

APLICACION DE LA INTERFEROMETRIA MACH-ZEHNDER A LA CARACTERIZACION DE FIBRAS OPTICAS

J.M. Cuadrado y E. Bernabeu
Departamento de Optica
Facultad de Ciencias Físicas
Universidad Complutense de Madrid.

La interferometría Mach-Zehnder se utiliza habitualmente en la evaluación de calidad de sistemas ópticos, mediante el estudio de las figuras interferenciales ligadas con las modificaciones del frente de onda producidas por los sistemas en estudio. Igualmente, todo dispositivo o medio óptico que introduzca variaciones de fase son susceptibles de ser caracterizados por esta técnica.

El propósito de esta comunicación es presentar unos resultados experimentales previos obtenidos con un interferómetro Mach-Zehnder utilizando mosaicos y cables de fibra óptica.

De estos resultados se infiere el interés de desarrollar dispositivos microinterferométricos tipo Mach-Zehnder, de los que se adelanta un prediseño.

ESTIMACION DEL ANCHO DE BANDA DE FIBRAS OPTICAS A PARTIR DEL DIAGRAMA DE RADIACION.

M.A. MURIEL
Dpto. ELECTRONICA CUANTICA
E.T.S.I. TELECOMUNICACION
Ciudad Universitaria
28040-MADRID

RESUMEN

El parámetro fundamental de la fibra óptica, desde el punto de vista de las comunicaciones, es el ancho de banda. La medida de este ancho de banda es compleja ya que se necesita un instrumento optoelectrónico sofisticado y un procesador de datos.

Uno de los inconvenientes es la necesidad de trabajar con impulsos luminosos muy estrechos, con todos los problemas de modulación y recepción. Otro es la longitud de la fibra.

En esta comunicación se estudia la posibilidad de estimar el ancho de banda de una fibra óptica a partir del diagrama de radiación a la salida de la fibra. Este análisis se realiza tanto para fibras monomodo como multimodo, para los casos coherente e incoherente. La medida del diagrama de radiación solo necesita una longitud pequeña de fibra y una fuente luminosa de intensidad constante, simplificando y abaratando la caracterización de la fibra.

INTRODUCCION

La máxima longitud entre repetidores de comunicaciones ópticas viene determinada por los parámetros fundamentales de una fibra óptica, desde el punto de vista de las comunicaciones, son la atenuación y el ancho de banda.

Centrándose ya en el ancho de banda, diferentes métodos¹ han sido desarrollados para la medida de la dispersión temporal de las fibras ópticas. Básicamente hay dos tipos de dispersión: intramodal e intermodal. La dispersión intramodal se debe a la dependencia con la longitud de onda de la velocidad de grupo de un modo dado, y se divide en la dispersión de material y de guíaonda; siendo la dispersión encontrada en fibras monomodo. También se llama dispersión cromática. Por otra parte la dispersión intermodal se debe a las diferentes velocidades de grupo de los modos de las fibras multimodo. Las dispersiones intramodal e intermodal se miden de forma diferente, sin embargo ambos efectos pueden observarse

por técnicas en el dominio del tiempo o de la frecuencia.

La preferencia por una técnica u otra depende de la instrumentación disponible. Las técnicas en el dominio del tiempo requieren medios que generen y detecten pulsos estrechos además del computador especializado en calcular la transformada de Fourier. Las técnicas en el dominio de la frecuencia necesitan un generador de señal que sea sintonizable desde dc hasta el rango de los GHz para modular un laser de inyección o un led, o un modulador óptico que cubra el mismo rango espectral.

Todas estas técnicas necesitan tramos muy largos de fibra. Se puede incrementar artificialmente la longitud de dicha fibra mediante espejos situados en los extremos de la fibra (shuttle pulse) o haciendo recircular el pulso por la fibra mediante un deflector (circulating-pulse measurement), pero las fibras son muy largas y los ajustes delicados.

También existen métodos interferométricos para la respuesta al impulso temporal de muestras cortas para fibras multimodo y monomodo. Se coloca la fibra test en un brazo de un interferómetro Mach-Zehnder, excitado por un laser sintonizable y el diagrama de interferencia se graba en un espectrograma; la respuesta al impulso temporal se obtiene a través de una reconstrucción holográfica.

Como contrapartida a estas costosas técnicas se puede estimar el ancho de la fibra a partir del diagrama de radiación a la salida de dicha fibra.

METODOS

Se utilizan fuentes de radiación constante sintonizables, junto con tramos cortos (algún metro) de la fibra a caracterizar. No es necesario ningún tipo de modulación temporal ni de receptores rápidos. Todo esto significa una simplificación, además del abaratamiento del proceso de medida.

Las medidas obtenidas dependen de la uniformidad de la variación del índice de refracción a lo largo de la dirección de propagación.

El diagrama de radiación de salida se puede subdividir en tres zonas de trabajo: justo a la salida de la fibra, campo cercano y campo lejano; siendo este último el más empleado.

A continuación se muestran los diferentes casos según los tipos de fibra y de fuente luminosa.

1) Fibras multimodo

- 1.a) Excitación incoherente: Se basa en una teoría de óptica geométrica que predice la dispersión temporal suponiendo distribución modal uniforme y acoplo fuerte de modos². Los tiempos de retardo de cada grupo se estiman integrando la distribución de la potencia de salida en campo lejano, cuando se excitan todos los modos por igual, con una fuente lambertiana.

- 1.b) Excitación coherente: Se fundamenta en el estudio de la formación del speckle (moteado laser). Concretamente^{3,4,5} se mide la función de correlación de frecuencia de los diagramas de speckle generado justo a la salida de la fibra. Si se conoce la anchura de banda de la fibra nos puede servir para medir la anchura espectral de la fuente luminosa. La variación de la frecuencia luminosa (necesaria para efectuar la correlación) se logra variando la corriente de polarización de un laser de inyección.

2) Fibras Monomodo

En este caso solo se utiliza radiación monocromática. La dispersión de guiononda puede deducirse a partir de la variación del tamaño del spot (radiación en campo lejano) con la longitud de onda^{6,7,8}. La medida de este spot (también llamado de Pettermann) puede realizarse integrando la radiación en el plano de Franhofer o mediante técnicas de procesamiento óptico^{9,10,11} (utilizando máscaras con diferentes funciones de transferencia especiales). La variación espectral de este spot sirve también para calcular¹² la longitud de onda de corte del modo de la fibra.

Otra posibilidad es deducir la variación del índice de refracción, utilizando la radiación de campo cercano, y a partir de esta inferir el ancho de banda.

REFERENCIAS

- 1.- Marcuse, Principles of Optical Fiber Measurement, Academic Press, 1985.
- 2.- Frende, Appl. Opt., 23, 4209 (1984).
- 3.- Frende, Appl. Opt., 22, 3319 (1983).
- 4.- Frende, ECOC 84, 216.
- 5.- Moslehi, Goodman and Rawson, Appl. Opt., 22, 995 (1983).
- 6.- Petermann, Elect. Lett., 19, 712 (1982).
- 7.- Sansonetti, Elect. Lett., 18, 647 (1982).
- 8.- Pask, Elect. Lett., 20, 144 (1984).
- 9.- Caponi, Coppa, Di Vita and Rossi, Elect. Lett., 21, 56 (1985).
- 10.- Di Vita, Coppa and Rossi, ECOC 84, 48.
- 11.- Stewart, Rees and Reid, ECOC 84, 122.
- 12.- Campos, Srivastava and Roversi, J. LightWave Tech., LT-2, 334 (1984).