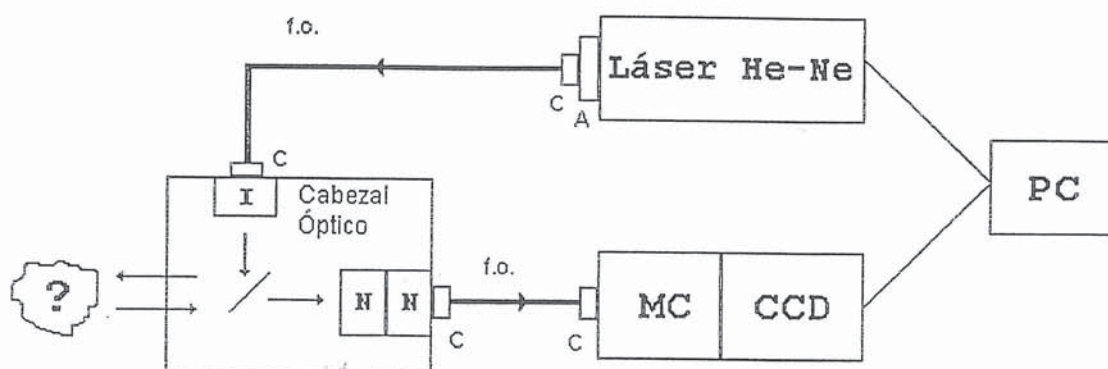


INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO DE LA ESPECTROSCOPIA RAMAN CON TECNOLOGÍA DE FIBRA ÓPTICA. APLICACIÓN A LA IDENTIFICACIÓN DE PIGMENTOS.

Fco. Javier Sierra Galiano, Sergio Ruiz Moreno, José Yúfera Gómez, M^a José Soneira Ferrando
Dpto. teoría de la Señal y Comunicaciones
E.T.S.E. Telecomunicación de Barcelona
Universitat Politècnica de Catalunya
Sor Eulalia de Anzizu, s/n. Campus Nord. Edificio D5
08034 Barcelona. Tlf.:(93)401.64.43.Fax:(93)401.64.47



f.o.:fibra óptica MC:monocromador I:Filtro interferencial N:Filtro notch A:Acoplador C:Conector

Figura 1. Diagrama de bloques del sistema de espectroscopía Raman

1. Introducción

Por su carácter no destructivo y alta especificidad, la identificación de materiales mediante espectroscopía Raman encuentra inmediata aplicación en tareas de conservación, restauración, datación y catalogación de obras de arte. [1]

Esta comunicación tiene como objetivos generales describir la investigación, implementación y aplicación de un sistema de espectroscopía Raman que ofrezca las mejores prestaciones y la mejor relación calidad/precio conseguibles con la tecnología actual. Para tal fin, proponemos como estrategia de diseño incorporar la tecnología de fibra óptica. [2] Con ello se puede conseguir un triple objetivo: máxima calidad espectral, abaratamiento de costes y máxima distancia entre la obra bajo análisis y el entorno de laboratorio. La aplicación específica, aunque no excluyente, es la identificación de materiales

pictóricos (pigmentos, barnices, aglutinantes, soportes, etc.) mediante la comparación de los espectros obtenidos con los disponibles en una amplia base de datos que hemos desarrollado a partir de estándares suministrados por museos, facultades de arte y empresas del sector.

2. Descripción del sistema de espectroscopía Raman

En la figura 1 se muestra el diagrama de bloques del sistema utilizado. A grandes rasgos, su funcionamiento es como sigue. Consta de una fuente de luz monocromática (láser de He-Ne, 17 mw a 632,8 nm) cuya salida es guiada a través de la fibra óptica de excitación. Esta luz llega al material a analizar donde es dispersada y se recoge para ser guiada, mediante la fibra colectora, hasta llegar al monocromador. Aquí es separada espectralmente para que el CCD recoja el espectro y remita la información al ordenador, el cual se

encarga, además, de controlar el resto del equipo.

Las fibras escogidas para el sistema son multimodo. Estas fibras son más adecuadas que las monomodo al poseer un núcleo de dimensión mayor que permite acoplar mayor potencia con menor densidad por unidad de superficie. Esto es ventajoso tanto para la fibra como para la muestra.

El objetivo del cabezal óptico es focalizar la luz de excitación a la muestra y recoger la señal Raman por la fibra colectora. Consta de varios componentes: un *filtro interferencial* paso banda estrecho centrado a la longitud de onda del láser para eliminar el propio espectro Raman de la fibra, los *filtros notch* para eliminar la radiación Rayleigh que hay a la frecuencia de excitación del láser, permitiendo el paso sólo de la señal Raman (la frecuencia de corte se consigue reducir a 70 cm⁻¹ colocando dos filtros notch en serie) y un *espejo dicróico* que permite el camino bidireccional excitación/colección optimizando así la eficiencia del sistema.

El funcionamiento del monocromador es el siguiente: la luz entra en el dispositivo a través de una ranura, es colimada y se dispersa espectralmente (mediante un grating) de forma que la banda del espectro deseada se focalice hacia la ranura de salida. Gracias a los filtros notch situados en el cabezal sólo es necesario un monocromador simple, ya que sin ellos sería necesario utilizar un monocromador triple para poder eliminar la radiación Rayleigh y, además de encarecerlo, se aumentaría enormemente el tamaño del sistema global. Se dispone de dos gratings: uno de 1800 ranuras/mm y otro de 600 ranuras/mm.

En nuestro sistema de espectroscopía, un detector CCD de alta sensibilidad mide la intensidad radiante después de que el rayo óptico se haya descompuesto espacialmente en sus componentes espectrales en el monocromador. La combinación y agrupación de pixels permiten optimizar la relación señal a ruido. Son unos dispositivos de elevada eficiencia cuántica y gran sensibilidad. El CCD utilizado está refrigerado por efecto Peltier (-65°C), haciendo despreciable la corriente de oscuridad (<0.01 e/pixel/s).

El control por ordenador es fundamental. Controla el monocromador, el detector y el láser (su fuente de alimentación). Permite seleccionar el rango de longitudes de onda de salida del monocromador, el tiempo de adquisición del CCD y se encarga de la recogida de la información final. Juega un papel importante a la hora de representar y procesar los espectros, ya que, mediante técnicas de procesamiento de señal, se optimiza la relación señal/ruido. En la CPU está almacenada la base de datos con los espectros de los pigmentos patrones.

3. Resultados previsibles y objetivos

Hasta ahora la espectroscopía convencional ha sido asociado a equipos y componentes costosos, de grandes dimensiones y pesados. El ánimo fundamental de la presente investigación es vencer las limitaciones mencionadas. La fibra óptica permite convertir la espectroscopía Raman en una técnica versátil con la que se puede llegar a cualquier zona que se desee analizar.

Los objetivos buscados y los resultados previsibles en la investigación llevada a cabo por los autores de este trabajo, se pueden concretar en:

*Afrontar el estudio de obras de gran formato gracias a conseguir un sistema Raman transportable, caso de ser necesario, cuando no lo sea la obra bajo análisis (trabajo *in situ*)

*Evidenciar el abaratamiento de costes que ofrece este sistema Raman frente a uno convencional

*Maximizar la distancia entre el entorno de laboratorio y la obra de arte analizada

*Identificar cualquier tipo de material artístico, orgánico o inorgánico

*Alcanzar una metodología interdisciplinar agrupando expertos de distintas áreas.

Destacar, finalmente, que al ser un espectro Raman característico de un material en concreto, esta técnica puede ofrecer también una aplicabilidad de relevante interés social, económico y científico en otros sectores como la geología, antropología, medio ambiente, caracterización de impurezas, gemología y en muchos otros ámbitos en los que sea trascendental la calidad del producto final.

Este artículo se enmarca dentro de las investigaciones realizadas en el proyecto de CICYT titulado "Investigación y desarrollo de la espectroscopía Raman con tecnología de fibra óptica. Aplicación a la identificación de materiales pictóricos" (ref. TIC97-0943).

Referencias

[1] S.Ruiz Moreno, J.M.Yúfera, M.J.Manzaneda, M.J.Soneira, P.Morillo y T.Jawhari: "La Ciencia al servicio del arte: La espectroscopía Raman aplicada a la identificación de pigmentos", *Mundo electrónico*, 265 (Marzo), p.32, 1996

[2] I.R.Lewis & P.R.Griffiths: "Raman spectrometry with fiber optic sampling", *Applied spectroscopy*, 50 (10), p.12 A, 1996