CAPÍTULO 5

ARREGLO EXPERIMENTAL Y RESULTADOS

5.1 Arreglo y sus elementos

En esta sección describiremos el arreglo experimental (Figura 5.1) y sus elementos.

Figura 5.1 Arreglo experimental del sistema

Las conexiones entre los elementos se realizan por fibra óptica ya que es el único medio en el que podemos asegurar la transmisión de nuestras señales. Otra de las características por las que se elige la fibra óptica, es un mayor ancho de banda y menor dispersión.

Como ya se mencionó en capítulos anteriores, se necesita una fuente de baja coherencia (1) que permita generar los retardos ópticos. En este caso, nuestra fuente emite una luz infrarroja con emisión a 1300 nm, localizada en una de las ventanas de baja pérdida en la fibra óptica. El rango de corriente va desde os 50 mA hasta los 250 mA, para nuestros experimentos se utilizó una corriente de 240 mA.

Algunas características de las fuentes ópticas son un bajo consumo de potencia, alta fiabilidad a cambios de temperatura, alta potencia de salida y ancho espectral pequeño que minimiza la dispersión cromática.

Se utilizó un generador de funciones (2) para simular la señal dinámica de información que inyectaremos directamente al sensor LiNbO3 (Figura 5.2).



Figura 5.2 Generador de funciones conectado al sensor

El sensor de Niobato de Litio (3) se elige por sus características de cristal anisotrópico y por su efecto birrefringente. Podemos destacar el Efecto Pockels como su particularidad más importante para efectos de modulación con retardo óptico, así como su alta transmitividad de luz tanto visible como infrarroja.

Dentro de las características deseables de este sensor, se encuentra la guía de onda monomodal de difusión de titanio que presenta pocas pérdidas; mientras que sus electrodos con cobertura de oro facilitan el manejo de frecuencias en el orden de los Gigahertz.

Para nuestro proyecto, este dispositivo introducirá un retardo óptico en el que irá contenida la señal de información inyectada por el generador de funciones; este retardo se encontrará a una diferencia de camino óptico calculable con la ecuación 3.6 (Capítulo 3) sabiendo valores físicos del dispositivo como la longitud del cristal (L) que es de aproximadamente 25.8 mm y los índices de refracción aproximados de $n_o = 2.22059$ y $n_e = 2.14596$ para obtener un valor de $d_m = 1.9263$ mm [8].

Ese valor de diferencia de camino óptico, nos indica que el retardo se encuentra a 1.9263 mm de la longitud de onda de nuestra fuente (ver Figura 5.9), lo cual nos asegura que nuestro retardo óptico no se empalma con la longitud de coherencia de nuestra fuente.

El interferómetro de Michelson (4) nos permitió recorrer el camino óptico para encontrar las longitudes de onda, tanto de la fuente como de los retardos ópticos junto con dos programas (5) que nos permitieron obtener las mediciones necesarias.

CAPITULO 5

ARREGLO EXPERIMENTAL

5.2 Procedimiento y Resultados

Para poder medir la longitud de coherencia de la fuente, primero encontramos la distancia entre los espejos del interferómetro de Michelson para la cual estamos en un máximo de interferencia. Utilizando una fuente de luz láser, movemos uno de los espejos del interferómetro hasta encontrar círculos concéntricos como los de la Figura 5.3. Una vez encontrado lo anterior, sustituimos la fuente láser por nuestra fuente de luz de baja coherencia.



Figura 5.3 Anillos de Interferencia del láser [8]

El interferómetro de Michelson tiene acondicionado un actuador que mueve a uno de los espejos en el orden de micras y al mismo tiempo manda los datos obtenidos durante el recorrido; ambas mediciones se muestran en dos programas de LabView. El programa para el interferómetro, nos permite saber la distancia y el sentido en que se ha recorrido el espejo (Figura 5.4).

La salida del fotodetector es conectado a un amplificador para que sea más fácil la detección de la señal cuando es enviada a una tarjeta de adquisición de datos DAQ CB-68LP de National Instruments® que nos mostrará la señal en un programa de LabView de tipo osciloscopio (Figura 5.5).



Figura 5.4 Interfaz del programa de Labview para Interferómetro de Michelson

CAPITULO 5

ARREGLO EXPERIMENTAL



Figura 5.5 Interfaz del programa de LabView para visualizar salida del fotodetector

Una vez sustituida la fuente de láser por nuestra fuente de baja coherencia y utilizando los programas anteriores, obtuvimos la siguiente gráfica:







La envolvente de la longitud de onda es de tipo gaussiana debido a que es la forma del espectro de nuestra fuente de luz (Figura 5.6). Cuando se realizaron las mediciones de la fuente de luz en un analizador de espectro, obtuvimos que la longitud de onda (λ) de nuestra fuente fue de 1310 nm y $\Delta\lambda$ fue de 48 nm; con lo anterior calculamos un valor teórico longitud de coherencia de la siguiente manera:

$$l_c = \frac{\lambda^2}{\Delta\lambda} = \frac{(1310)^2}{48} = 35.75 \,\mu m \,. \tag{ec. 5.1}$$

De lo anterior podemos calcular la longitud de coherencia total es de alrededor de 70 μ m, lo cual concuerda con las mediciones obtenidas con los programas de LabView , cuyo valor fue de 60 μ m. En dicha distancia se obtuvo una buena lectura de longitud de coherencia.

Se hizo u n recorrido de 2 mm a partir del centro de la longitud de coherencia en ambas direcciones para corroborar que no existía ningún tipo de interferencia o señal en ese rango (Figura 5.8).



Figura 5.8 Recorrido de 2mm en ambas direcciones

Una vez que conectamos el sensor LiNbO3 se hace el recorrido nuevamente de 2mm en ambas direcciones y podemos encontrar que existen franjas laterales (ver Figura 5.9) que se encuentran a una distancia aproximada a la calculada ($d_m = 1.9263$ mm).



Figura 5.9 Recorrido de 2mm en ambas direcciones con presencia de retardos ópticos inyectados por LiNbO3

El valor experimental de la distancia entre franjas fue de 1.86 mm que concuerda aceptablemente con los 1.9263 mm. El valor máximo de la franja central se encuentra a 3.14 Vp y para la franja del retardo, se obtuvieron 1.24 Vp. Dado que se está trabajando con un interferómetro de Michelson, los valores se relacionan correctamente siendo el valor del retardo, aproximadamente la mitad del valor de la franja central.

Para la medición de la longitud del retardo óptico, se realizó el mismo procedimiento que para la longitud de onda de la fuente y obtuvimos la siguiente gráfica:



Figura 5.11 Gráfica del retardo óptico introducido por LiNbO3

Se acondicionaron polarizadores a la entrada y a la salida del dispositivo sensor, para asegurar que el haz de luz estuviera en el eje adecuado para una mejor transmisión de la luz. Una vez que comprobamos que existen los retardos ópticos existen y que se encuentran a una distancia óptima, se inyecta la señal de información al sensor para que nuestros retardos sean portadores de información. Lo anterior puede ser visualizado en un diagrama a bloques que muestra la Figura 5.11.



Figura 5.10 Diagrama a bloques del sistema montado

Para la señal de información, se eligió una señal triangular a 100 Hz con una amplitud de 5 Vpp (aunque no existe una relación lineal entre el voltaje del generador y el medido en el osciloscopio).

En la siguiente gráfica se pueden comparar la señal inyectada con la señal a la salida del sistema en el punto máximo del retardo, es decir, donde existe mayor linealidad entre señales.



Figura 5.12 Señales de información y señal recuperada a la salida del sistema

La señal recuperada es muy fiel a la forma triangular pero con una amplitud menor y de aproximadamente 1.5 Vpp.

La franja central y el retardo óptico del sensor, se encuentran a una distancia grande (>1mm) lo que es un requisito para una buena modulación de coherencia óptica y hace más fácil la recuperación de la información. Con esto podemos darnos cuenta que la linealidad que provee el sensor al sistema hace posible que la información contenida en el retardo, sea fiel a la información inyectada y que sea impresa únicamente en un retardo óptico a una distancia dm específica.

Ésta característica hace posible el multiplexado de señales, ya que podemos contener paquetes de información a diferentes longitudes de onda sin afectar la de la fuente.

CAPITULO 5

ARREGLO EXPERIMENTAL

5.3 Conclusiones Generales

La incorporación de dispositivos electroópticos brinda a nuestro sistema de comunicación ventajas como inmunidad a interferencia y altas velocidades de transmisión, entre otras. También nos permite la detección dentro de altos rangos de frecuencia, así como también la detección con arquitectura de multicanalización de coherencia.

La ventaja más notable que podemos mencionar del proyecto presentado, es el hecho de que la información a transmitir inducida a materiales que presenten el efecto Pockels, nos permite realizar una modulación de coherencia que imprimirá nuestra señal en un retardo óptico que es único.

La linealidad del sistema aporta la facilidad para la recuperación de la información; por medio de dispositivos electro-ópticos, introducimos un retardo con una longitud de coherencia mucho mayor a la de la fuente de luz, dentro del cual podemos recuperar nuestra información.

En este proyecto se montó un pequeño sistema y se realizaron mediciones con las que pudimos obtener el valor de las longitudes de onda, presencia de retardos ópticos y camino óptico con los que corroboramos que cuando la señal de información es dinámica, los valores de voltaje con los que trabaja son pequeños, lo que facilita el manejo de las señales.

Una aplicación de esta técnica de modulación es en las telecomunicaciones ópticas, pero no se reduce solo a este ámbito, en general, nos permite transmitir señales, incluso de instrumentación, por fibra óptica.