

Filtro espacial

Objetivos

Montar un filtro espacial con el fin de generar un patrón de difracción haciendo incidir un láser sobre una abertura circular.

Introducción

Un filtro espacial es un arreglo óptico formado por un objetivo de microscopio que ayuda a concentrar el haz de un láser en un punto, para hacerla incidir sobre una lámina la cual cuenta con una pequeña abertura, con un diámetro en el orden de las micras, conocida como Pinhole. Es utilizado para eliminar el ruido de un haz de luz determinado.

Este instrumento puede ser utilizado en diversos arreglos y pruebas ópticas, debido a que genera un haz de luz libre de interferencias del medio ambiente o interferencias generadas por la misma fuente de luz.

Teoría

El filtro espacial está formado por un objetivo de microscopio y un pinhole, cuando ambos son correspondientes entre sí, pueden disminuir las impurezas que tiene una fuente de luz a causa del ambiente, este tipo de filtros se utilizan principalmente con fuentes láser monocromáticas, gracias a que son fuentes coherente, como se puede observar en la figura 1, un haz coherente pasa a través del objetivo de microscopio y se concentra en el pinhole, este a su vez crea un patrón de difracción circular.

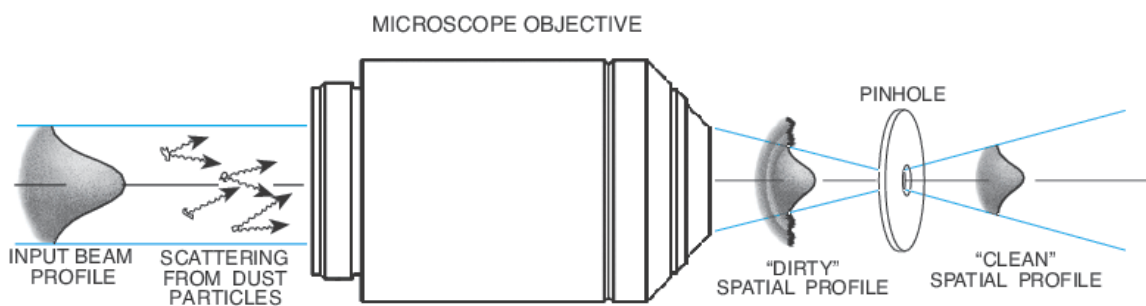


Figura 1 Representación esquemática del funcionamiento de un filtro espacial. Fuente: Spatial Filters (newport.com)

El filtro espacial utiliza las propiedades del objetivo de microscopio para lograr esta su función de filtraje, haciendo pasar el haz de luz generado a través de un pequeño orificio que evita que el ruido externo del rayo pase, por ejemplo cuando el láser cruza por el sistema las

partículas de polvo en los materiales o en el ambiente pueden crear impurezas en el láser, el filtro se encarga de eliminar esas impurezas, como puede observarse en la figura 1.

La amplificación de la lente de un objetivo de microscopio está determinada por la relación de las distancias entre su plano objeto y su plano de imagen (lo que hemos llamado 'el primer plano de imagen').

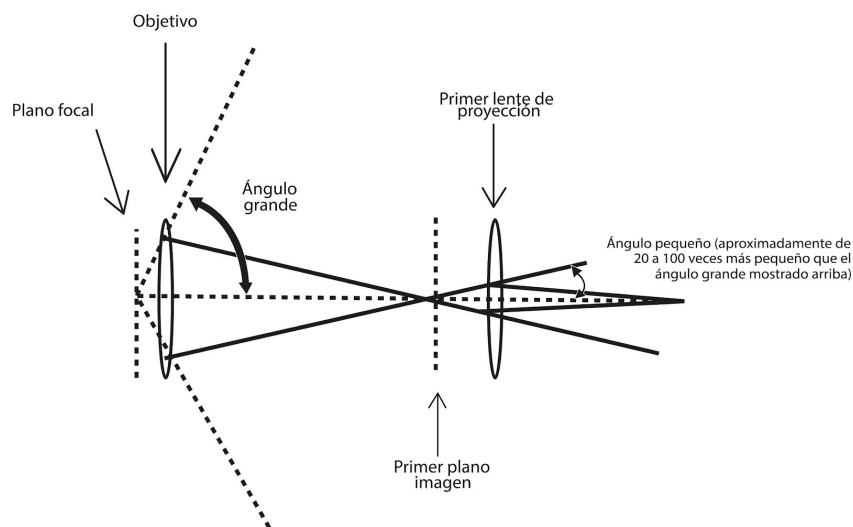


Figura 2. Representación del funcionamiento de un objetivo de microscopio. (Vista lateral).

En la figura 2 se muestra un diagrama óptico del funcionamiento de un objetivo de microscopio cuando se utiliza montado en el microscopio, ya que en ese caso amplifica la imagen, en este caso se puede utilizar para concentrar un haz de luz láser, de forma que en su distancia focal se genera una luz puntual de un diámetro que puede ser calculado mediante:

$$D_{BS} = 1.27 \frac{\lambda f}{D} \quad (1)$$

En el caso del Pinhole también existe una ecuación para poder determinar el diámetro adecuado según el objetivo de microscopio que se utilice.

$$D_{ph} = 1.5 * D_{BS} \quad (2)$$

Siendo

λ - Longitud de onda del láser. [μm]

f - Distancia focal del objetivo de microscopio. [mm]

D - Diámetro de salida del haz. [mm]

D_{BS} - Diámetro del haz puntual. [μm]

D_{ph} - Diámetro del Pinhole. [μm]

Así como se presenta una falta de enfoque en un microscopio, de igual manera sucede en el filtro espacial si los componentes no son los adecuados entre sí, de ahí la importancia del uso de estas ecuaciones a la hora de usar un filtro espacial.

Nota: En algunos textos se puede encontrar las relaciones descritas anteriormente como:

$$D_{BS} = \frac{\lambda f}{D} \quad (3)$$

$$D_{ph} = 2 * D_{BS} \quad (4)$$

Estas son igualmente válidas, sin embargo es preferible utilizar la Ec. (1) y (2) dado que esto nos dará como resultado un menor diámetro, lo que generará un haz de luz más limpio.

Material

- 1 Láser.
- 1 Objetivo de microscopio.
- 1 Pinhole.
- 1 Montura de filtro espacial.
- 1 Soporte ajustable para Fuente láser.
- Tornillos.
- Destornillador y llaves Allen.
- Vernier o regla.

Procedimiento

Advertencia: Absténgase de mirar directamente el haz láser, ya que puede causar daños severos a la vista.

1. Colocar el soporte ajustable sobre la mesa y con ayuda de unos tornillos fijar para evitar desplazamientos.
2. Colocar el láser sobre el soporte, a una altura óptima para trabajar (aproximadamente 20 cm sobre la mesa), nivelar el láser de forma que el haz de luz monocromática quede paralelo a la mesa de trabajo.
3. Colocar el objetivo de microscopio y el pinhole en la montura de filtro espacial de forma que quede como se muestra en la Figura 3.



Figura 3. Filtro espacial montado.

4. Colocar y fijar el filtro espacial frente al láser, haciendo incidir el haz de luz sobre la parte trasera del objetivo de microscopio, puede ayudarse de un pedazo de papel para ver la ubicación de haz monocromático (Figura 4).

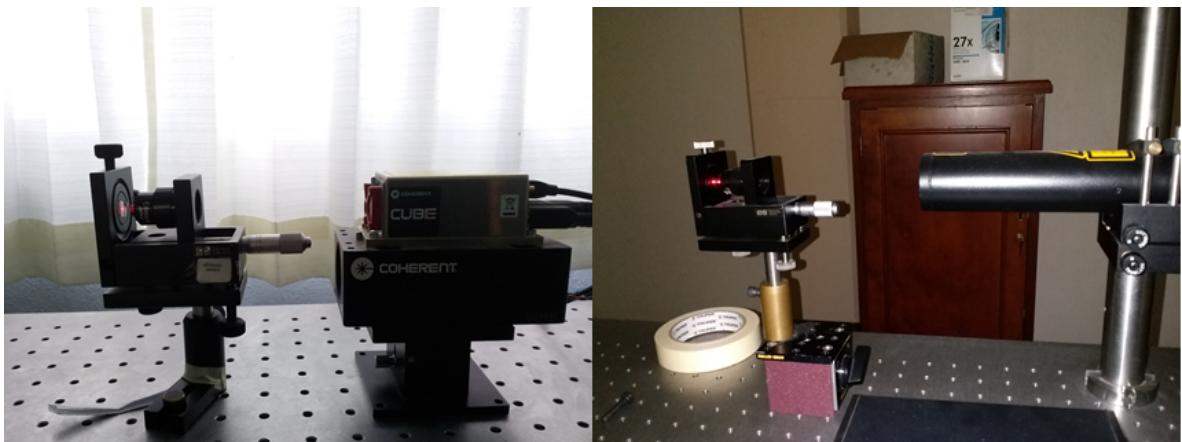


Figura 4. Montaje final de un filtro espacial.

5. Una vez que ambas partes estén alineadas, se hará uso de los grados de libertad del pinhole (Dos tornillos de alineación ubicadas en los ejes imaginarios X-Y) y el tornillo de desplazamiento micrométrico del objetivo de microscopio (eje Z). Con ayuda del tornillo de alineación correspondiente al eje Z ajustar el objetivo de microscopio de forma que el haz de luz se concentre con mayor intensidad en la placa del pinhole, posteriormente utilizar las tornillos de alineación correspondientes a los ejes X Y para alinear el pinhole con el haz de luz monocromática. Mediante pequeños ajustes de los grados de libertad, deberá obtener una imagen similar a la mostrada en la figura 5, la cual es la imagen de un patrón de difracción de abertura circular.

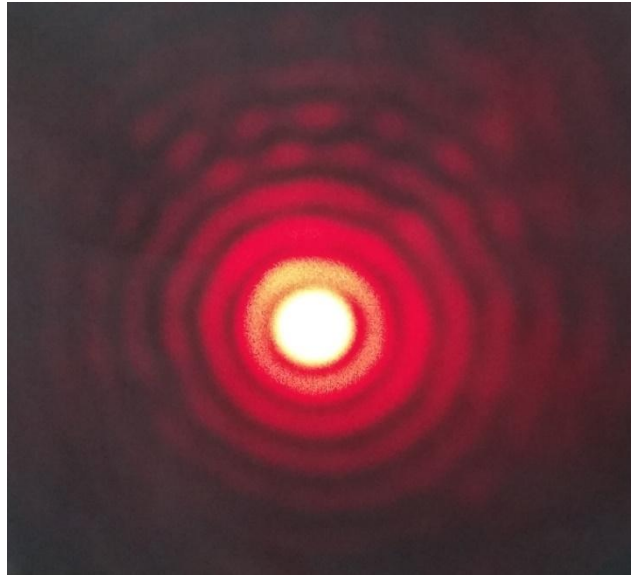


Figura 5. Patrón de difracción circular.

Calculo de diámetro del Pinhole

1. Ya que se obtenga un patrón de difracción definido, con ayuda de una regla medir la distancia que hay entre la lente del objetivo de microscopio y la placa de pinhole en milímetros, use de referencia la escala marcada en el tambor del tornillo micrométrico (extremo derecho del objetivo de microscopio), ver figura 6.

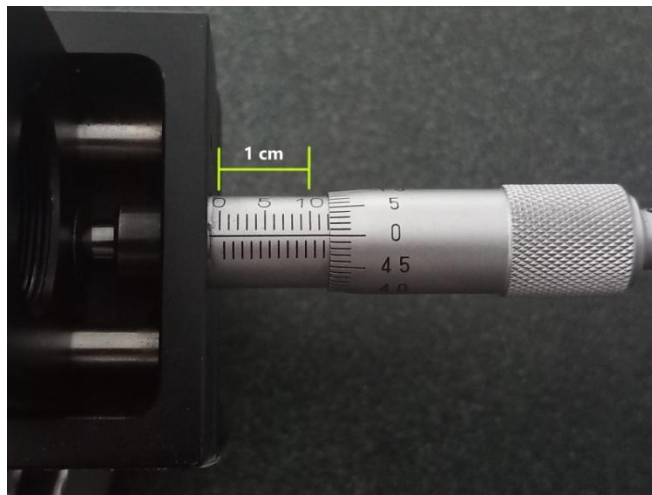


Figura 6. Tornillo micrométrico (El tambor cuenta con 50 pasos cada paso equivale a 0.02 mm).

2. En esta ocasión se utilizará una técnica poco precisa para medir el diámetro de un láser, para ello colocar una hoja en la parte posterior del filtro espacial, de tal manera que en el papel incida el láser, con ayuda de una regla o vernier mida el diámetro del haz incidente.

3. Localizar la longitud de onda a la que trabaja el láser, en su respectiva etiqueta de especificaciones del láser.
4. Identificar cada una de las mediciones y calcular el diámetro del pinhole utilizando las ecuaciones. (1) y (2).

Podría encontrar diferencias entre los cálculos realizados y las especificaciones del diámetro del pinhole usado, esto es debido a que en el laboratorio solo se cuenta con pinhole's de un diámetro de 15 micras y en general la distancia focal de los objetivos de microscopio usados es de 8 mm, al no ser la combinación correcta genera variaciones en el patrón de difracción, analícelas y concluya.

Nota: La distancia focal de los objetivos de microscopio viene dada en milímetros y se encuentra señalada en los costados bajo la nomenclatura de EFL (Effective Focal Length).

Preguntas

1. ¿Es difícil obtener el patrón de difracción? ¿Por qué?
2. En el cálculo del diámetro del pinhole se multiplica el diámetro del haz puntual por 1.5 ¿Por qué?
3. ¿Qué utilidad tiene el filtro espacial?
4. En dado caso de conocer el diámetro del pinhole compárelo con su resultado teórico ¿Hay alguna variación? Si es así ¿a qué se debe?