

SISTEMATIZACIÓN DE UN EXPERIMENTO DE DIFRACCIÓN DE LA LUZ

A. Cuenca y A. Pulzara
Universidad Nacional de Colombia, Sede Manizales, A. A. 127
e-mail: apulzara@nevado.manizales.unal.edu.co.

RESUMEN

Para registrar patrones de difracción, implementamos un sistema automático de registro utilizando un sensor óptico que genera un voltaje lineal de salida. El sensor óptico está acoplado a un motor de paso controlado por computador que registra el desplazamiento angular. Estas señales son digitalizadas y finalmente registradas en un computador que permite visualizar en tiempo real la gráfica I vs. $\text{Sen}\theta$.

ABSTRACT

To register diffraction patterns, we implement an automatic system using an optic sensor that generates a lineal voltage. The optic sensor is coupled a one motor controlled by computer that registers the angular displacement. These signs are digitized and finally registered in a computer that allows to visualize in real time the graphic I vs $\text{Sen}\theta$.

INTRODUCCIÓN

El carácter ondulatorio de la luz ha sido utilizado para explicar un número de fenómenos clasificados como “efectos de interferencia o difracción”. En este caso dos o más rayos coherentes provenientes de una misma fuente y separados una distancia igual a media longitud de onda se encuentran en un mismo punto del espacio para interferir.

La interferencia y difracción de la luz son una consecuencia de la naturaleza ondulatoria. La difracción ocurre cuando la luz pasa a través de una abertura cuyas dimensiones son comparables a la longitud de onda de la luz. Los patrones de difracción dependen de la longitud de onda de la luz y de la forma del obstáculo[1].

Para realizar interferencia o difracción es necesario utilizar una fuente de luz coherente, como un láser. Un láser es un diodo emisor de Luz (LED) de baja intensidad, un dispositivo de estado sólido que emplea una juntura p-n en un cristal semiconductor. El dispositivo es herméticamente escalado en un paquete enfocado ópticamente. Cuando se aplica un pequeño voltaje de polarización, la energía óptica se produce por la recombinación de electrones y huecos en la vecindad de la juntura. Los LEDs incluyen dispositivos de GaAs infrarrojos con longitud de onda en el rango de 500 – 900 nm [2].

DISEÑO EXPERIMENTAL

El sistema para generar patrones de difracción consta de un láser comercial de estado sólido (puntero láser), un obstáculo (cabello), y una pantalla de observación como se muestra en la figura 1a), acoplado a éste sistema se encuentra el sistema de digitalización de la señal. El sistema de digitalización de la señal consta básicamente de cuatro partes principales:

BLOQUE DE TRACCIÓN. Esta conformado por el carro de tracción y el circuito excitador del motor:

CARRO DE TRACCIÓN. Para registrar la separación entre los patrones de difracción un sensor óptico está montado sobre un carro de tracción con una movilidad de 21 cm, la fuerza motriz para este carro es generada por un motor paso a paso de 1.8 grados, por lo cual el barrido total se hace en 1300 pasos; la distancia recorrida por el sensor óptico en cada paso es de solo 0.4 mm.

CIRCUITO EXCITADOR. Para mover el motor es necesario generar una secuencia de pulsos en donde dos fases del estator del motor se alimenten simultáneamente, esta secuencia es generada por un registro de corrimiento de entrada paralela y salida paralela de 4 bits bidireccional. Debido a que las salidas de este registro no pueden manejar la corriente necesaria para excitar el motor se requiere de una etapa de amplificación de corriente, la cual esta conformada por 4 transistores en configuración Darlington, que se caracterizan por una ganancia típica de 1000 y una corriente de colector de 8 amperios; además se utilizó transistores que presentan internamente un diodo de protección contra las corrientes de inducción inversas generadas por la desconexión permanente de las bobinas. Las señales de control para el manejo del registro son enviadas por el programa de control a través del puerto paralelo del computador.

BLOQUE DE MUESTREO. Este bloque esta compuesto por 2 etapas: La primera capta la intensidad de la luz generada por los patrones de difracción por medio de un sensor óptico, y la amplifica; la segunda etapa esta compuesta por el conversor análogo digital que recibe la señal enviada por la primera etapa y a su vez la envía en valores binarios al programa encargado de procesarlos.

SENSOR ÓPTICO. Debido a que el espectro de difracción se atenúa notablemente a medida que se aleja de su punto medio (Máximo de difracción principal), el sensor debe tener la sensibilidad suficiente para registrar los pequeños cambios en el espectro a distancias menores de 5 mm del centro. Debido a esta limitación se utilizo un fototransistor que presentaba la mejor relación lineal entre voltaje y corriente a la frecuencia de excitación. Para la polarización de este fototransistor se utilizo un amplificador operacional de instrumentación que permite una muy buena relación señal-ruido. La señal análoga de salida de este amplificador es enviada luego al circuito de conversión.

CONVERSOR ANÁLOGO-DIGITAL. Este circuito cumple la función de convertir la señal análoga proveniente del amplificador del sensor, en una señal digital que puede ser leída por el computador y procesada por el programa de control. El componente principal de este circuito es un conversor análogo-digital con una resolución de muestreo de 8 bits y un valor típico de tiempo de conversión de 100 μ seg.

3.0 BLOQUE DE GENERACIÓN. Lo compone el diodo láser que genera el haz de luz monocromática que posteriormente crea los patrones de difracción, y su circuito de regulación de corriente.

DIODO LÁSER. Para este caso utilizamos un diodo láser de estado sólido comercial con una longitud de onda de 512 nm. y una potencia de la luz emitida de aproximadamente 3.5 mW.

CIRCUITO DE REGULACIÓN. Debido a que el diodo láser no puede controlar el calor emitido, y por ende su exigencia de corriente ya que aumenta en proporción a su temperatura llevándolo a una zona de ruptura, es indispensable regular la corriente que circula por éste. El circuito esta diseñado partiendo de un diodo láser que presenta internamente un sensor de temperatura lo que permite una regulación mas precisa, el funcionamiento de este circuito es muy simple: lograr mantener una temperatura constante variando la corriente que circula por el diodo y así estabilizar su operación.

4.0 BLOQUE DE CONTROL. Es la parte más importante del montaje y esta constituida por el programa de control y procesamiento que envía las señales de control que maneja el carro de tracción, recibe las señales de estado, que le permite al programa conocer la ubicación exacta del sensor óptico en el espacio, y recibe las señales enviadas por el conversor análogo-digital, que representa el valor de la intensidad de la luz incidente sobre el sensor.

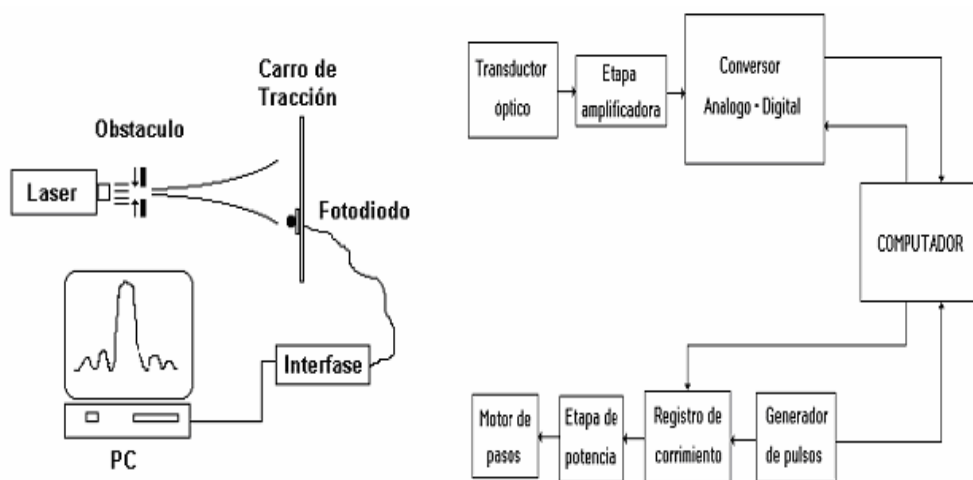


Figura 1. Arreglo Experimental y Diagrama de Bloques

Finalmente se diseñó un programa de computador que permite tomar datos automáticamente a través de un puerto serial utilizando una interfaz gráfica que permite observar en tiempo real la gráfica de la intensidad de la luz registrada por el sensor óptico de los patrones de difracción Vs. desplazamiento angular, el cual permite medir la separación entre franjas brillantes. En este caso el programa envía las señales de control para mover el carro de tracción a lo largo del espectro de difracción. En cada paso del motor se recibe del sensor óptico el valor de luz incidente en la posición donde se encuentra el carro; de igual forma el programa recibe la señal de localización del carro en el espacio lo que le permite tener una mayor precisión en los datos adquiridos. Finalmente, el programa muestra la gráfica y clasifica los valores de la luz incidente discriminando los picos de la señal y calculando la distancia entre ellos. El diagrama de bloques se muestra en la figura 1)[3].

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En la figura 2 se muestra un espectro típico de difracción de un haz láser cuando atraviesa un obstáculo (cabello); se observa un máximo central de mayor intensidad y máximos secundarios menor intensidad. Los patrones de difracción son simétricos respecto al máximo central. Este espectro corresponde a una distancia de 20 cm entre la fuente de luz láser y la pantalla de observación, obtenido con un fototransistor PN1184, montado sobre un carro de tracción que permite registrar la intensidad de los patrones de difracción en función del ángulo. Se observa que el máximo central tiene un ancho que es aproximadamente el doble que la intensidad decrece gradualmente.

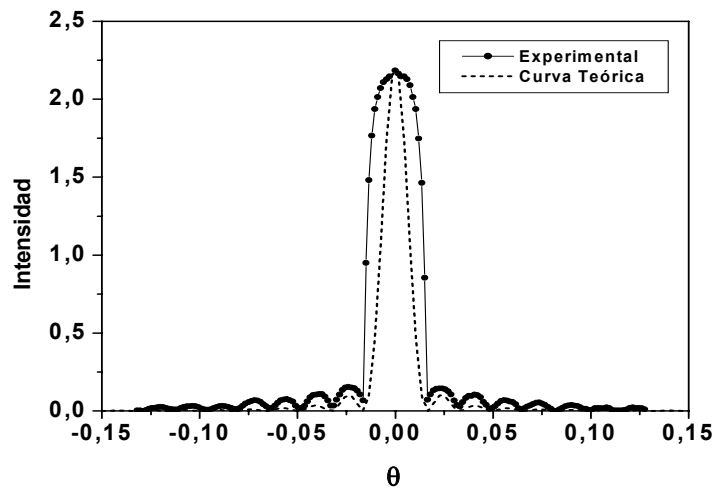


Figura. 2. Intensidad vs desplazamiento angular

La línea punteada corresponde a la gráfica de la ecuación (1)

$$I = I_0 \left[\frac{\sin \left(\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta \right)}{\frac{\pi b}{\lambda} \sin \theta} \right]^2 \quad (1)$$

Que es la ecuación de difracción de Fraunhofer por una rendija angosta y larga[4]. El valor del diámetro del obstáculo calculado al hacer el ajuste con los datos experimentales es de aproximadamente $7 \mu\text{m}$ ($\lambda_{\text{láser}} = 512 \text{ nm.}$, Potencia = 3.5mW. distancia fuente – pantalla = 30 cms., $R^2 = 0.94$ correspondiente al ajuste).

CONCLUSIONES

Utilizando un equipo de bajo costo hemos implementado un sistema de detección de patrones de difracción en función del ángulo, a partir del cual es posible calcular el espesor del obstáculo de difracción. Los patrones registrados dependen de la forma y del tamaño del mismo.

REFERENCIAS

- [1]. F. L. Pedrotti and S. J. Leno S. Pedrotti. “*Introduction to Optics*”. Second edition
- [2]. 1993.
- [3]. J. C. Palais. “*Fiber Optic Communications*”, 4Th Ed. Prentice Hall 1998.
- [4]. M. Torres. “*Microcontroladores y Microprocesadores aplicados a la Industria*” Edit. Paraninfo, Madrid – España, 1989.
- [5]. M. Alonso y E. J. Finn. “*Campos y Ondas*”, Vol II. Cap. 23, pág. 934 – 937.