Caracterización del parámetro de red de una celda unitario BCC por microscopía de emisión de campos.

Morales Gómez Héctor Jair, Urquiza González Mitzi Valeria

Laboratorio de Física Contemporánea I, 2019-2 Facultad de Ciencias, Universidad Nacional Autónoma de México

25 de mayo del 2019

Se midió el parámetro de red de una celda unitaria BCC de tungsteno utilizando la técnica de microscopia por emisión de campos. Se utilizó un microscopio por emisión de campos con filamento de tunsgteno y se obtuvieron imágenes en una pantalla de fósforo. Se analizaron las imágenes con GIMP 10.01 y se obtuvo un parámetro de red de $a_{exp}=0.303nm$. Por último, se comparó con el valor reportado en la literatura de $a_r=0.316nm$ y se discutieron los resultados.

1. INTRODUCCIÓN

Un microscopio de emisión de campos es la forma más simple de un microscopio electrónico en la que se utiliza un campo eléctrico muy fuerte para generar una emisión por efecto de campo. Esta técnica se utiliza en las ciencias de materiales para estudiar la estructura molecular y las propiedades electrónicas de la materia.

Los primeros en acercarse a esta idea fueron Eyring, Mackeown y Millikan en 1928, cuando midieron una corriente de electrones entre la punta de una aguja metálica y una placa de metal al alto vacío mientras se aplicaba un voltaje DC de muchos kilovolts. Este proceso producía una corriente electrónica que no podía ser predicha por la leyes de la mecánica clásica. Véase la figura 1.

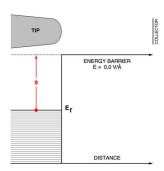


Fig. 1. Barrera de energía entre el cátodo y el ánodo.

En el mismo año, los físicos Fowler y Nordheim usaron la recién desarrollada teoría cuántica para demostrar que si el ancho de la barrera de energía era comparable con la longitud de onda de DeBroglie del electrón, éste podía atravesar una barrera de energía triangular y ser acelerado hacia la placa metálica en un proceso conocido como emisión por campos. Véase la figura 2.

Un año más tarde, Erwin Muller propuso colocar una pantalla de fósforo en el ánodo del aparato propuesto en

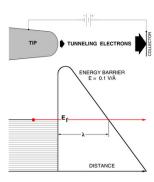


Fig. 2. Emisión de campos con una barrera de energía triangular.

1928. Este aparato producía una imagen amplificada que representaba la variación de la función de trabajo en la superficie de la aguja. Este dispositivo permitió estudiar la estructura cristalina del tungsteno. La figura 3 muestra una representación de este aparato.

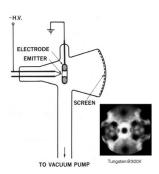


Fig. 3. Emisión de campos con una barrera de energía triangular.

En nuestra práctica medimos el parámetro de red de la estructura cristalina del woflramio siguiendo este enfoque. Sin embargo, es conveniente desarrollar algunos conceptos físicos involucrados en nuestro experimento.

Como se mencionó, la emisión por efecto de campo es la

emisión espontánea de electrones inducida por el efecto de campos electromagnéticos externos. La corriente *j* de emisión de electrones se calcula utilizando la ecuación Fowler-Nordheim.

$$j(E) = K_1 \frac{|E|^2}{\phi} \cdot e^{-K_2 \cdot \phi^{\frac{3}{2}}/|E|}.$$
 (1)

donde E es la intensidad del campo eléctrico, ϕ es la función trabajo del material, K1 y K2 son parámetros que dependen de la geometría del campo.

En lo que respecta a los conceptos de ciencia de materiales que utilizamos en nuestro experimento, es conveniente recordar algunas definiciones básicas. Empecemos por recordar qué es una celda unitaria. Una celda unitaria es la mínima unidad estructural repetida que contiene todos los elementos de simetría del cristal.

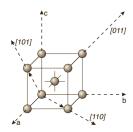


Fig. 4. Ejemplo de una estructura cristalina con sus direcciones cristalográficas.

Otro concepto importante es el de dirección cristalográfica definida como la línea o vector entre 2 puntos. Se representa mediante los índices [uvw]. La dirección de un cristal es el conjunto de los enteros más pequeños que tienen la razón de los componentes de un vector en la dirección deseada, referida a los ejes.

Así, podemos definir la orientación de los planos cristalográficos como la orientación determinada por tres puntos no colineales en la celda. El recíproco reducido de las intersecciones son lo índices de Miller (hkl).

Por último, definamos el parámetro de red para un celda unitaria cúbica centrada en el cuerpo como la distancia $a = \frac{4}{\sqrt{3}}R$ en la figura 5.

2. PROCEDIMIENTO EXPERIMENTAL

Se usó un microscopio de emisión de campos a un voltaje de 4.5kV para excitar un filamento monocristalino de Wolframio. Se capturaron diversas imágenes de la proyección de la red cristalina sobre una pantalla de fluorecente y se analizaron las direcciones cristalográficas y las distancias entre los átomos encontrados.

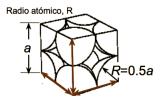


Fig. 5. Ejemplo de una estructura cristalina con sus direcciones cristalográficas.

3. RESULTADOS Y ANÁLISIS

En primer lugar, se determinaron las direcciones cristralinas tomando las zonas oscuras que mejor se observaron. Los resultados se presentan en la figura 6.

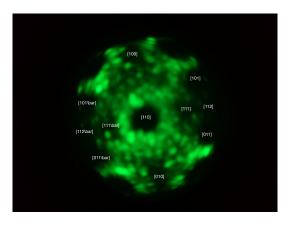


Fig. 6. Proyección paralela de las direcciones cristalográficas del Wolframio.

Para estos cálculos se toma en cuenta el radio del bulbo de R=8cm[1] que se representa en la figura 7 y 8 con una flecha azul. Se observó que el radio de la pantalla fluorecente es menor al radio del bulbo, así como la deformación que se presenta al fotografiar una proyección esférica. Es por esto que el primer cálculo toma la medida tomada como la longitud de arco con respecto al radio R para calcular el valor real. Por otro lado, la magnificación es tal que por un $1*10^{-2}m$ en la pantalla fluorecente, la distancia real es de $0.2*10^{-9}m[1]$.

Esta descripción de la proyección fue necesaria para poder determinar el parámetro de red a asociado a esta celda. Como se mencionó con anterioridad, el Wolframio presenta una red cristalia cúbica centrada en el cuerpo. Así mismo, la orientación de la punta monocristalina del microscopio es tal, que la distancia que se observa en la figura 7 representa la diagonal de una celda unitaria. Es por esto que $a=\frac{d}{\sqrt{2}}$, donde d es la distancia medida sobre la pantalla fluorecente.

Por otro lado, también se usó la distancia interplanar de esta celda unitaria para poder tener otra medida de a. Cabe destacar que la medida que se muestra en la figura 8 representa la distancia entre 4 planos paralelos al plano (001); tomando en cuenta que hay una deformación de las distancias

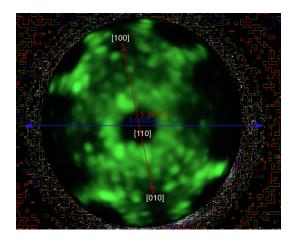


Fig. 7. Distancia entre átomos en la diagonal del Wolframio.

al ser una proyección esférica en un plano. Es por eso que se consideró que la distancia medida es la distancia real en la pantalla y no la longitud de arco de la esfera como se hizo para la diagonal de la celda.

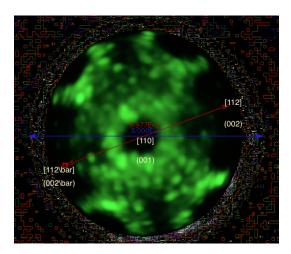


Fig. 8. Distancias interplanares del Wolframio.

Finalemnte, se tomó el diámetro del radio tomando el átomo en el centro, como se muestra en la figura 9. Dado que las distancias son muy pequeñas, tompoco se consideró la longitud de arco para este caso. Dado que es una red BCC, $a=\frac{4}{\sqrt{2}}R$

Con estas mediciones fue posible encontrar 3 parámetros de red. Los resultados se presentan en la tabla I, haciendo un análisis estadístico al final y comparándolo con el valor real

del parámetro de red.

Finalmente, no se consideró aumentar el voltaje aplicado dado que había un límite sugerido en el manual. Por otro lado, se recomienda esperar un tiempo de unos minutos desde que se enciende el microscopio y al momento de tomar la fotografía, dado que se espera que las zonas oscuras se vuelvan más definidas conforme el filamento de Wolframio

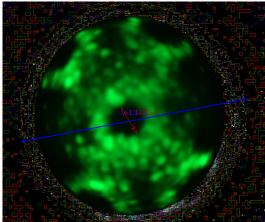


Fig. 9. Tamaño del diámetro.

	Parámetro de red $a[nm]$	$a_{real}[nm]$
Dirección [110]	0.343	
Distancia planos	0.295	
Radio	0.272	
Promedio	0.303	0.316

Tabla I. Parámetro de red (a) encontrado.

se caliente.

Sin embargo, dados los datos de la tabla I, se observó que el parámetro de red medido es muy cercano al valor real para el Wolframio con un error menor del 4.11 %.

4. CONCLUSIONES

Se caracterizó el parámetro de red de un cristal BCC de Wolframio, a través de las distancias interplanares, la diagonal del cubo y el diámtro del átomo. Para cada método, respectivamente se econtraron el valor del parámetro de red $a_{interplanar}=0.295nm,\ a_{diagonal}=0.343nm,\ a_{radio}=0.272nm.$ En promedio, estos valores nos dan $a_{exp}=0.303nm$ con un error del $4.11\,\%$ con respecto al valor real de $a_{r}=0.316nm.$

REFERENCIAS

[1] Leybold Didactic GmbH. (s.f.). Microscopio de emisión de campo. Recuperado 18 de mayo, 2019, desde http://

lampes-et-tubes.info/dt/55460_fr_es.pdf

[2] Instituto de Biotecnología, UNAM. (s.f.). Recuperado el 18 de mayo, 2019, desde http://www.ibt.unam.mx/

computo/pdfs/met/Cristalografia.pdf