizado a partir de un sistema de vacío, para llegar a evaporar una película de aluminio y lograr que conduzca electricidad.

Palabras clave—vacío, aluminio, bomba difusora, bomba rotatoria, termocupla, válvula, cámara, temperatura, presión, electricidad, vidrio.

I. INTRODUCCIÓN

Las láminas delgadas son capas de material depositadas sobre un sustrato, estas pueden variar desde nanómetros hasta varios micrómetros de espesor. Las láminas delgadas permiten mejorar las propiedades superficiales del sustrato u otorgarlas en caso que no las posea. Algunas de estas propiedades pueden ser transmisión, reflexión, absorción, dureza, resistencia a la abrasión, corrosión, permeación y comportamiento eléctrico.

Las propiedades que pueden otorgar tienen una amplia gama de aplicaciones principalmente en la industria óptica y electrónica. Algunos ejemplos de aplicaciones son, regulación de adhesión celular a superficies; fabricación de máquinas y herramientas de corte; componentes ópticos; dispositivos electrónicos; superficies bidimensionales (almacenamiento magnético de datos); monitores; sensores; generación de energía (celdas fotovoltaicas).

Por sus aplicaciones, existe un gran interés en la industria por encontrar métodos alternativos que puedan ser menos costosos, más confiables o capaces de producir películas con propiedades nuevas o mejoradas.

II. METODOLOGÍA

Con el objetivo de conseguir un alto vacío, se monta un sistema de vacío. Este montaje consiste en una cámara de vacío, una bomba rotatoria, una bomba difusora y medidores de presión. Como se puede ver en la figura 1.

En la cámara de vacío hay un circuito abierto y un soporte para sujetar un portaobjetos. Este circuito está alimentado por un transformador y se puede regular la corriente que lo circula a través de una manilla, esta corriente es medida con un amperímetro.

En el experimento se utiliza un alambre de tungsteno de 0.5 mm de diámetro, un portaobjetos de vidrio, una máscara

de molibdeno y trozos de aluminio.

Se comienza limpiando la lámina de vidrio y la máscara. Primero con acetona y luego con etanol para quitar la acetona. Esto se hace para quitar impurezas que contaminen la cámara. Luego se deja secar en papel sin pelusa. Después se abre la válvula 5 para evacuar la cámara, y abrirla.

Se enrolla el alambre de tungsteno en forma de hélice. Se cierra el circuito con el alambre y se colocan tres pedazos de aluminio doblados de forma que queden sujetos al alambre. Se ubica la máscara en la lámina de vidrio y ambas se colocan en el soporte de forma que la normal a su cara frontal apunte hacia el alambre con el aluminio. Se coloca la cámara y la malla de seguridad. Y se procede a cerrar todas las válvulas.

Luego se energiza el sistema y se enciende la bomba rotatoria.

Se abre la válvula 3 para hacer un prevacío en la cámara. Cuando en la cámara se alcanza una presión de 1 Pa medido en el convector se cierra la válvula 3, y se abre la válvula 1 para hacer un prevacío en la bomba difusora. Cuando el medidor termopar mide 20 Pa, se comienza a calentar el aceite de la bomba difusora. Se vuelve a hacer un prevacío en la cámara cerrando la válvula 1 y abriendo la válvula 3. Se activa la trampa fría.

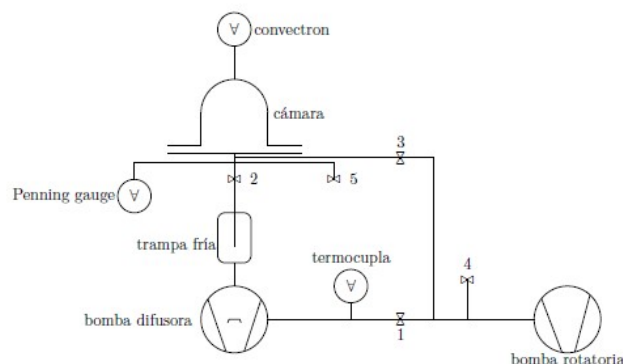


Figura 1. Esquema del montaje a utilizar. En las líneas que conectan los elementos del sistema se pueden apreciar las válvulas, enumeradas del 1 al 5.

Después con un termopar se mide la temperatura de la bomba difusora, al alcanzar 138 °C se espera 20 minutos para que la presión bajo la válvula 2 sea menor que la presión en

la cámara. Cuando la temperatura llega a 142 °C se abre la válvula 2 y se vacía la cámara.

Al alcanzar una presión de 10^{-2} Pa en el medidor Penning, se baja la manilla al mínimo nivel y se enciende el transformador. Se aumenta la corriente de forma gradual a una tasa de 1 A por minuto. Se alcanza una corriente de 20 A de forma que el aluminio se evapore. Se apaga el transformador.

Se cierra la válvula 2 y se apaga la bomba difusora. La trampa fría se apaga cuando el aceite llegue a 40 °C. Luego se cierra la válvula 4 y se apaga la bomba rotatoria. Se corta la corriente del sistema. Se evacua la cámara abriendo la válvula 5 y se abre. Con un multímetro se prueba si la placa conduce.

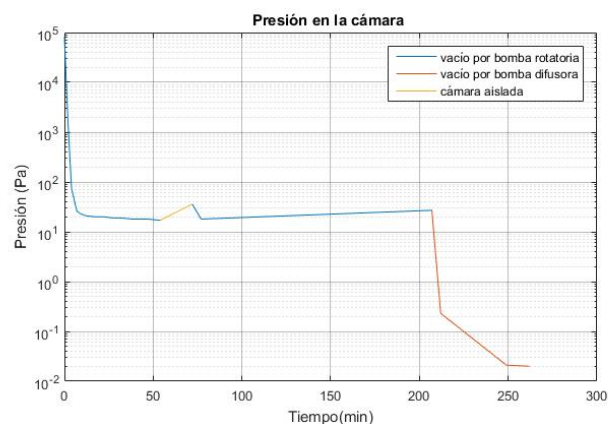


Figura 2. Gráfico de la presión medida en la cámara versus tiempo.

III. RESULTADOS

| Tiempo (min) | Presión (Pa) |
|--------------|----------------------|
| 0 | $8,1 \cdot 10^4$ |
| 2 | $1,6 \cdot 10^3$ |
| 4 | 74 |
| 7 | 26 |
| 9 | 23 |
| 12 | 21 |
| 17 | 20 |
| 22 | 20 |
| 27 | 19 |
| 32 | 19 |
| 38 | 18 |
| 43 | 18 |
| 47 | 18 |
| 54 | 17 |
| 72 | 36 |
| 77 | 18 |
| 207 | 27 |
| 212 | $2,30 \cdot 10^{-1}$ |
| 249 | $2,1 \cdot 10^{-2}$ |
| 262 | $2,0 \cdot 10^{-2}$ |

Tabla I: Medición de la presión de la cámara a través del tiempo. El color celeste muestra las mediciones hechas por el termopar, en morado se tiene la cámara aislada y en naranja las mediciones del medidor Penning.

| Tiempo (min) | Temperatura (C) | Presión (Pa) |
|--------------|-----------------|--------------|
| 0 | * | 27 |
| 3 | * | 22 |
| 6 | * | 21 |
| 10 | * | 20 |
| 18 | 31 | 35 |
| 20 | 43 | 32 |
| 25 | 76 | 29 |
| 30 | 108 | 35 |
| 35 | 127 | 29 |
| 40 | 134 | 23 |
| 45 | 140 | 21 |
| 50 | 142 | 20 |
| 55 | 142 | 19 |
| 60 | 142 | 19 |
| 65 | 143 | 19 |
| 70 | 140 | 17 |
| 80 | 141 | 17 |
| 95 | 140 | 16 |
| 113 | 143 | 16 |

Tabla II: Medición de la presión y temperatura del aceite en la bomba difusora.

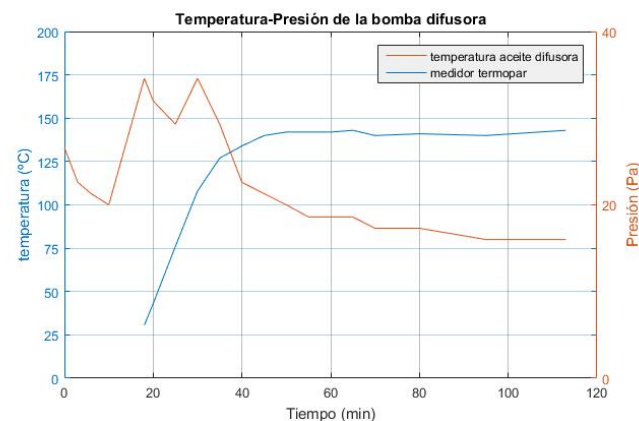


Figura 3. Gráfico de la presión y temperatura medida del aceite en la bomba difusora.



| Tiempo (min) | Corriente (A) |
|--------------|---------------|
| 0 | 1.8 |
| 2 | 2.4 |
| 3 | 3.3 |
| 5 | 3.5 |
| 6 | 4.1 |
| 7 | 4.6 |
| 8 | 5.1 |
| 10 | 5.7 |
| 12 | 6.5 |
| 13 | 7.2 |
| 14 | 7.8 |
| 15 | 8.5 |
| 17 | 9.0 |
| 18 | 9.9 |
| 20 | 10.8 |
| 21 | 10.5 |
| 23 | 11.7 |
| 24 | 12.0 |
| 24 | 12.5 |
| 26 | 12.5 |
| 27 | 13.1 |
| 28 | 13.7 |
| 29 | 14.7 |
| 30 | 15.2 |
| 31 | 15.9 |
| 32 | 16.4 |
| 33 | 17.5 |
| 34 | 18.4 |
| 36 | 20.1 |

Tabla III: Medición de la corriente en el circuito.

Haciendo uso de un multímetro se detecta conducción eléctrica en la película de aluminio.

IV. ANÁLISIS

En la tabla I se aprecia la presión de la cámara representada en la figura 2, en esta se puede observar que cuando la cámara se aísla la presión dentro de esta aumenta. Además la presión alcanzada por la bomba rotatoria converge con el tiempo.

En la tabla 3 se aprecia la presión y temperatura de la bomba difusora representadas en el gráfico 3, en el cual se observa que en el momento que se enciende la bomba difusora se detecta un aumento en la presión medida por el termopar.

En el experimento, como se observa en la tabla III, ocurrió un aumento espontáneo de la corriente en el circuito entre los 8 A y 10 A.

V. DISCUSIÓN

El aumento de la presión en la cámara aislada se debe a flujos de fuga presentados por problemas en los equipos, es probable que hayan fugas en el sistema.

El aumento de la presión medida por el termopar es resultado del bombeo de partículas de la cámara por la bomba difusora. Se produce un aumento en el número de partículas circulando por la conexión entre la bomba difusora y la rotatoria, esto explica el aumento de presión detectado.

La corriente aumenta espontáneamente debido a que la tensión superficial del aluminio permite que este se extienda por todo el alambre modificando la resistencia del circuito.

Si bajo la válvula 2 se mantiene una presión similar que en la cámara antes de abrir la válvula, el vacío de la cámara toma más tiempo. Mas aún, si es mayor a la presión en la cámara

se puede producir una corriente de retorno que contamine la cámara. De esta manera si la presión bajo la válvula 2 es menor que en la cámara, esta última se vaciará más rápido.

La película resultante logra conducir la electricidad porque el vacío permite que llegue la cantidad suficiente de aluminio al sustrato, además de conseguir una superficie limpia de impurezas.

VI. CONCLUSIONES

Se consigue formar una película delgada de aluminio que conduce la electricidad.

El sistema de vacío compuesto por una bomba rotatoria y una bomba difusora permite generar un alto vacío.

El alto vacío permite generar superficies limpias y construir películas delgadas de material.

El hecho que los equipos no estén en óptimo estado dificulta la obtención de vacío y además impide recuperar los elementos de la cámara manteniendo el vacío en la bomba difusora. Por lo que el vacío se puede generar de forma mas rápida y eficiente con un equipo en óptimas condiciones.

La manilla que permite el paso de la corriente es muy sensible lo que puede provocar un aumento excesivo en la corriente y cortar el alambre. Por lo que utilizar un regulador menos sensible puede evitar este problema.

REFERENCIAS

- [1] J. F. O'Hanlon, *A User's Guide to Vacuum Technology*, 3rd ed. New Jersey, United States of America: John Wiley Sons, 2003.
- [2] H. Frey and H.R. Khan, *Handbook of Thin-Film Technology*, Springer, 2015. <https://doi.org/gjxv>
- [3] J.I. Brauman and P. Szuromi, Thin films, *Science*, 273(5277), 855. 1996. <https://doi.org/fdkhnh>