

CONCLUSIONES GENERALES

El presente proyecto de tesis concluye con el diseño de un sensor de flujo de calor que presenta la configuración de múltiples reflexiones, con características de detección similares a los dispositivos que se encuentran actualmente en el mercado (apéndice C), sin embargo, posee cualidades propias de los sensores ópticos que se pueden considerar como ventajas frente a ellos, tales como inmunidad a la interferencia electromagnética, facilidad de sensado remoto, viabilidad de sensado en ambientes húmedos o corrosivos. Sus parámetros de operación son:

- Sensibilidad = $4.665E-8$ [W/(mW/cm²)]
- Rango dinámico = 3.0 – 9.0 [mW/cm²]
- Resolución = 0.4 [mW/cm²]

Es de gran importancia destacar que el tiempo de detección ha sido reducido de 145[s] a 50[s], lo que representa una reducción de aproximadamente 65% respecto del prototipo inicial [5], obteniendo de esta manera un sensor de respuesta más veloz. Cabe señalar que la configuración de múltiples reflexiones conserva la distancia inicial entre el haz incidente y la fuente de calor (45[mm]). También en el diseño actual se ha aumentado 1500% el valor de la relación Señal/Ruido, es decir, la configuración del sensor de flujo de calor en múltiples reflexiones presenta una mayor estabilidad al ruido mecánico, obteniendo un valor de factor señal a ruido FSR=3730, mientras que el prototipo de trayectoria lineal presentaba un FSR=250.

El diseño actual presenta un aumento en el valor de la resolución respecto del prototipo inicial. En esta configuración se obtuvo un valor de resolución de 0.4[mW/cm²] por 0.3[mW/cm²] obtenido en el sensor de trayectoria lineal. Este aumento en el valor de la resolución se atribuye principalmente al incremento de sensibilidad del dispositivo, que físicamente corresponde a la desviación en el camino óptico del haz y que se suscita en cada reflexión (3 iteraciones), lo que ocasiona que el mínimo incremento cuantificable sea notablemente mayor que en la configuración del sensor con trayectoria lineal.

Por otra parte, el objetivo fundamental de este trabajo de tesis fue alcanzado dado que la sensibilidad obtenida con el sensor configuración de reflexiones múltiples, ocasiona una variación de potencia en la pendiente crítica de la curva de respuesta del 35% mientras que la configuración del haz lineal presentaba una variación de potencia de 11% en un intervalo de tiempo igual y aplicando el mismo valor de flujo de calor. Esta optimización representa el aumento del 300% de la sensibilidad del nuevo diseño, aunado a la disminución considerable en las dimensiones del sistema de sensado (de 6000[mm³] a 2500[mm³]). En cuanto a la trayectoria óptica dentro del bloque se obtuvo un recorrido total de 75.5[mm] cuando el haz presentaba un ángulo de entrada de 7°, mientras que la configuración lineal presentaba

4. CONCLUSIONES GENERALES

únicamente un recorrido de 24.5[mm], por lo se puede concluir que la proporción que existe entre las longitudes del camino óptico, se conserva en cuestiones de sensibilidad de detección.

Los parámetros de funcionamiento del sensor en configuración de múltiples reflexiones fueron capaces de detectar el flujo de calor proporcionado por una muestra hepática aviar. Del experimento en que se somete al tejido a temperatura constante, concluyo que el dispositivo posee la suficiente sensibilidad para detectar variaciones de flujo de calor, lo que indica que aplicando este procedimiento en distintas muestras hepáticas con condiciones iniciales variadas se podría llegar a caracterizar patologías asociadas a este órgano. Por otro lado, también se realizó exitosamente la prueba dinámica de temperatura en el tejido, de la que se obtuvieron resultados que avalan que el sensor diseñado detectó los cambios estructurales y de composición de la muestra orgánica como respuesta al cambio en sus propiedades térmicas. Actualmente sabemos que la curva de respuesta registra variaciones de flujo de calor que corresponden a la desnaturalización de proteínas, además de la deshidratación del tejido, sin embargo, será necesario continuar con la investigación para identificar propiamente qué biomoléculas están presentes en este experimento, y en qué momento es que éstas responden térmicamente.

Finalmente, planteo que sería viable optimizar este dispositivo de sensado de flujo de calor si se realiza un depósito metálico directamente en las caras del bloque en sustitución de los espejos utilizados, buscando de esta manera obtener menores pérdidas de potencia causadas por cada reflexión que realiza el haz. Otra propuesta para reducir las pérdidas en la potencia de salida es adherir los colimadores de entrada y salida al bloque de acrílico en lugar de colocarlos en las platinas (lineales y angulares) utilizadas en el montaje experimental. Simultáneamente propongo utilizar un colimador de entrada con menor ángulo de divergencia (0.25°), lo que ayudaría a obtener un menor diámetro en el spot del haz transmitido, que culmine en una mayor recuperación de potencia de salida.

Este trabajo concluye con la caracterización de una nueva configuración del sensor de flujo de calor llamada múltiples reflexiones, continuando así el trabajo iniciado por el equipo de la Dra. Celia Sánchez [4,5] hace algunos años. De esta manera se comprueba experimentalmente la hipótesis inicial donde se planteaba que, prolongando la trayectoria del haz incidente dentro del bloque de acrílico, se incrementaría como consecuencia la sensibilidad del dispositivo. Pese a que el diseño del sensor de flujo presentado a lo largo de este manuscrito significa un gran avance en el campo de los sensores basados en fibra óptica, su trascendental importancia radica en cimentar las bases para diseñar un dispositivo aún más compacto, quizá micrométrico, que utilice esta configuración, además que sea capaz de medir flujo de calor de tejido orgánico (hígado humano) y que se encuentre montado en una sonda invasiva, valiéndose de tecnología laparoscópica y representando así, una herramienta para la detección oportuna de cirrosis, puesto que identificaría la etapa en la que se encuentra la enfermedad llamada fibrosis. Este proyecto de aplicación biomédica tendría constitución multi-institucional, respaldado por la unidad de investigación del Hospital General de la ciudad de México en conjunto con el Centro de Ciencias Aplicadas y Desarrollo Tecnológico de la UNAM.

Ciudad Universitaria, 2011.