

Low Energy Electron Diffraction (LEED)

LSAP del Centro de Astrobiología (CAB, CSIC-INTA), Ctra. de Ajalvir, km 4, 28850 Torrejón de Ardoz, Madrid, España

Objetivo del LEED

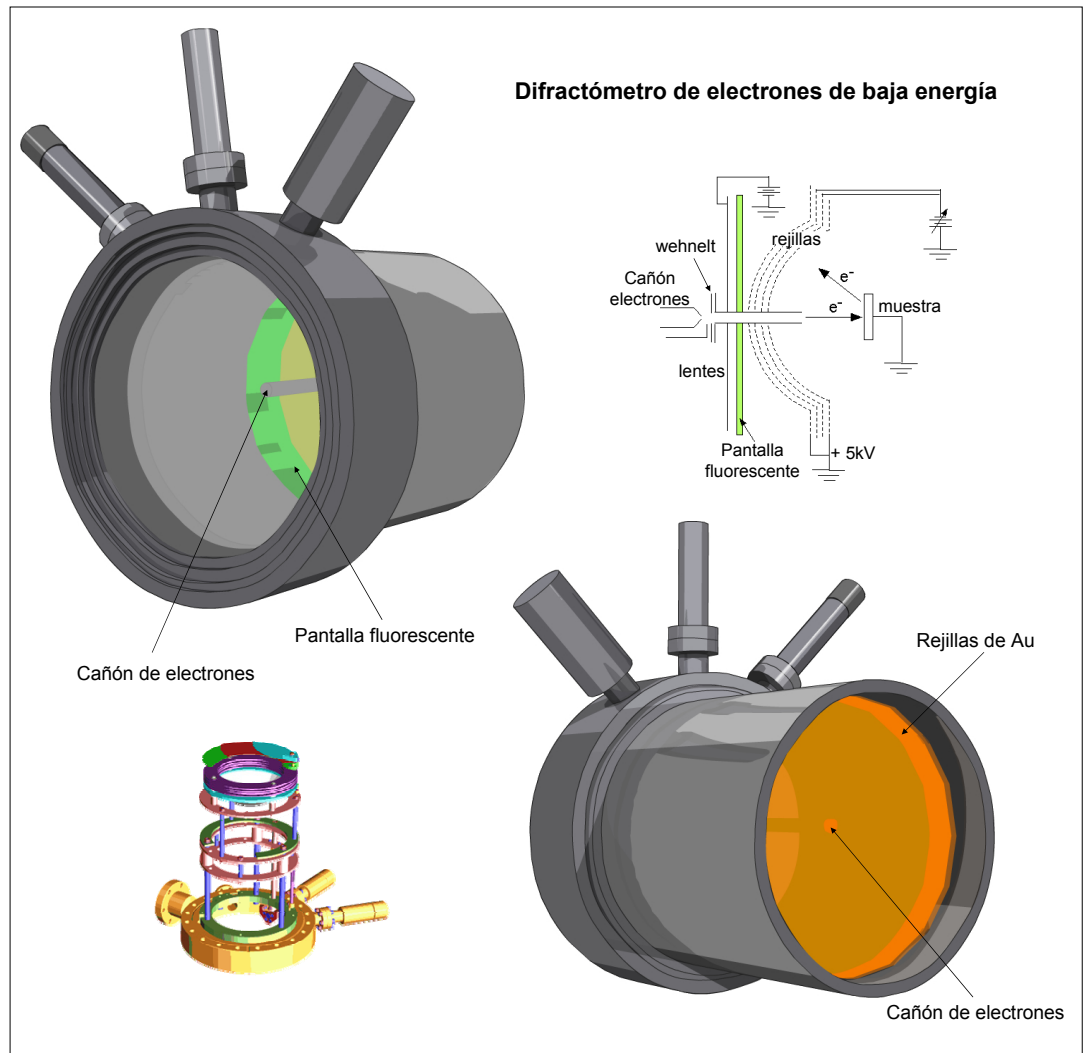
Se llama LEED, a la difracción de electrones de baja energía. Nos informa acerca de la ordenación estructural de los átomos situados en las últimas capas de una superficie

Funcionamiento

El primer experimento de LEED, se debe a Davisson y Germer (1927), que al mismo tiempo demostró la naturaleza ondulatoria del electrón. Mostraron que al incidir con un haz monoenergético de electrones sobre una superficie de Ni, emergían electrones elásticamente difractados en direcciones determinadas según un proceso de difracción por una red periódica de átomos en la muestra cristalina de Ni. Su aprovechamiento, como otras muchas técnicas se hace a partir del uso de UHV.

El fundamento del LEED está en la relación de L. de Broglie $\lambda = h/mv$. En el caso de difracción por una red periódica de átomos, sólo tiene lugar interferencia positiva cuando la diferencia de camino óptico de los electrones difractados por dos centros es igual a un múltiplo entero de la longitud de onda. Una red bidimensional periódica puede tratarse así como una superficie de líneas paralelas de centros de difracción caracterizados por las direcciones h' , k' y por las distancias $dh'k'$

En un esquema de óptica LEED se ve que los electrones primarios inciden normalmente sobre la muestra. Los electrones provenientes de la muestra (difractados hacia atrás) viajan rectilíneamente por una región libre de campo, hasta llegar y atravesar un montaje de rejillas hemisféricas concéntricas. La primera rejilla se encuentra al potencial de tierra, al igual que la muestra, de modo que los electrones difractados no se ven alterados en el espacio también libre de campos entre ambas. La segunda y tercera rejilla están a un potencial negativo cuya magnitud es algo inferior a la energía primaria de los electrones. De esta forma, todos los electrones dispersados inelásticamente son detenidos. Tras atravesar la tercera rejilla los electrones difractados elásticamente son acelerados hacia la pantalla fluorescente, que se encuentra a un potencial positivo de unos 5 keV. La cuarta rejilla se encuentra a tierra igual que la primera, para evitar inhomogeneidades del campo eléctrico. Los electrones reaccelerados hacia la pantalla aseguran una imagen fluorescente del patrón de difracción que se observa directamente a través de las rejillas por detrás de la muestra. La comparación de un esquema del experimento LEED con la construcción de Ewald bajo las mismas condiciones nos muestra claramente como el patrón de difracción observado es, sencillamente, una proyección de la red recíproca magnificada según la energía de los electrones, es decir una serie de puntos o manchas (spots) con la simetría del espacio recíproco correspondiente.



Requisitos

La muestra a estudiar se debe encontrar en condiciones de Ultra Alto Vacío ($>10^{-9}$ mbar.). Y ser expuesta en estas condiciones frente a una fuente de electrones, sobre $1\mu A$ y energías entre 20 y 300eV

Información Analítica

Dominios, reconstrucciones, escalones y defectos La periodicidad básica del patrón de difracción viene determinada por la distancia entre centros de dispersión (scatteres) contiguos, mientras que la anchura de los máximos se hace menor cuanto mayor es el número de procesos de difracción coherentes (cuanta más región superficial esté ordenada contribuyendo al patrón).

Múltiple dispersión en el proceso LEED La determinación de las posiciones atómicas dentro de la celda unidad necesita del análisis de las intensidades de electrones difractadas en función de la energía de los electrones incidentes.

1. Dispersión por el núcleo iónico (*ion core scattering*)
2. *Multiple scattering*
3. Dispersión inelástica
4. Efectos de la temperatura (vibraciones térmicas)

Curvas I / V

En el caso de estructuras 2D-3D, cuando la energía del haz incidente varía (radio de la esfera de Ewald), se observa una variación en la intensidad de un cierto pico de Bragg: los vectores de dispersión recorren la barra de difracción, y esta intensidad refleja la distribución de intensidad a lo largo de la misma. Las curvas de intensidad/energía así obtenidas se denominan curvas I/V. Contienen toda la información obtenible mediante difracción:

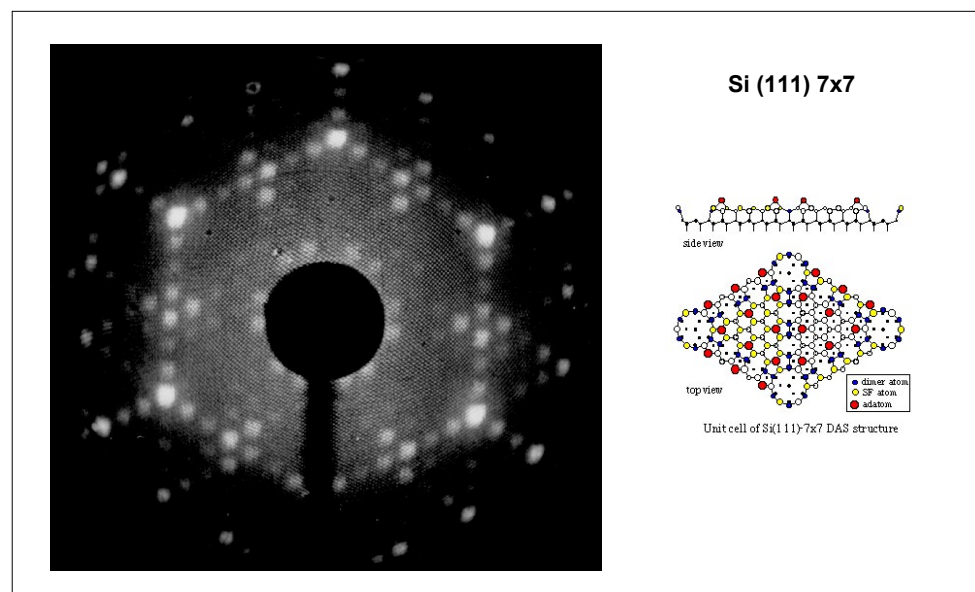
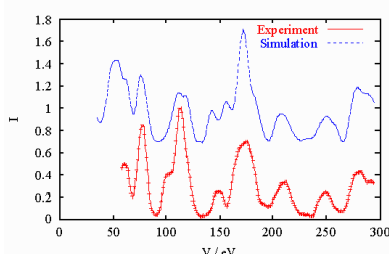
1. Periodicidad del cristal: a partir de la aparición o no de una barra (por ejemplo, de un pico en el patrón bidimensional), se puede deducir la simetría de la celda unidad.
2. Distribución atómica dentro de la celda unidad: Se puede deducir de la distribución de intensidad a lo largo de la curva I / V

Patrones

La inspección de un diagrama LEED, permite obtener la información que proporciona la teoría cinemática, es decir, la periodicidad de la superficie. Para obtener las posiciones atómicas es preciso medir las intensidades de los picos Bragg.

• Un patrón con picos agudos y sin fondo indica una superficie ordenada y con pocos defectos. Los defectos o las impurezas contribuyen en general a aumentar el fondo.

1. Toda la información obtenida mediante LEED, proviene de una zona de un tamaño que se reduce al ancho de coherencia del haz de electrones (~ 100 Angstrom).



Ventajas

1. Sensibilidad superficial de los electrones
2. Montaje experimental sencillo (bajo coste)
3. Obtención inmediata del patrón de difracción que se puede inspeccionar visualmente si sólo se desea obtener información acerca de la simetría de la superficie