

Óptica integrada: dispositivos en miniatura

María Eugenia Sánchez Morales y Gloria Verónica Vázquez García

Centro de Investigaciones en Óptica, Loma del Bosque 115, Lomas del Campestre, 37150

León, Guanajuato, México

msanchez@cio.mx , gvvazquez@cio.mx

RESUMEN

En la actualidad el estudio de óptica integrada así como sus aplicaciones en diferentes áreas ha sido muy importante para las nuevas tecnologías con las que contamos hoy en día. En el presente trabajo se hace una breve explicación de la formación de guías de onda ópticas, estructuras en las cuales se basa la óptica integrada. Asimismo se describen algunas aplicaciones en las áreas de información y comunicaciones

INTRODUCCIÓN

Las tendencias en la miniaturización de los componentes electrónicos y mecánicos han influenciado las formas tradicionales de fabricación de componentes ópticos para adaptarse a las tecnologías microscópicas. Como ejemplo de esto tenemos las fibras ópticas con estructuras internas microscópicas y las micro-lentes entre otros [1]. Día a día se requiere tener una mayor capacidad para transmitir información y los sistemas electrónicos no satisfacen esta demanda, ya que están siendo limitados por las velocidades de los electrones en estos, una solución viable es utilizar un sistema que utilice señales ópticas en vez de eléctricas, los cuales son llamados Sistemas de Comunicación Óptica. Esto es posible gracias al desarrollo científico y tecnológico de las últimas décadas, como la invención del láser, el desarrollo de fibras ópticas con pérdidas muy bajas y de elementos ópticos integrados [2].

La Óptica Integrada se inició como línea de investigación aplicada a fines de los años 60. Desde un inicio, la intención fue desarrollar dispositivos ópticos de modo análogo a los circuitos integrados de la electrónica convencional. No obstante, en la actualidad los avances de la óptica integrada constituyen la base de una nueva generación de dispositivos optoelectrónicos que reemplazará a corto plazo la tecnología de semiconductores por sus diversas ventajas, por ejemplo, la velocidad de respuesta [3].

De modo análogo al caso de las fibras ópticas, la óptica integrada se fundamenta en el hecho de que las ondas de luz pueden ser confinadas y guiadas por capas delgadas de material transparente. Combinando tales películas con estructuras apropiadas, la tecnología de óptica integrada ha dado lugar a una gran variedad de dispositivos, cuyas funciones abarcan una diversidad de operaciones pasivas y activas. Así por ejemplo, la luz puede ser guiada, modulada, derivada, filtrada, concentrada, e incluso se puede generar radiación láser [1,4,5].

ÓPTICA INTEGRADA

Las ventajas intrínsecas de un sistema de comunicación óptico comparado con los sistemas electrónicos son muchas, primero porque se puede manejar una mayor cantidad de información debido a que la modulación óptica es aproximadamente 6 órdenes de magnitud mayor que la electrónica, en los sistemas electrónicos las frecuencias de conmutación son del orden de 10^9 Hz, mientras que en uno óptico son del orden de 10^{15} Hz.

A continuación se enumeran algunas ventajas de los circuitos ópticos integrados al compararlos con los circuitos eléctricos:

- Mayor ancho de banda
- Acoplamiento de un gran número de señales ópticas a una sola guía
- Los acopladores son de bajas pérdidas
- Conmutación de señales de una guía de onda a otra (“*multipole switching*”)
- Menor tamaño, peso y consumo de potencia
- Mayor control para alineación óptica, inmunidad a la vibración

Guías de onda

Una guía de onda consiste en una capa cuyo índice de refracción es mayor que aquél que la rodea [6]. Existen varias técnicas convencionales para fabricar guías de onda, entre ellas se encuentran crecimiento epitaxial, difusión e intercambio iónico. Sin embargo, estas técnicas tienen la desventaja de que necesitan un proceso de alta temperatura, capacidad limitada para ajustar el perfil de índice de refracción y que no pueden aplicarse a la mayoría de los materiales. En contraste, la técnica de implantación iónica tiene la ventaja de que puede realizarse a temperatura ambiente e inclusive a bajas temperaturas, no presenta problemas secundarios de difusión y hasta cierto punto provee un buen grado de ajuste del perfil de índice para varias aplicaciones. La figura 1 muestra perfiles obtenidos por métodos convencionales y por implantación de iones.

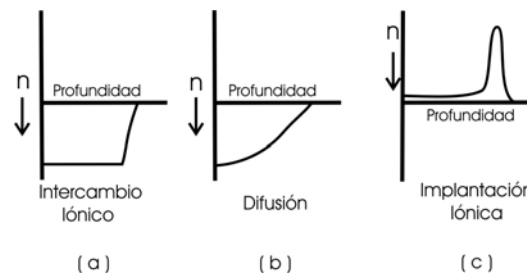


Fig. 1. Perfiles de índice de guías fabricadas mediante distintas técnicas

Las guías planas son atractivas como dispositivos de alta potencia por varias razones. Su geometría es compatible con la asimetría del haz de salida del diodo de manera que la óptica de acoplamiento que se requiere es simple y compacta; y más aún, es posible diseñar una guía con la apertura numérica suficiente para confinar eficientemente el haz divergente, permitiendo así el acoplamiento diodo-guía sin utilizar ningún elemento óptico intermedio [7].

El uso de la geometría de una guía de onda permite productos mayores de intensidad de bombeo-longitud que en un cristal similar en volumen, de tal manera que se pueden obtener altas ganancias ópticas por unidad de bombeo. Si adicionalmente las pérdidas de propagación debido al método de fabricación de la guía son pequeñas, se pueden lograr umbrales de oscilación láser muy bajos. Otras características importantes de las guías de onda son la posibilidad de integración con elementos pasivos, componentes de selección de frecuencia, conmutación, etc. [8,9].

Aplicaciones

Láser de Guía

Un láser de guía de onda plana consta de una fuente de bombeo constituida por un láser que excite el cristal, la señal puede ser acoplada a la guía de onda usando un objetivo de microscopio (por ejemplo 10x), la salida de la guía es recuperada por otro objetivo de microscopio similar (ambos objetivos de microscopio varían según las características de la guía). La luz láser es generada en el cristal al amplificarse ésta entre dos espejos que se encuentran sobre los extremos del cristal. Para efectos de análisis, la emisión láser puede ser recolectada por un analizador de espectros. Es necesario notar que la caracterización espectroscópica es un paso importante en la evaluación de la calidad de la guía al ser comparada con el material en volumen (figura 2).

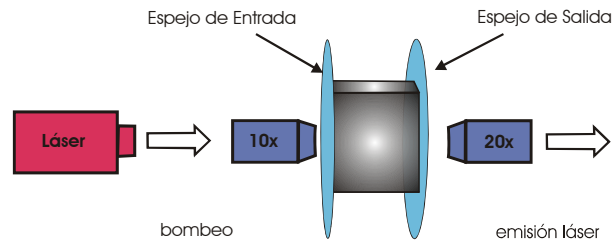


Fig. 2. Diagrama esquemático de un sistema de láser de guía de onda plana.

Comunicación por fibras ópticas

Un diagrama esquemático de un sistema de comunicación por fibras ópticas es mostrado en la figura 3. Dada la longitud finita de una fibra óptica, llega un momento en que se tienen que unir dos fibras por medio de un *empalme*. Nótese que en ninguna de las figuras se ha colocado explícitamente un demodulador, el cual es necesario para que el detector lea la información, sin embargo se ha supuesto que este demodulador está incluido en el detector.



Fig.3: Diagrama esquemático de un sistema de comunicación por fibras ópticas

La luz transmitida por fibras ópticas se atenúa debido a factores extrínsecos e intrínsecos a la fibra. Los factores extrínsecos incluyen esfuerzos inducidos y dobleces en la fibra. Los factores intrínsecos se deben a tres causas principalmente: absorción del material, absorción de impurezas, y dispersión de Rayleigh (es el estudio de la interacción entre las partículas pequeñas y la luz). Otro factor de atenuación de la señal son los efectos no lineales que pueden presentarse en las fibras ópticas para altas potencias de entrada, los cuales pueden producir la cancelación total de la señal o la producción de otras señales a diferentes longitudes de onda, las cuales no podrán ser interpretadas por el detector.

Existen más aplicaciones de óptica integrada tal es el caso de: sensores, detectores, moduladores y lectores de discos compactos entre otros.

CONCLUSIONES

La óptica integrada ha encontrado una variedad de aplicaciones en las últimas décadas. Las tecnologías basadas en dicha área continuarán desarrollándose a medida que se requieran dispositivos cada vez más pequeños y velocidades de respuesta mayores.

REFERENCIAS

- [1] <http://www.unizar.es/acz/AcademicosNumerarios/Discursos/Rebollado.pdf>
- [2] <http://quipu.uni.edu.pe/OtrosWWW/webproof/public/revistas/tecnia/vol9n1/04art/>
- [3] <http://people.ac.upc.es/asalaver/mems1esp.pdf>
- [4] G. V. Vázquez, et al. Optics Communications; 218, 141-146, (2003)
- [5] G. V. Vázquez, et al., Opt. Express; 11 (2003) 1291
- [6] P. D. Townsend, P. J. Chandler y L. Zhang; "Optical Effects of Ion Implantation"; Cambridge University Press (1994)
- [7] C. L. Bonner, et al., IEEE J. Quantum Electron. 36 (2000) 236
- [8] C. Becker, IEEE J. Selected Topics Quantum Electron. 6 (2000) 101
- [9] D. L. Veasy, et al., Appl. Phys. Lett. 74 (1999) 789