

MEDIDA DE CONCENTRACION DE ACIDOS UTILIZANDO FIBRAS OPTICAS PLASTICAS

M. Lomer, J. Echevarría, J.M. López-Higuera

GRUPO DE INGENIERÍA FOTÓNICA.
E.T.S.I.I. TELECOMUNICACIONES, UNIVERSIDAD DE CANTABRIA
Avda. LOS CASTROS S/N, 39005 SANTANDER - SPAIN
Tel. +34 (9)42-201495, FAX. +34 (9)42-201873
E-mail : lomer@teisa.unican.es

Abstract. Plastic optical fibers (POFs) are particularly resistant to certain mineral and organic acids, having several advantages over silica fibers in some chemical applications. This communication consists of a practical optical mounting designed in our laboratory for the in situ measurement of hydrofluoric acid (HF) and Hydrochloric acid (HCl) concentrations in water.

1. Introducción

El conocimiento exacto de las concentraciones de algunos ácidos fuertes con el agua son necesarios en diferentes centros de trabajo, sean estos laboratorios de investigación o la industria. Un dominio de interesante es la medida de concentración de ácidos fluorhídrico (HF) y del ácido clorhídrico (HCl) con el agua (H₂O). En efecto, el ácido HF es un elemento muy utilizado en el trabajo de vidrios y en la fibra óptica a base de vidrio. El HF ataca la sílice, que es el componente principal de la fibra; puede desgastar el diámetro de la fibra de manera controlada, para esto es necesario conocer la concentración del HF con el agua y el tiempo de ataque. El ácido HCl es muy utilizado en la industria electrónica en la elaboración de placas de circuitos impresos, en función de la concentración de HCl con el agua se puede obtener un ataque lento o rápido del cobre.

Las fibras ópticas plásticas (FOP) pueden ser adaptados para medir parámetros físicos o químicos en forma de sensores ópticos, donde los circuitos optoelectrónicos asociados al sensor son relativamente económicos.

En el presente trabajo se propone un sistema óptico simple de medida de la concentración de algunos ácidos utilizando fibras FOP. En particular se ha estudiado la concentración en los ácidos HF y HCl.

2. Teoría

Existen diferentes métodos de sensado óptico en la medidas de parámetros de los líquidos^[1]. Un método simple de sensado es el basado en la modulación de intensidad luminosa propagada en una fibra óptica. En efecto, una técnica de medida con fibras ópticas puede consistir en medir la intensidad luminosa recibida bajo la influencia del medio intermedio, ya sea un líquido, sólido, transparente o absorbente.

El índice de refracción es un parámetro importante de los materiales para la tecnología óptica. En efecto, el índice de refracción depende de la composición del cuerpo o sustancia, la temperatura y de la frecuencia óptica. Algunos cuerpos simples pueden ser determinados con una buena aproximación, existiendo varios modelos que han sido desarrollados por varios autores^{[2][3]}. Por el contrario, para los cuerpos sólidos y

líquidos compuestos, la determinación del índice de refracción es más compleja debido a la influencia de los elementos que la componen, interacción luz-materia e interacción entre los constituyentes.

Un sistema de medidas de índices de refracción de líquidos, basado en fibras ópticas, puede ser realizado utilizando el acoplamiento entre dos porciones de fibras ópticas multimodo (figura 1), una es emisora de luz y la otra receptora. Con respecto a la fibra receptora, la luz reflejada o transmitida proveniente de la fibra emisora es una función del índice de refracción del medio que atraviesa, de la geometría del sistema y de la apertura numérica de la fibra (A.N.). Si consideramos el esquema de la figura 1, la intensidad luminosa recibida por la fibra receptora puede escribirse como una función $f(n, n_1 \text{ y } n_2)$, donde n es el índice del cuerpo a medir y n_1, n_2 son los índices del núcleo y la cubierta de la fibra óptica respectivamente.

La intensidad, $I(n)$, en la fibra receptora puede ser calculada a partir de la relación entre la energía óptica total disponible en la salida de la fibra emisora y la energía que penetra en la fibra de recepción. Esto es, la relación entre la superficie de la sección de la fibra receptora (s) y la superficie de densidad de energía constante proveniente de la fibra emisora y calculada en el nivel de la fibra receptora (S): $I(n)=s/S$.

Considerando que la fibra de emisión tiene una sección finita, y que la base del cono, en la fibra receptora, es esférica, se puede escribir, $I(n)$ como:

$$I(n) = \frac{a^2}{\frac{2d}{n}(1 - \cos \theta)} \quad (1)$$

con:

$$\cos \theta = \sqrt{\left(\frac{d}{n}\right)^2 + \left(a + \frac{d}{\sqrt{\left(\frac{n}{A.N.}\right)^2 - 1}}\right)^2}$$

donde a es el radio de la fibra, d la distancia de separación y $A.N. = \sqrt{n_1^2 - n_2^2}$. En la expresión (1), intervienen los parámetros geométricos y el índice del medio a medir. Si este depende de la concentración, su variación puede ser detectada por un fotodiodo.

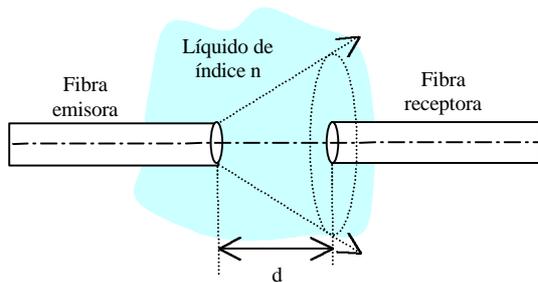


Figura 1. Acoplamiento fibra-fibra a través de un medio de índice n .

3. Medida *in situ* y resultados experimentales.

El esquema de la figura 2 muestra el montaje realizado para las medidas de concentración de líquidos. Se comporta de dos fibras FOP montadas en un soporte de metacrilato, enfrentados sus dos extremidades y separada de 1 cm. El soporte de medida es sumergido en el líquido y se registran las intensidades acopladas en la fibra receptora. Si existe una variación de la concentración, éste será detectada, es decir una medida *in situ* de la concentración de la sustancia. Las características de la fibra óptica de plástico empleada son: $n_1=1.492$ y $n_2=1.402$, de 1 mm de diámetro (diámetro del núcleo es 980 μm). La fuente de luz es un diodo LED ($\lambda=0.7 \mu\text{m}$)

Con esta técnica, se han realizado la medidas de concentración con dos ácidos, HF y HCl con agua destilada. En cada una de las experiencias, se han medido primero el ácido de base y luego se han ido agregando porcentajes controlados de H_2O . En las figuras 3 y 4 se muestran las medidas realizadas con estos dos ácidos, es la variación de la intensidad relativa con respecto a los porcentajes de H_2O en la composición. En ambos casos existe incremento de la intensidad luminosa acoplada en la fibra, o que es lo mismo aumento del índice de refracción.

4. Conclusión

Se ha realizado la medida *in situ* de las concentraciones de los ácidos HCl y HF con H_2O . Los resultados obtenidos muestran que es posible relacionar la concentración de los compuestos al índice de refracción. La ventaja ofrecida por la fibra FOP hacen que sea un elemento importante en los sensores ópticos para aplicaciones en química. Estas medidas, pueden permitir también conocer el índice de refracción de la solución en función a sus constituyentes. Esta técnica de medida puede extenderse a otros líquidos, como por ejemplo aceites, bebidas gaseosas, etc.

Agradecimientos: Se hace constar que este trabajo es soportado por la CICYT, a través del proyecto: CICYT.TIC98-0387-CO3-02, razón por la que los autores muestran su agradecimiento.

Referencias

- [1]. H.M. Dobbins and E.R. Peck, "Change of refractive index of water as a function of temperature", JOSA, (63), nº63, p.318, 1973.
- [2]. S. Tomita, et al., "Water Sensor with Optical Fiber", JLT (8), nº 12, p.1829, 1990.
- [3]. M. Born and E. Wolf, "Principles of Optics", Pergamon Press, Oxford 1970.

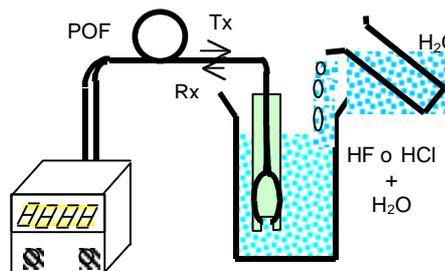
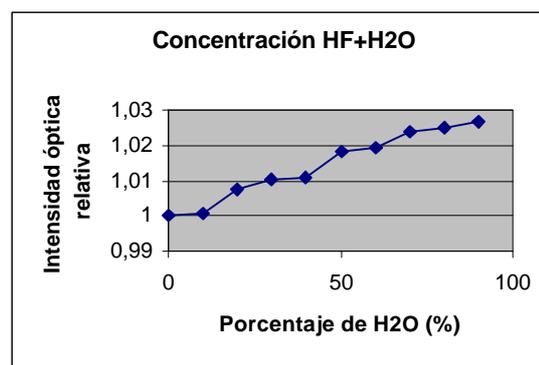
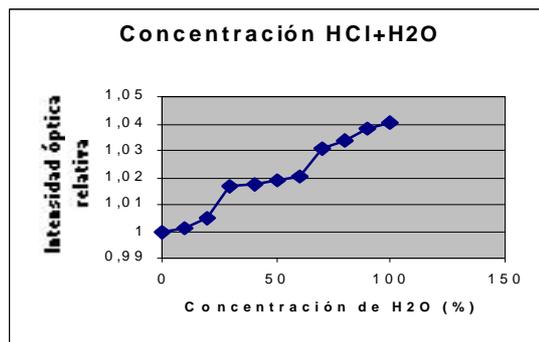


Figura 2. Sistema de medida de concentración de ácidos con el



Figuras 3 y 4. Variación de las intensidades relativas detectadas en función de las concentración de agua en los ácidos HCl y HF